



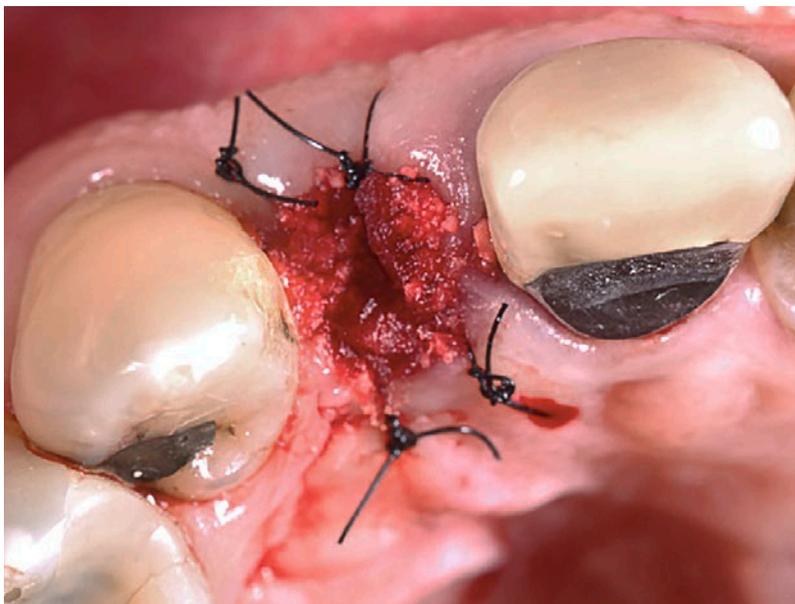
Vergleich von freien  
Gingivatransplantaten  
und einer Kollagenmatrix  
als Materialien für die  
Socket-Seal-Technik

Zusammenhang zwischen  
krestalem Knochenverlust  
und Sondierungstiefe an  
Implantaten

Materialkompass fest-  
sitzender Zahnersatz.  
Innovation vs. Evidenz.  
Ein Leitfaden für die  
Praxis

Lichthärtende  
Pulpaüberkappungs-  
materialien:  
eine Übersicht

S3-Leitlinie Komposit



# FACHWISSEN FÜR NEUE AUFGABEN!

NEU

copyright Quintessenz  
all rights reserved

Peter Eickholz · Ivana Elez · Brigitte Strauß



Peter Eickholz | Ivana Elez | Brigitte Strauß

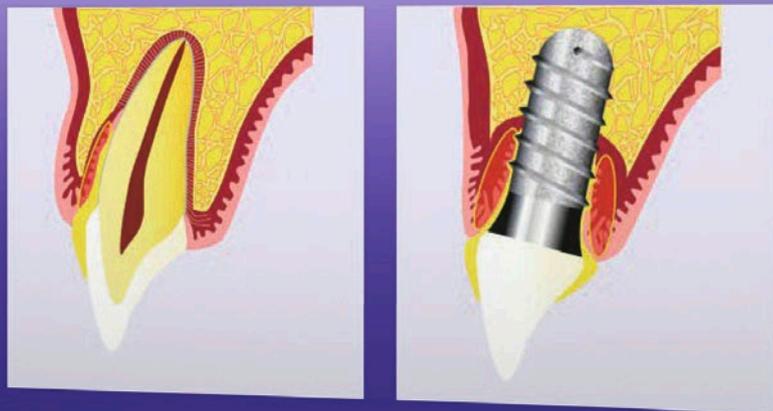
## Parodontologie für Zahnmedizinische Fachassistent\*innen

248 Seiten, 242 Abbildungen

Artikelnr. 24380, € 48,-

# Parodontologie

für Zahnmedizinische Fachassistent\*innen



 QUINTESSENCE PUBLISHING

Qualifizierte Prophylaxefachkräfte spielen eine zentrale Rolle bei der Förderung und Erhaltung der Mundgesundheit der Patient/-innen. Sowohl bei der PZR als auch bei der PAR-Behandlung sind unter Beachtung der berufsrechtlichen Bestimmungen Teile von Leistungsinhalten an dafür qualifiziertes Fachpersonal delegierbar. Dies erfordert von zahnmedizinischen Fachangestellten ein vertieftes Fachwissen über die ursächlichen Wechselbeziehungen zwischen dentalem Biofilm und den parodontalen bzw. periimplantären Geweben, die Risikofaktoren, die diese Prozesse beeinflussen können, deren Auswirkungen auf die allgemeine Gesundheit sowie eine gute Kenntnis der einzelnen Behandlungsschritte, was neben rechtlichen Grundlagen und Details zur Abrechnung mit diesem neuen Buch des renommierten Autorenteams vermittelt wird.



[www.quint.link/paro-zmf](http://www.quint.link/paro-zmf)

[buch@quintessenz.de](mailto:buch@quintessenz.de)

+49 30 76180-667

 QUINTESSENCE PUBLISHING



Bijan Vahedi

## Liebe Kolleginnen und Kollegen,

in der aktuellen Ausgabe der Deutschen Zahnärztlichen Zeitschrift möchte ich Ihnen einen Ausblick auf den Deutschen Zahnärztetag geben, der vom 12. bis 14. September 2024 in Düsseldorf stattfinden wird (Vorbericht Seite 212). Dieses Jahr markiert ein bedeutendes Jubiläum: das 50-jährige Bestehen der Akademie Praxis und Wissenschaft (APW), einer der tragenden Säulen der DGZMK. Dieses Jubiläum unterstreicht die langjährige Tradition und den bedeutenden Beitrag der APW zur Förderung der Zahnmedizin in Deutschland. Aus diesem Anlass veranstalten wir den Deutschen Zahnärztetag 2024 als APW-Jubiläumskongress.

Der Kongress bietet die Möglichkeit, sich über die neuesten Entwicklungen in der Zahnmedizin zu informieren, an hochkarätigen Vorträgen teilzunehmen und wertvolle Kontakte zu knüpfen. Die Tagung verspricht, ein inspirierendes Forum für den Austausch von Ideen und die Diskussion zukunftsweisender Themen zu sein.

Das Motto der Tagung lautet: „Zahnmedizin 2024: Welche Qualität müssen wir uns leisten?“ Diese Frage stellt eine zentrale Herausforderung dar, der sich die Zahnmedizin in Zeiten sich wandelnder Ansprüche und Rahmenbedingungen stellen muss. Die Herausforderung besteht darin, wissenschaftlich fundierte Leitlinien erfolgreich in die Versorgungsrealität umzusetzen. Die bestmögliche Behandlung unserer Patienten kann nur gewährleistet werden, wenn alle Beteiligten, sei es Forschung, Praxis oder Politik, ihre Hausaufgaben machen. Andernfalls steht die zukünftige Versorgungsqualität in den Sternen.

Ein besonderes Highlight der Tagung sind die kostenlosen Webinare im Vorfeld, zu denen ich Sie bereits jetzt einladen möchte (Programm und Anmeldung siehe Seite 213). Alle Webinare werden aufgezichnet und können auch nachträglich angesehen werden.

Ich möchte Sie herzlich einladen, an der spannenden Jubiläumsveranstaltung der APW teilzunehmen und sich aktiv an den Diskussionen zu beteiligen. Ihre Beiträge sind entscheidend für den Erfolg dieser Tagung und werden dazu beitragen, die Zukunft der Zahnmedizin zu gestalten. Der gesamte Vorstand freut sich darauf, Sie im September persönlich zu treffen und gemeinsam an der Weiterentwicklung unseres Fachgebiets zu arbeiten.

Mit herzlichsten Grüßen  
Ihr/Euer

Bijan Vahedi  
(Foto: DGET)



## GASTEDITORIAL

147 Bijan Vahedi

## PRAXIS

### BUCHBESPRECHUNGEN

Nadine Schlüter

150 **Zahnverschleiß – Diagnose, Behandlung, Nachsorge**  
Hans van Pelt, Cees Kreulen, Frank Lobbezoo, Peter Wetselaar (Hrsg.)

Jens C. Türp

152 **Die ärztliche Diagnose**  
**Erfahrung – Evidenz – Ritual**  
von Norbert Donner-Banzhoff

## WISSENSCHAFT

### INTERNATIONAL

Sílvia Helena Maffei, Gustavo Vicentis Oliveira Fernandes, Juliana Campos Hasse Fernandes, Cássio Orth, Julio Cesar Joly

156 **Klinische und histomorphometrische Weichgewebeuntersuchung zum Vergleich von freien Gingivatransplantaten und einer Kollagenmatrix als Materialien für die Socket-Seal-Technik: eine randomisierte, kontrollierte klinische Pilotstudie**

Reiner Mengel, Cora-Sophia von Rosen, Martin Mogk, Miriam Thöne-Mühling

170 **Zusammenhang zwischen krestalem Knochenverlust und Sondierungstiefe an Implantaten: eine Langzeit-Kohortenstudie an Patienten mit behandelter Parodontalerkrankung**

### REVIEWS

Uwe Diedrichs, Julia Myrau, Daniel R. Reißmann

180 **Materialkompass festsitzender Zahnersatz – Innovation vs. Evidenz. Ein Leitfaden für die Praxis**

Laurentia Schuster, Till Dammaschke

196 **Lichthärtende Pulpaüberkappungsmaterialien: eine Übersicht**

## GESELLSCHAFT

### LEITLINIE

Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung e. V.

- 208 S3-Leitlinie Komposit: Erste breite Evidenzaufbereitung für ein multifunktionales Restaurationsmaterial**

### GESELLSCHAFTSMITTEILUNGEN

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V./Akademie Praxis und Wissenschaft

- 212 Therapiekorridore für eine moderne Zahnmedizin**

DGZMK/APW-Jahreskongress 2024: Wenn wissenschaftliche Empfehlungen auf die Versorgungsrealität treffen

Arbeitskreis für Psychologie und Psychosomatik in der Zahnheilkunde

- 214 33. Jahrestagung des AKPP der DGZMK am 25. und 26. Oktober 2024**

- 214 Aufruf für Anträge an die Hauptversammlung der DGZMK**

### NACHRUFE

- 215 In memoriam Prof. Dr. Dr. Peter Tetsch**

Pionier der wissenschaftlichen Implantologie, Mentor und Freund

- 216 Professor Gernet ist verstorben**

Nachruf der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e. V. (DGPro)

### FORTBILDUNG

Akademie Praxis und Wissenschaft in der DGZMK

- 217 Fortbildungskurse der APW**

- 220 Impressum**

Nadine Schlüter

# Zahnverschleiß – Diagnose, Behandlung, Nachsorge

Hans van Pelt, Cees Kreulen, Frank Lobbezoo, Peter Wetselaar (Hrsg.)



**Abb. 1** Hans van Pelt, Cees Kreulen, Frank Lobbezoo, Peter Wetselaar (Hrsg.): Zahnverschleiß. Diagnose, Behandlung, Nachsorge. Quintessence Publishing, Berlin 2023, 336 Seiten, 963 Abbildungen, ISBN 978-3-86867-607-5, 138 €

Das Buch „Zahnverschleiß – Diagnose, Behandlung, Nachsorge“, herausgegeben von Pelt, Kreulen, Lobbezoo und Wetselaar, zeigt Konzepte zur Rehabilitation von Gebissen mit nicht kariesbedingten Zahnhartsubstanzschäden unterschiedlicher Genese und unterschiedlichen Schweregrads. Es handelt sich um eine Übersetzung aus dem Niederländischen (Erscheinungsjahr 2018). Auf etwa 25 Seiten wird in die Thematik eingeführt, auf den folgenden 300 Seiten werden Fallberichte zur restaurativen Therapie der genannten Defekte präsentiert.

In der Einleitung wird neben der Benennung der Ursachen für Verschleißformen eine neue, ursachenbasierte Terminologie für Zahnverschleiß vorgestellt, die sich jedoch nur in der Benennung der Defektformen von der herkömmlichen Terminologie unterscheidet, nicht aber in deren Klinik oder der therapeutischen Konsequenz. Es lässt sich sicher diskutieren, ob eine solche ursachenbasierte Umbenennung zu einem besseren Verständnis für die unterschiedlichen Defektformen führt. Weiterhin wird ein Klassifikationsinstrument vorgestellt, das Tooth Wear Evaluation System (TWES), das eine bessere Erfassung der Defekte und eine Ableitung von Therapiestrategien erlauben soll. Leider wird das System im Buch nicht vollständig vorgestellt, sodass es schwerfällt, die Eignung des auf den ersten Blick komplex erscheinenden Systems für die tägliche Praxis einzuschätzen. Eine Ergänzung um eine Beschreibung des anscheinend in den Niederlanden, aber nicht in Deutschland bekannten Indexes durch den Verlag wäre hilfreich. Gleiches gilt für den in den Niederlanden verwendeten Parodontalindex DPSI.

Die in den folgenden Kapiteln dargestellten Fälle werden alle sehr einheitlich entsprechend einem Schema beschrieben. Damit fällt es leicht, diese zu erfassen. Kurz werden die Hintergründe, das individuelle Behandlungsanliegen sowie die Anamnese, die intra- und extraoralen Befunde sowie die daraus abgeleiteten Diagnosen beschrieben. Es folgen die Auflistung von verschiedenen Therapieoptionen unter Einbindung funktioneller Aspekte, eine knappe Begründung für die Wahl der gezeigten Therapieform inklusive der Nennung der einzelnen Therapieschritte und der verwendeten Materialien und abschließend

eine kritische Betrachtung der Therapiewahl. Die präsentierten klinischen und technischen Fotos sind insgesamt von sehr guter Qualität und ermöglichen es, die gewählte Therapie nachzuvollziehen. Es wird ein breites Therapiespektrum dargestellt, von minimalinvasiven Ansätzen mit direkten Kompositrestaurationen und dem Dahl-Prinzip über Kombinationstherapien aus direkten und indirekten Versorgungsansätzen, aus restaurativen und kieferorthopädischen Therapieformen sowie aus festsitzenden und herausnehmbaren Versorgungen. Insgesamt liegt der Fokus der Fälle auf minimalinvasiven Konzepten, was sehr begrüßenswert ist und damit einen neuen Standard setzen

könnte. Leider fehlt die Darstellung eines strukturierten noninvasiven Konzepts. Hinweise auf kausale und symptomatische Therapiestrategien mit Mundhygieneprodukten, die Einbindung in ein gesamthafes präventives Konzept sowie Strategien zur Verhaltensänderung werden nicht genannt.

Auch wenn präventive und noninvasive Konzepte in diesem Buch fehlen, die für eine dauerhafte Stabilität von Restaurationen zwingend erforderlich sind – wer ein Buch sucht, das die Vielfalt von restaurativen Therapiestrategien darstellt, findet darin zahlreiche, sehr gut umgesetzte und nachvollziehbare Fallbeispiele.



**Prof. Dr. Nadine Schlüter** Klinikdirektorin,  
Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und  
Präventivzahnmedizin, Medizinische  
Hochschule Hannover (MHH)

**Kontakt:** Prof. Dr. Nadine Schlüter, Medizinische Hochschule Hannover, Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventivzahnmedizin, OE 7740, Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover, E-Mail: [schlueter.nadine@mh-hannover.de](mailto:schlueter.nadine@mh-hannover.de)

Porträtfoto: Nico Herzog Fotografie

Jens C. Türp

# Die ärztliche Diagnose Erfahrung – Evidenz – Ritual

von Norbert Donner-Banzhoff



**Abb. 1** Norbert Donner-Banzhoff: Die ärztliche Diagnose. Erfahrung – Evidenz – Ritual. Hogrefe, Bern 2022, ISBN 978-3-456-86194-4, 356 Seiten, 45 €

Norbert Donner-Banzhoff, von 2003 bis 2023 Professor für Allgemeinmedizin an der Marburger Philipps-Universität und einer der Pioniere der Evidenzbasierten Medizin (EbM) in Deutschland, legt mit diesem erkenntniserweiternden 350-Seiten-Buch ein Œuvre über eine der fachlich und intellektuell herausforderndsten (zahn)ärztlichen Tätigkeiten vor: die Diagnose. Es geht um ein Thema, das so alt ist wie die Menschheit, denn „diagnostische Bemühungen von Heilern gibt es seit Jahrtausenden“ (S. 91). Die letzte Monografie aus dem deutschen Sprachraum, die sich in einer vergleichbar reflektierenden Weise dieser „komplexeste[n] und aufregendste[n] Aufgabe, die Ärztinnen und Ärzte in ihrem

Alltag zu lösen haben“ (S. 13), widmete, war das im Jahr 1975 von dem Philosophen und Arzt Wolfgang Wieland (Heidelberg) herausgebrachte Buch „Diagnose – Überlegungen zur Medizintheorie“<sup>1</sup>.

Das in den 17 Kapiteln unterschiedlicher Länge verteilte inhaltliche Spektrum von Donner-Banzhoffs Werk ist breit. Es erstreckt sich von adaptiver Intelligenz über Illusionen/Trugschlüsse und klinische Kausalität bis hin zu der hochaktuellen Frage: „Übernehmen die Maschinen?“. Aber selbstverständlich werden auch „harte Fakten“ präsentiert, darunter Maßzahlen der Testgenauigkeit – Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert, Odds Ratio, Youden-Index, Likelihood Ratios, Irrtumsrate (S. 97).

Von einer spezifischen medizinischen Fachdisziplin weitestgehend losgelöste, gleichwohl durch eingestreute klinische Beispiele und kurz gehaltene Einsprengsel bereicherte Erörterungen bieten eine von Vernunft geleitete Orientierung in einer zunehmend technikdominierten (zahn)medizinischen Welt, in der die diagnostischen Anforderungen und Unsicherheiten paradoxerweise nicht ab-, sondern zunehmen. Daher ist es sehr zu begrüßen, dass der Autor eindeutige Aussagen trifft, denn damit gibt er den Lesern Hilfestellungen für ihr tägliches Handeln. Einfach Gold wert sind Empfehlungen wie „Wenn im Titel der Ausdruck ‚real world data‘ oder ‚unter Alltagsbedingungen‘ vorkommt, ignorieren Sie den Artikel und verbringen Sie Ihre Zeit mit sinnvollen Dingen“ (S. 124).

Im streng fächerorientierten, kleinteilig organisierten Studium (nicht nur) der Zahnmedizin bekommt man eine kritische, aber zugleich praxisnahe „Gesamtschau der Diagnostik“ in der Regel nicht geboten. Mit seiner Monografie füllt der Autor daher eine Lücke, deren Existenz einem erst jetzt so richtig auffällt.

Dabei kommt dem in flüssigem Stil geschriebenen Buch zugleich die Funktion eines Nachschlagewerks über eine Vielzahl von Aspekten zu, mit denen auch Zahnmediziner während ihrer praktischen Tätigkeit

<sup>1</sup> Wieland W: Diagnose: Überlegungen zur Medizintheorie. De Gruyter, New York, Berlin 1975; 2. Auflage 2004

konfrontiert werden. Andererseits kann es als exzellente Argumentationshilfe (gegenüber Patienten, Angehörigen, Gutachtern, Juristen, ...) verwendet werden – zugleich aber auch als Stimulation zum Innehalten und Nachdenken über die eigene Tätigkeit. Denn Donner-Banzhoffs Ausführungen und Erklärungen stülpen sich wie Kommentare (entfernt vergleichbar mit den Gesetzeskommentaren der Juristen) über unsere tradierten und erworbenen klinischen Erfahrungen, indem er sie – häufig gewürzt mit medizinsoziologischen und medizinhistorischen Anleihen – strukturiert, einordnet und bewertet. Damit schafft er Grundlagen, die auch in den nächsten Jahrzehnten aktuell bleiben und unzähligen Leserinnen und Lesern Orientierung geben werden.

Einzelne Unterabschnitte der Kapitel lassen sich wie selbstständige, kurze Essays lesen. Überall stößt man auf interessante, wichtige, erhellende, überraschende, pointierte, humorvolle Passagen. So beginnt, um ein konkretes Beispiel zu nennen, Abschnitt 11.4 („Klassifikationen“) mit einem herrlichen englischen Zitat des britischen Psychiaters Robert Even Kendell, das er am 24. Oktober 1974 in seiner Antrittsvorlesung an der Medizinischen Fakultät der Universität von Edinburgh zum Besten gab<sup>2</sup>. Es ist zu schön, um in der vorliegenden Rezension ignoriert zu werden.

*„Nun ist es ja so, dass die Krankheiten, die wir heute kennen, eher den Möbeln in einem alten Haus ähneln, in dem jede Generation ein paar neue eigene Stücke erworben, aber die von den Vorgängern geerbten nie entsorgt hat, so dass zwischen den aufblasbaren Plastiksesseln und gläsernen Couchtischen immer noch ein paar alte Hocker aus der Tudorzeit, jakobinische und Regency-Kommoden sowie eine Menge viktorianisches Mobiliar verstreut sind.“<sup>3</sup>*

Robert Even Kendell beschreibt in diesem Gleichnis die Entstehung und Evolution krankheitsbezogener Klassifikationssysteme: Mit jedem neuen Fortschritt des Wissens werden zum etablierten Kanon neue Definitionen von Krankheit, zum Teil aus unterschiedlicher Betrachtungsweise, hinzugefügt, ohne dass sämtliche veralteten Ansichten vollständig aus der Klassifikation entfernt werden – möglicherweise aus einem Gefühl einer weiterhin bestehenden Unsicherheit hinsichtlich bestimmter Krankheitsformen und -definitionen heraus.

Auch manche einflussreiche Gruppe innerhalb der medizinischen Welt bekommt ihr Fett weg, darunter „die seit Hunderten Jahren voneinander abschreibenden Lehrbuchautorinnen“ (S. 105), „der nach langen

Beschwörungen schwitzende Schamane, der erschöpfte Chirurg mit Haube und Kasack an der Tür zum OP“ (S. 220) und der „Medizinprofessor des 19. Jahrhunderts (männliche Form meist zutreffend!), der – selbst wenn er ein klinisches Fach lehrte – hinter seinem Pult bitte nicht gestört werden wollte“ (S. 284). Allein diese Zitate lassen erahnen, dass sich der Leser auf eine Lektüre freuen kann, die gleichermaßen lehrreich, anregend und unterhaltsam ist.

Apropos „Leser“: In seinem Vorwort weist der Autor darauf hin, dass er sich dazu entschieden hat, in seinem Buch in der Regel die weiblichen Formen zu verwenden, wobei beide Geschlechter eingeschlossen sein sollen. Diese Abweichung von der Norm ist gewöhnungsbedürftig und kann, vor allem wenn man das Vorwort (S. 13–15) überspringt und stattdessen mit der Lektüre gleich auf Seite 17 (dem Kapitel eins) einsteigt, möglicherweise zu Missverständnissen führen. Denn wenn eine männliche Person beispielsweise liest, „dass die meisten Kolleginnen durchaus im Sinne ihrer Patientinnen und wissenschaftlich begründet ihre diagnostischen und therapeutischen Entscheidungen treffen“ (S. 220–221), ist es zumindest denkbar, dass er sich nicht angesprochen fühlt und eher an eine behandelnde Frauenärztin denkt. Und wenn man mit „Sie als individuelle Leserin“ (S. 227) adressiert wird, dann mag sich mancher (männliche) Leser reflexartig umdrehen, um zu schauen, ob die angesprochene Frau vielleicht hinter ihm steht und mitliest. So hinterlassen auch Lehrbücher linguistische Spuren aus der Zeit, in der sie verfasst wurden.

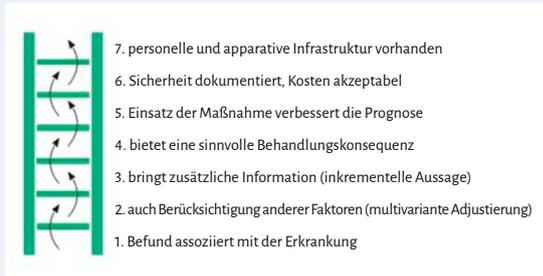
Donner-Banzhoff spricht unzählige Facetten rund um die Diagnose und ihre benachbarten Bereiche an – ein Beispiel: das deduktiv-nomologische Modell (Hempel-Oppenheim-Schema, HO-Schema) zur Erklärung eines angenommenen Kausalzusammenhangs. Seine Kritik („nur von begrenztem Wert“, S. 259) an diesem empirischen Pendant der formallogischen Schlussfigur des Modus ponendo ponens ist berechtigt; gleichwohl hat das HO-Schema zumindest für einige klinische Konstellationen (z. B. zur Frage des Zusammenhangs zwischen einer in der Panoramaschichtaufnahme beobachteten Knochenapposition an den Kieferwinkeln und langjährigem Kieferpressen<sup>4,5</sup>) seine Berechtigung und erlaubt in diesen Fällen einen gewinnbringenden wissenschaftstheoretischen Blick „hinter den Vorhang“, der besonders in der Lehre mit Vorteil eingesetzt werden kann (auf Seite 266 führt der Autor selbst ein Beispiel an). Ein zweites Beispiel: Aussagen über Risiken. Als Hilfe zur Überprüfung eines möglichen allgemeinen Kausalzusammenhangs zwischen einer Exposition und einer Erkrankung haben sich die von Donner-Banzhoff vorgestellten neun Bradford-Hill-Kriterien bewährt.

2 Kendell RE: The concept of disease and its implications for psychiatry. Br J Psychiatry 1975, 127: 305–315, S. 307

3 Übersetzung: J. C. Türp, im Original: „In fact the diseases we currently recognize are rather like the furniture in an old house, in which each generation has acquired a few new pieces of its own but has never disposed of those it inherited from its predecessors, so that amongst the inflatable plastic settees and glass coffee tables are still scattered a few old Tudor stools, Jacobean dressers and Regency commodes, and a great deal of Victoriana.“

4 Türp JC, Simonek M, Dagassan D: Bone apposition at the mandibular angles as a radiological sign of bruxism: a retrospective study. BMC Oral Health 2021; 21: 537

5 Simonek M, Türp JC, Bornstein MM, Dagassan-Berndt D: Prevalence and correlation with sex, age, and dental status of bone apposition at the mandibular angle and radiographic alterations of the temporomandibular joints: a retrospective observational study in an adult Swiss population. BMC Oral Health 2024; 24: 193



**Abb. 2** „Leiter der Evidenz“ für Untersuchungen zur Früherkennung von Krankheiten: „Generell empfehlen sollten wir eine Methode nur dann, wenn wir an der Spitze der Leiter angekommen sind, d. h. alle erwähnten Kriterien nachweisbar erfüllt sind.“ (Abb. 7-4, S. 169)

Sie sind auch für zahnmedizinische Fragestellungen gut geeignet, z. B. zum Zusammenhang der Okklusion der Zähne mit kranio-mandibulären Dysfunktionen<sup>6</sup> oder zwischen parodontalen und kardiovaskulären Erkrankungen<sup>7</sup>.

Apropos CMD: Zwei Aussagen Donner-Banzhoffs sollten sich all diejenigen merken (und darüber reflektieren), die CMD-Patienten behandeln:

- „Praktisch jedes von uns als krankhaft empfundene oder gemessene Phänomen kann auch bei Gesunden bzw. nur leicht und flüchtig Erkrankten vorkommen.“ (S. 180)
- „Technische Untersuchungen sind eine typische Reaktion, wenn sich Ärztinnen in den Grauzonen der Unsicherheit sehen.“ (S. 207)

Man erkennt: Die Inhalte des Buchs sind keineswegs *for physicians only*. Vielmehr tragen sie dazu bei, dass Zahnärztinnen und Zahnärzte ihr berufliches Selbstverständnis nach der Lektüre anders – ärztlicher – sehen werden.

6 Türp JC, Schindler H: The dental occlusion as a suspected cause for TMDs: epidemiological and etiological considerations. J Oral Rehabil 2012; 39: 502–512  
 7 Lavigne SE, Forrest JL: An umbrella review of systematic reviews of the evidence of a causal relationship between periodontal disease and cardiovascular diseases: Position paper from the Canadian Dental Hygienists Association. Can J Dent Hyg 2020; 54: 32–41

Fazit: Studierende, Niedergelassene, an Universitäten tätige Kollegen und alle, die mit dem Thema „Diagnose“ zu tun haben, werden von diesem „Jetzt-schon-Klassiker“ in hohem Maße profitieren – auch von dem Zusatzmaterial, das man nach Erwerb des Buchs online von einer Webseite des Hogrefe-Verlags kostenfrei herunterladen kann:

- 66 PowerPoint-Folien mit allen Abbildungen aus dem Werk (z. B. Abbildung 2), sowie
- 163 Seiten Hintergrundwissen zu den einzelnen Kapiteln, einschließlich des kompletten 65-seitigen Literaturverzeichnisses (im Buch selbst sind im Anschluss an die Kapitel immer nur einige ausgewählte Referenzen angegeben).

Und dies alles bekommt man für einen Preis, bei dem man sich fragt, ob es sich um einen Druckfehler handelt. Die Ärzte- und Zahnärzteschaft sollte sich bei Norbert Donner-Banzhoff bedanken für diese einmalige Hinterlassenschaft seiner universitären und patientenbezogenen Tätigkeit.



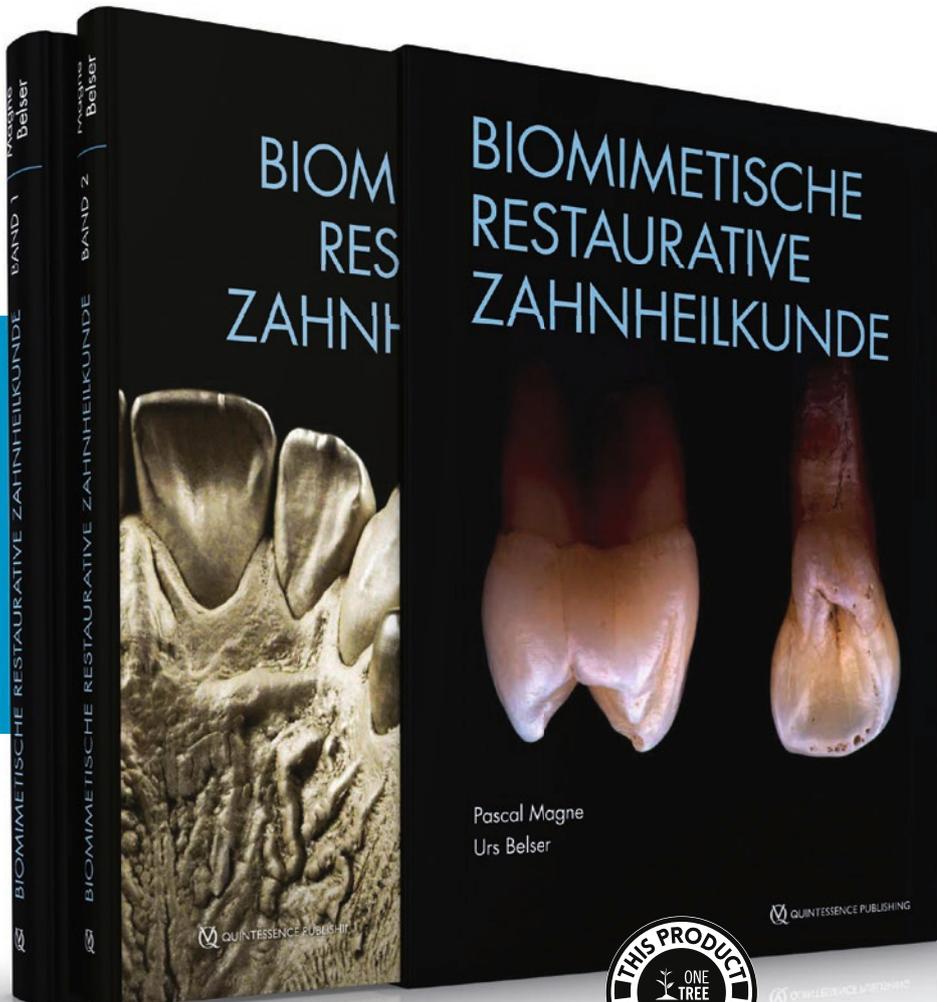
**Prof. Dr. Jens Christoph Türp**  
 Universitäres Zentrum für  
 Zahnmedizin Basel (UZB), Basel

**Kontakt:** Prof. Dr. Jens Christoph Türp, Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel (UZB), Klinik für Oral Health & Medicine, Mattenstrasse 40, CH-4048 Basel, Schweiz  
 E-Mail: jens.tuerp@unibas.ch

Abb. 2: Hogrefe AG Bern, mit freundlicher Genehmigung;  
 Porträtfoto: J. C. Türp

# EINFACH BRILLANT MEISTERWERK IN ZWEI BÄNDEN

NEU



Pascal Magne | Urs C. Belser

## Biomimetische Restaurative Zahnheilkunde

2., überarbeitete und erweiterte Auflage 2023

2 Bände im Hardcover im Schuber

888 Seiten, 2.500 Abbildungen, Artikelnr. 23490

€ 380,-

Dieser Bestseller hebt in seiner Neuauflage die ästhetische Rekonstruktion von Zähnen wissenschaftlich wie praktisch auf ein neues Niveau. Das zentrale Konzept der Darstellung ist das der Biomimetik, also die Idee, dass der gesunde Zahn mit seinen idealen Farbabstufungen und der Binnenstruktur seiner Krone das Muster für die Rekonstruktion ist. Über allem steht daher die Wiederherstellung und Nachgestaltung der biomechanischen, strukturellen und ästhetischen Einheit der Zähne.

Das Buch erläutert die Grundlagen des biomimetischen Konzeptes und bietet alle wünschenswerten Informationen zur Indikationsstellung, zu den Arbeitsschritten der Präparation, Zahntechnik, CAD/CAM-Fertigung und adhäsiven Befestigung sowie zur Nachsorge und Erhaltung der Restaurationen. Dieses große Buch eines Meisters und wahren Künstlers wird ohne Zweifel alle seine Leserinnen und Leser zu höchster Qualität anregen und inspirieren.



[www.quint.link/  
biomimetische-restaurationen](http://www.quint.link/biomimetische-restaurationen)



[buch@quintessenz.de](mailto:buch@quintessenz.de)



+49 (0)30 761 80 667

 **QUINTESSENCE PUBLISHING**

Sílvia Helena Maffei, Gustavo Vicentis Oliveira Fernandes, Juliana Campos Hasse Fernandes, Cássio Orth, Julio Cesar Joly

# Klinische und histomorphometrische Weichgewebeuntersuchung zum Vergleich von freien Gingivatransplantaten und einer Kollagenmatrix als Materialien für die Socket-Seal-Technik: eine randomisierte, kontrollierte klinische Pilotstudie

**Indizes:** Alveole, Chirurgie, Kollagen, Membran, Transplantat, Weichgewebe

**Ziel:** Ziel dieser Untersuchung waren der Vergleich eines freien Gingivatransplantats (FGT) mit einer porkinen Kollagenmatrix (Mucograft Seal, MS) zum Weichgewebeverschluss im Bereich der Extraktionsalveole (Socket-Seal-Technik) sowie eine qualitative Bestimmung der Patientenwahrnehmung mithilfe visueller Analogskalen (VAS). **Methode und Material:** Insgesamt 18 Patienten mit Indikation für eine Einzelzahnextraktion in der ästhetischen Zone wurden per Randomisierung der Kontrollgruppe (FGT) oder der Testgruppe (MS) zugeordnet. Alle Extraktionsalveolen wurden mit einem bovinen Knochentransplantat (kleines Granulat) gefüllt und versiegelt. Kontrolluntersuchungen fanden unmittelbar postoperativ (Tag 0) sowie nach 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 Tagen statt. Nach 180 Tagen wurden vor der Implantatinserion Gewebeproben für eine histologische Analyse entnommen. Außerdem wurden während der ersten 7 postoperativen Tage qualitative Informationen zur subjektiven Wahrnehmung der Behandlung durch die Patienten mithilfe von VAS erhoben. **Ergebnisse:** In der MS-Gruppe war eine schnellere Heilung zu beobachten: Nach 60 Tagen waren alle Stellen der MS-Gruppe partiell verheilt, in der FGT-Gruppe dagegen nur fünf. Histologisch fand sich in der FGT-Gruppe ein überwiegend akutes Entzündungsgeschehen, während in der MS-Gruppe chronische Entzündungsprozesse beobachtet wurden. Die mittlere Epitheldicke betrug in der FGT-Gruppe 535,69  $\mu\text{m}$ , in der MS-Gruppe 495,33  $\mu\text{m}$  ( $p = 0,54$ ). Innerhalb beider Gruppen fand sich eine erhebliche Varianz der Ergebnisdaten ( $p < 0,001$ ). Die qualitative Auswertung der Patientenwahrnehmung ergab einen signifikant größeren Komfort in der MS-Gruppe ( $p < 0,05$ ). **Schlussfolgerung:** Im Rahmen dieser Studie lieferten beide Techniken eine wirksame Versiegelung der Extraktionsalveolen mit einer schnelleren Wundheilung in der MS-Gruppe. Die VAS-Ergebnisse lassen auf signifikant geringere Beschwerden in der MS-Gruppe schließen.

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten

Für die Rehabilitation nach einer Zahnextraktion kommen verschiedene Therapien in Betracht. Die vorliegende Untersuchung vergleicht das freie Gingivatransplantat mit einer porkinen Kollagenmatrix und berichtet über deren qualitative Bewertung durch Patienten.

**Originalbeitrag:** Maffei SH, Fernandes GVO, Fernandes JCH, Orth C, Joly JC. Clinical and histomorphometric soft tissue assessment comparing free gingival graft and a collagen matrix as alveolar-sealer materials: a randomized controlled pilot clinical trial. Quintessence Int 2023 Oct 19; 54: 756–769, doi: 10.3290/j.qi.b4194253

## Manuskript (des Originalbeitrags)

Eingang: 21.05.2023  
Annahme: 01.07.2023

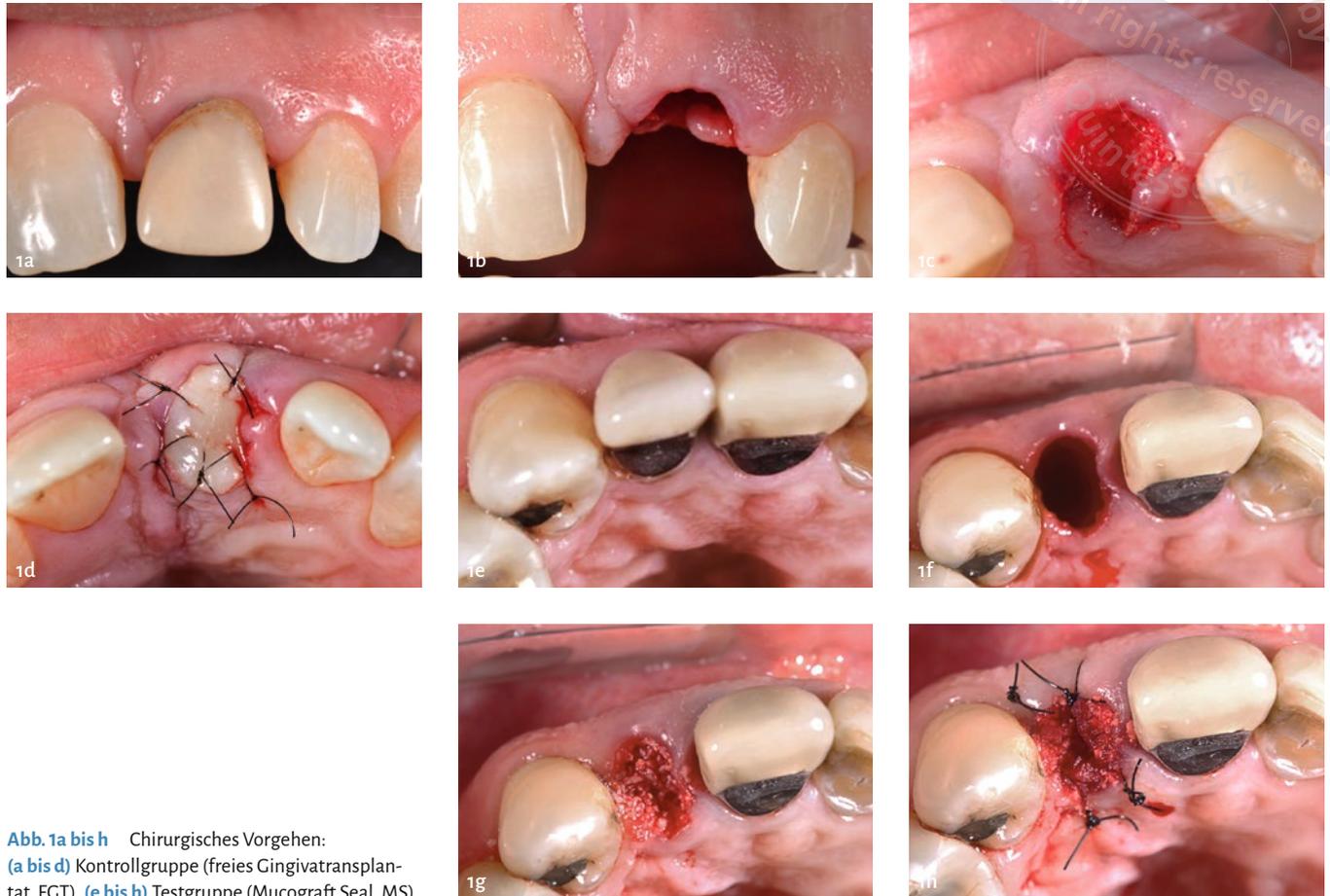


Abb. 1a bis h Chirurgisches Vorgehen: (a bis d) Kontrollgruppe (freies Gingivatransplantat, FGT), (e bis h) Testgruppe (Mucograft Seal, MS)

## EINLEITUNG

Für die Rehabilitation nach einer Zahnextraktion kommen verschiedene Therapieoptionen in Betracht, darunter festsitzende Restaurationen, Teilprothesen, Totalprothesen<sup>15,16</sup> und Implantate<sup>9,14,40</sup>. Inzwischen sind Implantate mit ihren großen Langzeitüberlebensraten (über 96 % nach bis zu 10 Jahren) häufig die beste Wahl. Allerdings gilt die Erhaltung der dreidimensionalen Knochen- und Weichgewebearchitektur im Bereich der Extraktionsstelle als Problem<sup>5,6,11,12,13</sup>. Ein besonderes Interesse liegt daher auf möglichen Techniken zum Erhalt des krestalen Knochen-niveaus. Knochentransplantate oder -ersatzmaterialien in Verbindung mit Membranen und/oder Weichgewebetransplantaten sind einer dieser Ansätze<sup>5</sup>.

Autogenes Gewebe ist aufgrund seiner Fähigkeit zur Gewebeinduktion, -konduktion und -genese der Goldstandard bei der Gewebekonstruktion<sup>1,10</sup>. Die Entnahme von autogenen Transplantaten geht mit einer erhöhten Morbidität und einer langen Operationsdauer einher, sodass in jüngerer Zeit alternative Biomaterialien entwickelt wurden. Von ihnen haben sich xenogene Knochenersatzmaterialien als biologisch verträglich und gewebekundktiv erwiesen<sup>36</sup> und bieten sich für die

Socket Preservation nach einer Extraktion als wirksame Alternative zu autogenem Gewebe an<sup>13,20,24,48</sup>.

Im Jahr 1994 wurde erstmals die Versiegelung der Extraktionsalveole mit einem freien Gingivatransplantat (FGT) vorgeschlagen<sup>25,39</sup>, das dazu diente, ein in der Alveole platziertes Knochentransplantat zu decken und dessen Kontamination durch Speichel und eine bakterielle Besiedelung zu verhindern (sogenannte *Socket-Seal-Technik*). In der Folge war autogenes Weichgewebe zunächst das am häufigsten verwendete Material<sup>24</sup>. Das autogene Gewebe kann aber auch durch eine Kollagenmatrix ersetzt werden. Diese erhöht den Patientenkomfort, da die zweite Operationsstelle für die Transplantatentnahme entfällt. Ein zusätzlicher Vorteil ist die raschere Heilung der Weichgewebewunde<sup>44</sup>.

Die resorbierbare porcine (d. h. xenogene) Kollagenmatrix Mucograft Seal (MS) der Firma Geistlich Pharma ist ein solches Material. Gegenüber ihrer Vorgängerin Mucograft (Fa. Geistlich Pharma), die ihre Barrierefunktion für mindestens 30 Tage aufrechterhält<sup>35</sup>, hat Mucograft Seal eine größere Dicke, ist leichter zu handhaben und benötigt keine Vorbehandlung oder Vorwässerung<sup>22,35,44</sup>. Zudem bleibt die Barrierefunktion nun länger als 30 Tage erhalten, was eine wirksame Neubildung von Gewebe vor dem Abbau der Kollagenmatrix gewährleistet.

Da keine resorbierbare Membran, die dem oralen Milieu direkt ausgesetzt ist, ihrer Zersetzung längere Zeit widersteht<sup>42</sup>, wurden einige chemische und physikalische Modifikationen vorgenommen, um die Resorptionsphase von MS zu verlängern<sup>26,42</sup>.

Zum Einsatz von MS bei der Socket-Seal-Technik fehlen bislang Daten. Studien bewerten normalerweise den Erhalt des krestalen Knochenlevels, also die Hartgewebesituation. Dagegen wurde das neu gebildete Weichgewebe bislang noch unzureichend untersucht. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, die Wirksamkeit von FGT und MS bei der Socket-Seal-Technik und die Förderung der Weichgewebebildung klinisch und histomorphometrisch zu untersuchen und zu vergleichen. Außerdem wurden die postoperativen Beschwerden der Patienten mithilfe visueller Analogskalen (VAS) bewertet. Die Nullhypothesen lauten, (1) dass keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Gruppen (FGT und MS) bestehen und (2) dass der Verschluss des Weichgewebes im Bereich der Extraktionsalveole in beiden Gruppen vergleichbar ist. Alternativhypothese war, dass die Socket-Seal-Technik mit Kollagenmatrices signifikant bessere klinische Ergebnisse liefert als die freien Gingivatransplantate und auch bezüglich der Patientenwahrnehmung überlegen ist.

## MATERIAL UND METHODE

### Studiendesign und Randomisierung

Die vorliegende prospektive, randomisierte, kontrollierte klinische Pilotstudie basiert auf den Prinzipien der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der Fassung von 2013). Das Studiendesign folgte der CONSORT-25-Leitlinie und wurde von der lokalen Ethikkommission (Ethikkommission der Zahnmedizinischen Fakultät und des Dental Research Center São Leopoldo Mandic, São Paulo, Brasilien) unter der Protokollnummer 370723 14.4.0000.5374 genehmigt. Die Studie ist unter dem Identifikator NCT05448040 bei *ClinicalTrials.gov* registriert.

Alle Untersuchungen wurden von zwei Untersuchern (S. H. M. und J. C. J.) durchgeführt. Die Patienten wurden aufgeklärt, untersucht und unterzeichneten im Fall einer Teilnahme eine informierte Einwilligung. Spätestens 21 Tage vor dem Eingriff wurde eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt. Nach der Unterzeichnung der Einwilligungserklärung wurden die Patienten per Randomisierung („Coin Flipper“-Funktion der Random.Org-App, Fa. Randomness and Integrity Service) einer Kontrollgruppe (FGT, Typ Landsberg<sup>24</sup>) oder einer Testgruppe (porkine Kollagenmatrix MS, 12 mm Dicke) zugeordnet.

### Eignungskriterien

Die Einschlusskriterien lauteten:

- ASA-I-Patient

- bestehende Indikation für eine Einzelzahnextraktion in der Region 15 bis 25 an einer Stelle mit mindestens einem Nachbarzahn
- Knochenvolumen für eine Sofortimplantation unzureichend
- 18 bis 55 Jahre alt
- gute Mundhygiene, Sondierungsbluten (SB) von  $\leq 10\%$

Ausschlusskriterien waren:

- allgemeinmedizinische Kontraindikationen für einen implantatchirurgischen Eingriff
- Schwangerschaft oder Stillen
- unbehandelte Parodontitis
- Bruxismus oder schweres Pressen
- Immunsuppression
- intraoperativer Verlust eines Teils der Alveolenwand (jeder Knochenverlust)
- frühere Strahlentherapie der Kopf-Hals-Region
- unkontrollierter Diabetes mellitus
- Rauchen
- schlechte Mundhygiene (SB  $> 10\%$ ) und geringe Motivation
- laufende Bisphosphonattherapie, Alkohol- oder Drogenabusus, psychiatrische Erkrankung
- Gingivarezession am betreffenden Zahn
- herausnehmbarer Zahnersatz

Allen Patienten wurde nach der Operation ein Fragebogen ausgehändigt, der bei der 7 Tage später angesetzten Nahtentfernung ausgefüllt wieder abzugeben war.

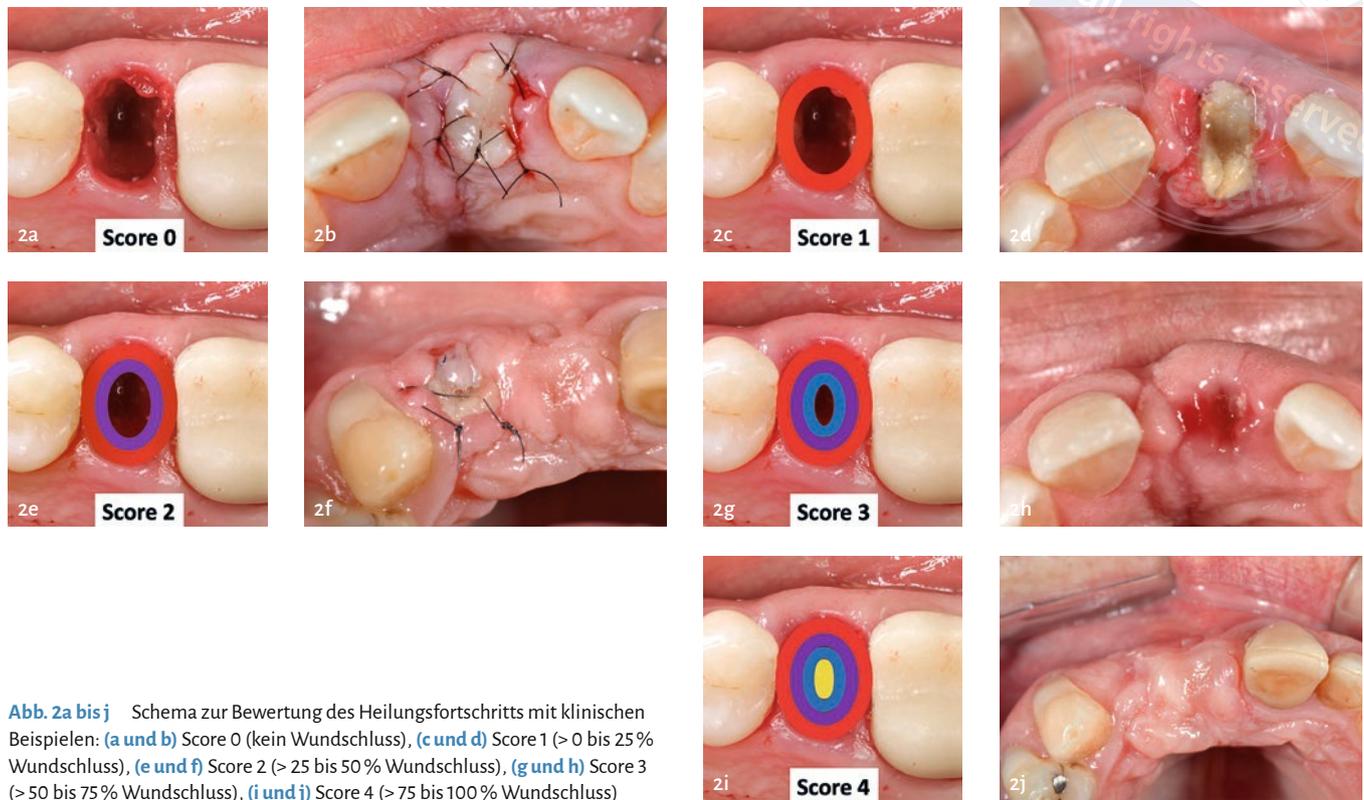
### Gruppen

Nach der randomisierten (simulierter Münzwurf) Gruppenzuordnung der Patienten wurde in beiden Gruppen die Extraktionsalveole bis zum knöchernen Rand mit einem Xenotransplantat (Bio-Oss, kleines Granulat, Fa. Geistlich Pharma) gefüllt. Anschließend erfolgte die Versiegelung der Extraktionsalveole mit entweder

- einem autogenen Weichgewebe (FGT, Technik nach Landsberg<sup>24</sup> – Kontrollgruppe) oder
- einer Kollagenmembran (porkine Kollagenmatrix MS, 12 mm Durchmesser, Fa. Geistlich Pharma – Testgruppe), die jeweils auf gleiche Weise platziert wurden.

### Ergebnisvariablen und Hypothesen

Primäre Ergebnisvariable war der Verschluss des Weichgewebes im Bereich der Extraktionsalveole, wozu das neu gebildete Gewebe nach 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 Tage bewertet wurde. Die sekundären Variablen umfassten:



**Abb. 2a bis j** Schema zur Bewertung des Heilungsfortschritts mit klinischen Beispielen: **(a und b)** Score 0 (kein Wundschluss), **(c und d)** Score 1 (> 0 bis 25% Wundschluss), **(e und f)** Score 2 (> 25 bis 50% Wundschluss), **(g und h)** Score 3 (> 50 bis 75% Wundschluss), **(i und j)** Score 4 (> 75 bis 100% Wundschluss)

- die postoperativen Beschwerden der Patienten gemäß subjektiver Bewertung auf einer VAS,
- eine Qualifizierung der Entzündung (fehlend, mild, moderat, intensiv) und der Epitheldicke (normal, hyperplastisch).

Nullhypothese war, dass keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der FGT- und der MS-Gruppe bestehen. Die Alternativhypothese lautete, dass sich in der Kollagenmembran-Gruppe signifikant bessere Ergebnisse bei der Versiegelung und in der Patientenwahrnehmung finden als in der Kontrollgruppe.

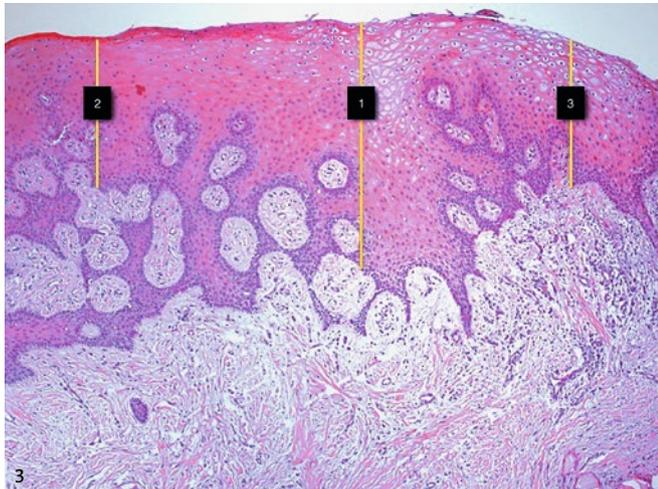
### Chirurgisches Vorgehen

Sämtliche Eingriffe wurden von einer verblindeten Behandlerin (S. H. M.) durchgeführt. Alle Patienten wurden an einem universitären Behandlungsplatz behandelt und erhielten vor der Operation eine Vorbehandlung bestehend aus Mundhygieneinstruktion und professioneller Zahnreinigung. Am Tag vor dem Eingriff lag bei allen Patienten eine gesunde parodontale Situation vor. Der betroffene Zahn wurde jeweils minimalinvasiv und schonend extrahiert. Patienten, bei denen nach der Extraktion ein Verlust der Alveolarwand vorlag, wurden aus der Studie ausgeschlossen.

Für die Extraktion wurden Desmotome und eine grazile Extraktionszange verwendet. Anschließend wurde die Alveole vorsichtig kürettiert

und mit isotonischer Kochsalzlösung gespült. Die nach innen zeigende epithelisierte Schicht der Gingivamanschette um die Alveole wurde vorsichtig mit einem Skalpell (Klinge 15C) entfernt. Schließlich folgten die Füllung der Alveole bis zum krestalen Knochniveau mit einem xenogenen Knochenersatzmaterial (Bio-Oss, kleines Granulat) und der Verschluss des Weichgewebes mit einem der beiden untersuchten Materialien.

Der Gaumen im Bereich distal des ersten Prämolaren und mesial des ersten Molaren diente als Spenderregion für das FGT. Die Entnahme erfolgte auf der Seite der Extraktion, um eine bessere postoperative Kaufunktion zu ermöglichen. Nach einer Infiltrationsanästhesie wurde mit einem Skalpell (Klinge 15C) 2 mm apikal des Gingivarands eine teilschichtige (Epithel und Bindegewebe) Inzision durchgeführt. Die *Rugae palatinae* wurden nicht einbezogen. Der Transplantatumriss entsprach dem Umfang der Alveolenöffnung. Für die Primärinzision wurde die Skalpellspitze 2 bis 3 mm senkrecht zum Gaumenknochen versenkt. Der Verlauf der Inzision entsprach dem ovalen oder kreisförmigen Umriss der zu verschließenden Alveolenöffnung mit einem Sicherheitsabstand von 1 mm<sup>24</sup>. Ein zweite Inzision mit stark geneigter Klinge diente dann zur Ablösung des Transplantats vom Periost des harten Gaumens und führte zu einem leicht vergrößerten mesiobukkalen Umriss des Transplantats. Das entnommene Weichgewebe wurde in isotonischer Kochsalzlösung aufbewahrt, während die Entnahmestelle mit einem Nylon-Monofilament der Stärke 4-0 (Ethilon, Fa. Johnson & Johnson) vernäht



**Abb. 3** Histomorphometrische Bestimmung der Epitheldicke durch Messung der Epithelschicht an drei Stellen je Schnittpräparat

wurde. Anschließend wurde das FGT auf der Empfängerregion platziert, adaptiert und mit monofilem Nylon der Stärke 5-0 (Ethilon) mit Einzelknopfnähten oder, für eine komplette Stabilisierung, mit gekreuzten Nähten fixiert. Die andere Gruppe erhielt statt des FGT die Kollagenmatrix. Diese wurde nach Füllung der Alveole mit dem Xenotransplantat so platziert, dass sie die Alveolenöffnung versiegelte, und dann mit Nähten (Ethilon 5-0) vollständig stabilisiert (Abb. 1).

## Postoperative Phase und Nachbeobachtung

Als peri- und postoperative Medikation erhielten die Patienten Amoxicillin 500 mg (3-mal täglich für 7 Tage, beginnend 1 Tag vor dem Eingriff) und Ibuprofen 600 mg (3-mal täglich für 2 Tage, beginnend 1 Stunde vor dem Eingriff) und wurden instruiert, den Mund ab dem Tag vor dem Eingriff für 10 Tage 3-mal täglich mit Chlorhexidin 0,12 % zu spülen. Alle Patienten wurden nach 7 Tagen zur Nahtentfernung einbestellt. Nachuntersuchungen, bei denen Gewebeheilung und Mundhygiene bewertet wurden, fanden nach 3, 7, 15, 30, 60, 90, 120 und 180 Tagen statt.

## Bewertung der Gewebeheilung

Der Operationssitus aller Patienten wurde von demselben Untersucher prä-, intra- und postoperativ mithilfe einer Digitalkamera (Nikon D3200 mit 105 mm Makroobjektiv, Fa. Nikon) mit Zwillingsblitz dokumentiert. Mit demselben Kameraabstand wie am Tag 0 wurden auch an den Tagen 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 standardisierte Bilder aufgenommen. Zum Bewerten und Vergleichen der Heilung und des Wundschlusses wurden diese Bilder von zwei kalibrierten, verblindeten Untersuchern (S. H. M. und J. C. J.) subjektiv ausgewertet. Bei fehlender Übereinstimmung kam

ein dritter Untersucher (C. O.) hinzu. Für jeden Patienten wurde ein Wert (Score) nach folgenden Kriterien (Abb. 2) bestimmt:

- Score 0 (kein Wundschluss)
- Score 1 (> 0 bis 25 % Wundschluss)
- Score 2 (> 25 bis 50 % Wundschluss)
- Score 3 (> 50 bis 75 % Wundschluss)
- Score 4 (> 75 bis 100 % Wundschluss)

Die Häufigkeitsverteilungen dieser Werte wurden berechnet und grafisch aufbereitet.

## Histologische Präparation und Analyse

Nach 180 Tagen wurde vor der Implantatinsertion mit einer Biopsiestanze von 3,5 mm Durchmesser eine Probe des örtlichen Gewebes entnommen. Vor der Gewebeentnahme wurde der Bereich mit Fount-India-Tinte gefärbt, um die Epithelseite des Biopsats kenntlich zu machen. Die Proben wurden 24 Stunden in gepufferter 10%iger Formaldehydlösung fixiert, in 20%iger Ameisensäure entkalkt, dann in 1-stündigen Alkoholbädern mit ansteigender Konzentration (70 %, 90 %, 95 % sowie reiner Alkohol [zwei Bäder]) dehydriert und in zwei 1-stündigen Xylol-Bädern entfettet. Anschließend wurden die Proben in Paraffin eingebettet und im Mikrotom auf 5 µm Dicke geschnitten. Die Schnitte wurden mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt und unter Verwendung eines toluolhaltigen Langzeit-Eindeckmittels (Permount, Fa. Fisher Scientific) auf Objektträgern fixiert.

Zur Auswertung wurden die Präparate von einem einzelnen erfahrenen Pathologen, der gegen die Studiensituation verblindet war, unter Verwendung eines Lichtmikroskops (Olympus BX 51, Fa. Olympus) mit einer Digitalkamera (Evolution LC, Fa. Media Cybernetics) bei 10-facher Vergrößerung betrachtet. Bewertet wurden:

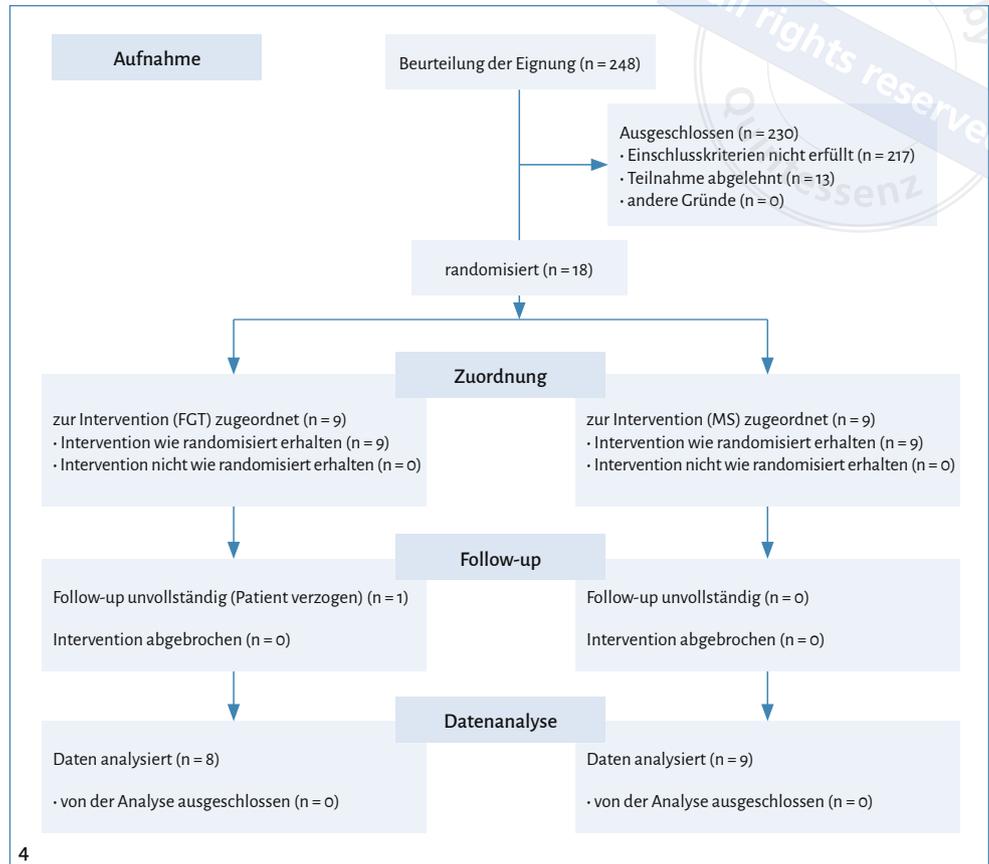
- die Epitheldicke (normal oder hyperplastisch) (Abb. 3) und
- die Entzündung (fehlend, mild [geringe Entzündungszeichen vorhanden], moderat [Entzündungszellen vorhanden] oder intensiv [Entzündungszeichen und viele Entzündungszell-Cluster]).

Der Entzündungsprozess wurde als chronisch bewertet, wenn vorrangig Lymphozyten und Plasmazellen sowie Angiogenese und Fibroplasie zu beobachten waren, bzw. als exazerbierend, wenn neutrophile Granulozyten, eine Hyperämie oder ein Weichgewebeödem vorlagen. Das Bindegewebe galt als moderat dicht oder dicht, wenn sich eine ausgeprägte Fibroplasie und eine Ansammlung von Kollagenfasern fanden.

## Histomorphometrische Analyse

Die Epitheldicke wurde mithilfe einer gemeinfreien Bildverarbeitungssoftware (ImageJ, Version 2.0.0) bestimmt, wozu der Mittelwert aus

Abb. 4 CONSORT-Flussdiagramm



Messungen an drei Messstellen (links, zentral und rechts) gebildet wurde (s. Abb. 3). Alle Schnitte wurden unabhängig von zwei kalibrierten Untersuchern (J. C. H. F. und G. V. O. F.) ausgewertet. Die Daten wurden zusammengeführt und statistisch analysiert.

### Qualitative Analyse mittels VAS

Im Anschluss an den Eingriff erhielten die Patienten einen Fragebogen mit der Bitte, die einzelnen Fragen an bestimmten postoperativen Tagen (bspw. Fragen 1 und 2 nach 1 Tag, Frage 5 nach 7 Tagen) zu beantworten und den Fragebogen nach 7 Tagen wieder abzugeben. Der Bogen enthielt die folgenden Fragen:

1. Wie bewerten Sie die postoperativen Beschwerden (1. Tag)?
2. Wie bewerten Sie die Beschwerden während der Operation?
3. Wie zufrieden waren Sie mit der Behandlung?
4. Wie zufrieden waren Sie mit der Operationsdauer?
5. Wie bewerten Sie die postoperativen Beschwerden (erste 7 Tage)?
6. Wie bewerten Sie die Zahnlockerung nach der Behandlung?
7. Wie bewerten Sie das Zahnfleischbluten nach der Behandlung?
8. Wie viele der verschriebenen Schmerztabletten haben Sie eingenommen?

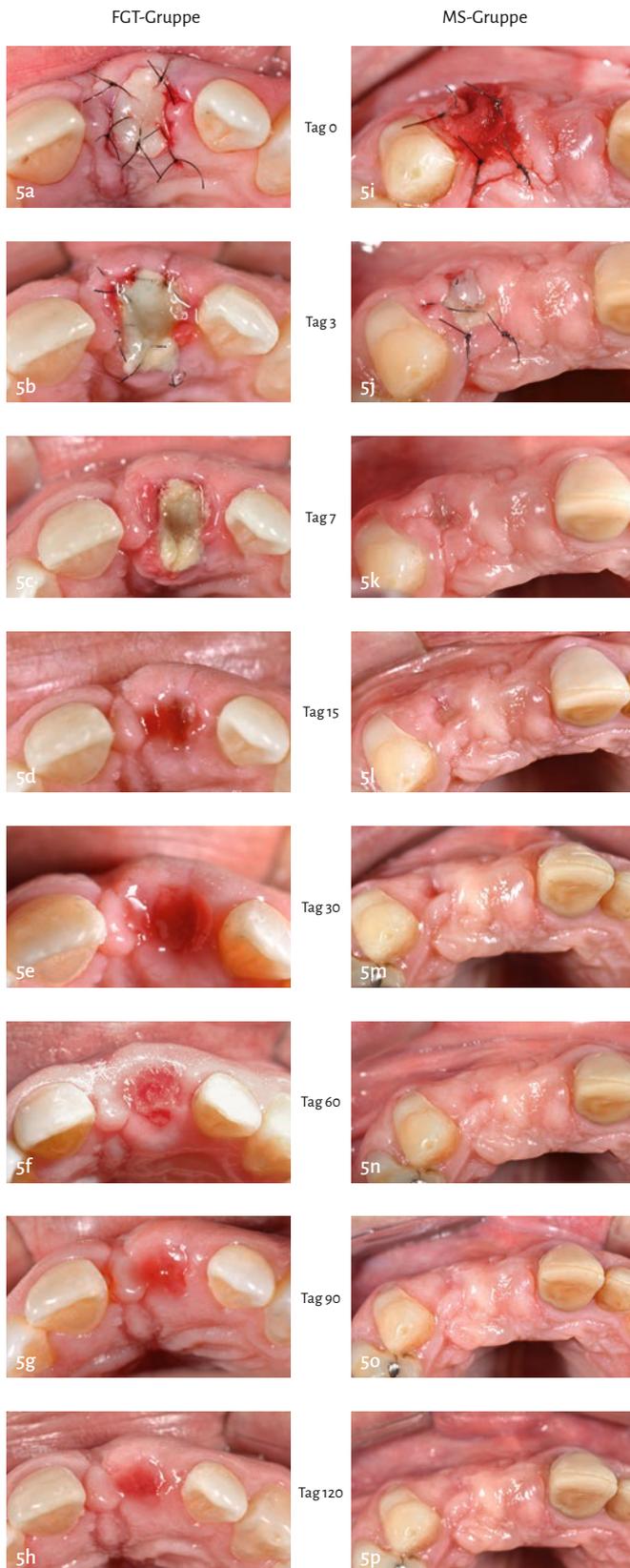
Die Beantwortung der Fragen 1 bis 7 erfolgte jeweils auf einer VAS: Die Patienten markierten das Niveau der jeweiligen Wahrnehmung auf einer geraden Linie von 10 cm Länge. Deren linkes Ende war mit 0, das rechte mit 10 als Minimal- und Maximalwerten der Bewertung durch den Patienten beschriftet.

### Statistische Auswertung

Da es sich um eine Pilotstudie handelte, wurde keine Teststärkenanalyse durchgeführt. Nach dem Testen (Kolmogorow-Smirnow-Test) der Daten auf Normalverteilung, die bestätigt wurde, erfolgte die Analyse der Gruppenunterschiede für die Epitheldicke und die VAS-Bewertungen mithilfe des *t*-Tests. Als Signifikanzniveau galt  $p < 0,05$ . Alle statistischen Analysen wurden mit der Software GraphPad Prism (Version 8, Fa. GraphPad Software) durchgeführt.

### ERGEBNISSE

Bei zunächst insgesamt 248 zur Extraktion überwiesenen Patienten wurde von zwei der Autoren (S. H. M. und J. C. J.) die Diagnose anhand der klinischen und radiologischen Befunde bestätigt und die Eignung



**Abb. 5a bis p** Repräsentative Beispiele für den Heilungsverlauf nach Beobachtungszeiträumen (0 [Baseline], 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 Tage): **(a bis h)** FGT-Gruppe, **(i bis p)** MS-Gruppe

für die Studie geprüft. Nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien und Bestätigung der Bereitschaft zur Teilnahme konnten 18 Patienten (10 Frauen und 8 Männer) aufgenommen werden (Abb. 4). Die Nachuntersuchung der Patienten fand in beiden Gruppen (FGT und MS) unmittelbar nach dem Eingriff (Tag 0) sowie nach 3, 7, 15, 30, 60, 90 und 120 Tagen statt (Abb. 5). Von den 18 Teilnehmern schied eine Patientin der FGT-Gruppe aus der Studie aus und erschien nicht mehr zur Weiterbehandlung nach 180 Tagen.

### Klinische Befunde

Die Wundheilung des Weichgewebes im Bereich der Alveole nach der Extraktion verlief insgesamt unauffällig. Schmerzen und lokale Schwellungen als zu erwartende Folgen des operativen Eingriffs wurden nicht als spezifische Komplikationen der Socket-Seal-Technik gewertet. Die Ergebnisse der Weichgewebeheilung im zeitlichen Verlauf sind exemplarisch in Abbildung 5 dargestellt ( $k = 0,95$ ). Bei der Kontrolluntersuchung nach 3 Tagen hatte der Heilungsprozess bei 3 Patienten (33,3%) der MS-Gruppe bereits begonnen, jeweils mit einem Score von 1 (> 0 bis 25% Gewebeheilung), alle anderen Patienten hatten einen Score von 0. Nach einer Woche fanden sich auch in der FGT-Gruppe 2 Patienten (25,0%) mit einem Score von 1. Im selben Zeitraum zeigte sich in der MS-Gruppe eine deutlich schnellere Wundheilung mit 5 Patienten mit einem Score von 1, 3 Patienten mit Score 2 (> 25 bis 50% Heilung) und einem Patienten mit Score 3 (> 50 bis 75% Heilung).

Bis Tag 15 setzte sich die verglichen mit der FGT-Gruppe schnellere Wundheilung in der MS-Gruppe fort, und 5 Patienten (55,6%) wurden mit einem Score 3, 3 Patienten (33,3%) mit einem Score 2 und ein Patient mit einem Score 1 bewertet. In der Kontrollgruppe (FGT) fanden sich nach demselben Zeitraum 4 Patienten (50%) mit Score 2, während die übrigen 4 Patienten einen Score von 1 erreichten. Als Mindestzeitraum für das Erreichen der Hälfte der Gewebeheilung wurden 30 Tage betrachtet. Zu diesem Zeitpunkt umfasste die FGT-Gruppe 5 Patienten (62,5%) mit einem Heilungsscore von 3 sowie 3 Patienten mit Score 2. Dagegen wurden in der MS-Gruppe 3 Patienten als Score 4, 5 als Score 3 und einer als Score 2 klassifiziert.

Eine postoperative Spanne von 60 Tagen wurde als beste (kürzeste) Zeit für eine vollständige Wundheilung erwartet. Und der größte Teil der Teilnehmer (88,9% in der MS-Gruppe und 62,5% in der FGT-Gruppe) hatte zu diesem Zeitpunkt Score 4 erreicht. Als Ausnahmen fand sich bei einem Patienten in der MS-Gruppe und 3 Patienten der FGT-Gruppe eine Heilungssituation entsprechend Score 3.

Die Heilungssituation nach 90 und nach 120 Tagen war in beiden Gruppen gleich (Score 4) und entsprach einer vollständigen Weichgewebeheilung – mit Ausnahme eines Patienten der FGT-Gruppe, dessen Heilung nach 90 Tagen mit Score 3 zu bewerten war. Die Ergebnisdaten sind in Abbildung 6 und Tabelle 1 zusammengefasst.

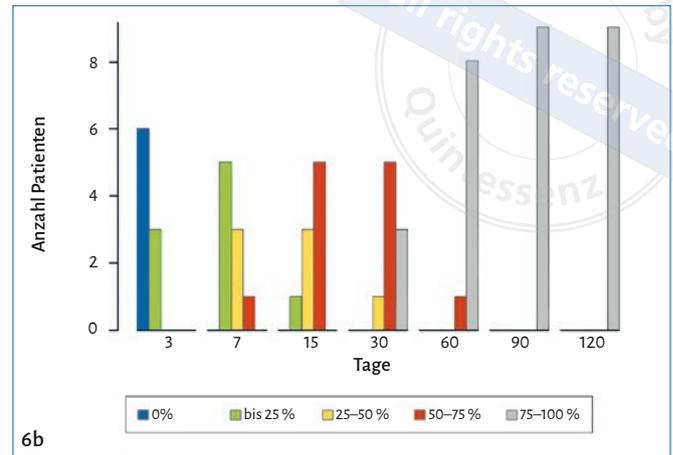
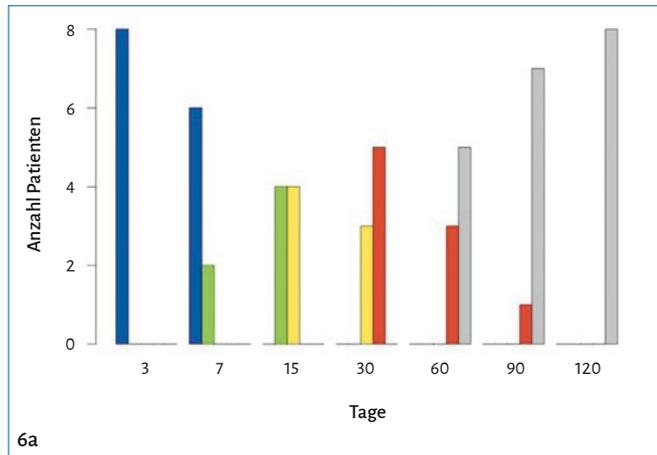


Abb. 6a und b Verteilung der Patienten nach Heilungsscore und Beobachtungszeitpunkt: (a) FGC-Gruppe, (b) MS-Gruppe

Tab. 1 Zahl der Patienten nach Heilungsscore, Gruppe und Zeitpunkt

		Zahl der Patienten						
Gruppe	Score	3 Tage	7 Tage	15 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
BGT	0	8	6	0	0	0	0	0
	1	0	2	4	0	0	0	0
	2	0	0	4	3	0	0	0
	3	0	0	0	5	3	1	0
	4	0	0	0	0	5	7	8
MS	0	6	0	0	0	0	0	0
	1	3	5	1	0	0	0	0
	2	0	3	3	1	0	0	0
	3	0	1	5	5	1	0	0
	4	0	0	0	3	8	9	9

Heilungsfortschritt – Score 0: 0% Heilung, Score 1: > 0 bis 25% Heilung, Score 2: > 25 bis 50% Heilung, Score 3: > 50 bis 75% Heilung, Score 4: > 75 bis 100% Heilung

### Histologische und morphometrische Befunde

Die histologischen Schnitte der nach 180 Tagen entnommenen Biopsien, von denen ein Schnitt aus der MS-Gruppe aufgrund technischer Probleme verloren ging, zeigten in beiden Gruppen eine hyperplastische Epitheldicke mit vergleichbarer Entzündungssituation.

Allerdings lässt sich festhalten, dass in der FGT-Gruppe ein moderates Entzündungsgeschehen, in der MS-Gruppe eine milde Entzündung (Abb. 7) häufiger war. In der MS-Gruppe dominierten der chronische Entzündungstyp und sehr dichtes Bindegewebe, während in der FGT-Gruppe häufiger mäßig dichtes Bindegewebe beobachtet wurde (Tab. 2).

Die Daten wurden zunächst auf Normalverteilung getestet ( $p = 0,52$ ). Der Mittelwert lag in der FGT-Gruppe bei 535,69  $\mu\text{m}$  und in der

MS-Gruppe bei 495,33  $\mu\text{m}$ . Die Differenz von 40,36  $\mu\text{m}$  war statistisch nicht signifikant ( $p = 0,54$ ). Dagegen zeigte sich innerhalb beider Gruppen eine signifikante Datenvarianz (jeweils  $p < 0,001$ ) (Tab. 3). Bei Nichtberücksichtigung eines Ausreißers in den Daten der MS-Gruppe wuchs die Differenz zwischen den Gruppen-Mittelwerten auf 79,30  $\mu\text{m}$ , blieb aber weiterhin unterhalb des festgelegten Signifikanzniveaus ( $p = 0,17$ ).

### Patientenwahrnehmung (VAS)

Die VAS-Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Die Werte zeigen für die postoperativen Beschwerden, die intraoperativen Beschwerden, die Zahnlockerung und das Zahnfleischbluten keine signifikanten Differenzen zwischen den Gruppen. Dagegen fanden sich bei der

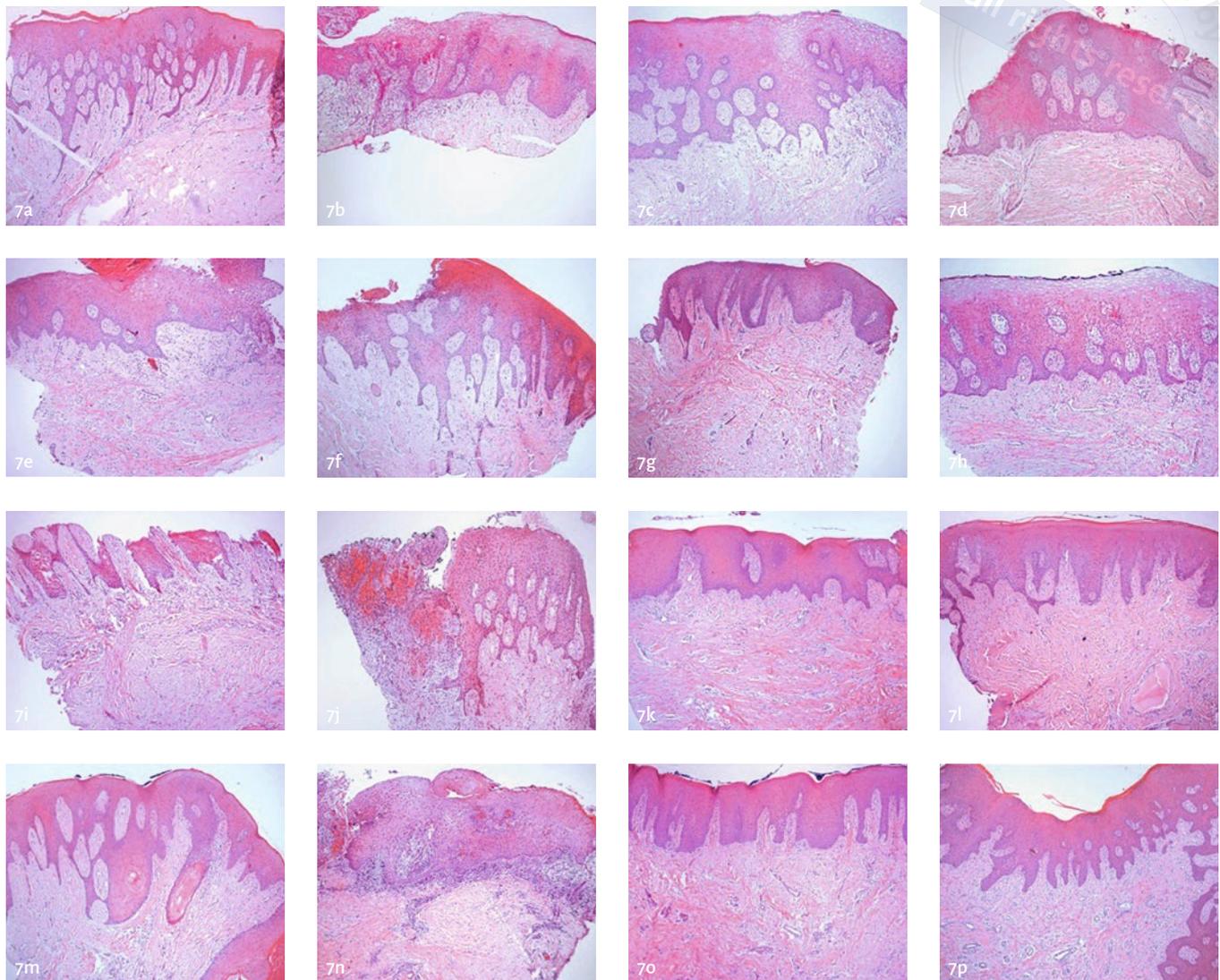


Abb. 7a bis p Histologische Bilder (Vergrößerung: 10-fach) der FGT-Gruppe (a bis h) und der MS-Gruppe (i bis p)

Zufriedenheit mit der Behandlung, der Operationsdauer und den Beschwerden während der ersten 7 Tage statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, bei besseren Werten in der MS-Gruppe ( $p < 0,05$ ). Zudem zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied bei der Zahl der eingenommenen Schmerztabletten, mit einer geringeren Menge in der MS-Gruppe ( $p < 0,01$ ).

## DISKUSSION

In der Fachliteratur kann die Entwicklung der nach Zahnextraktionen eingesetzten Biomaterialien nachverfolgt werden, mit denen sich Hart- und Weichgewebeveränderungen, die erhebliche klinische Probleme bereiten können, nachweislich vermeiden oder reduzieren lassen<sup>45</sup>. Zunächst wurde autogenes Gewebe bevorzugt, während inzwischen

Trends zu xenogenen und alloplastischen Materialien und Polymeren zu verzeichnen sind<sup>1, 22, 23, 24, 34, 46</sup>. Im Gegensatz zu Knochentransplantaten, die als Materialien zur Auffüllung von Extraktionsalveolen erschöpfend untersucht wurden<sup>3</sup>, fehlen klinische Daten zur Weichgewebeneubildung nach Einsatz der Socket-Seal-Technik<sup>22, 32, 37, 44</sup>. Zusätzlich sollten auch die Vorteile von vorhandenem keratinisiertem Gewebe<sup>17, 29</sup> wie Verringerung des Sondierungsblutens, der Gingivarezession und der plaqueinduzierten Periimplantitis<sup>8, 47, 49</sup> genauer analysiert werden.

Die Mundhöhle ist ein Reservoir pathogener Bakterien, und die bakterielle Kontamination einer Operationsstelle kann zur Infektion führen<sup>19</sup>. Daraus ergibt sich die Bedeutung der Socket-Seal-Technik. Kim et al.<sup>23</sup> haben gezeigt, dass ungedeckte resorbierbare Membranen als Bakterienreservoir und Ausgangspunkt für eine Infektion des Knochentransplantats fungieren können, die ggf. bis zum Transplantatverlust führt.

**Tab. 2** Histologische Analyse der vor der Implantatsetzung entnommenen Stanzbiopsien (Häufigkeitsverteilung der bewerteten Eigenschaften)

Parameter	Eigenschaft	FGT, n (%)	MS, n (%)
Epithel(dicke)	normal	3 (37,5)	2 (22,2)
	hyperplastisch	5 (62,5)	6 (66,6)
	fehlend	0 (0,0)	1 (11,1)
Entzündungsgrad	fehlend	2 (25,0)	2 (22,2)
	mild	1 (12,5)	5 (55,5)
	moderat	4 (50,0)	1 (11,1)
	schwer	1 (12,5)	1 (11,1)
Entzündungstyp	akut	3 (37,5)	1 (11,1)
	chronisch	3 (37,5)	6 (66,6)
	fehlend	2 (25,0)	2 (22,2)
Bindegewebe	mäßig dicht	6 (75,0)	3 (33,3)
	sehr dicht	2 (25,0)	6 (66,6)

**Tab. 3** Histomorphometrische Ergebnisse der Messungen zur Bestimmung der Epitheldicke

Gewebeprobe	FGT (µm)				MS (µm)				p-Wert (Inter-Gruppen-Vergleich)
	links	Mitte	rechts	Mittelwert	links	Mitte	rechts	Mittelwert	
1	318,75	470,96	425,47	405,06	364,08	362,95	320,94	349,32	> 0,05
2	221,25	535,17	520,68	425,70	1027,49	668,83	607,34	767,89	
3	609,18	872,38	595,37	692,31	448,77	395,54	429,34	424,55	
4	412,34	775,78	636,16	608,10	505,98	549,54	347,55	467,69	
5	378,08	477,90	380,82	412,26	415,57	899,11	312,08	542,25	
6	417,31	1 060,80	454,00	644,04	442,80	642,25	366,28	483,78	
7	487,30	414,49	344,64	415,48	471,03	377,27	466,39	438,23	
8	797,40	605,64	644,71	682,59	518,70	440,75	507,45	488,97	

p-Wert (Intra-Gruppen-Vergleich)

< 0,001

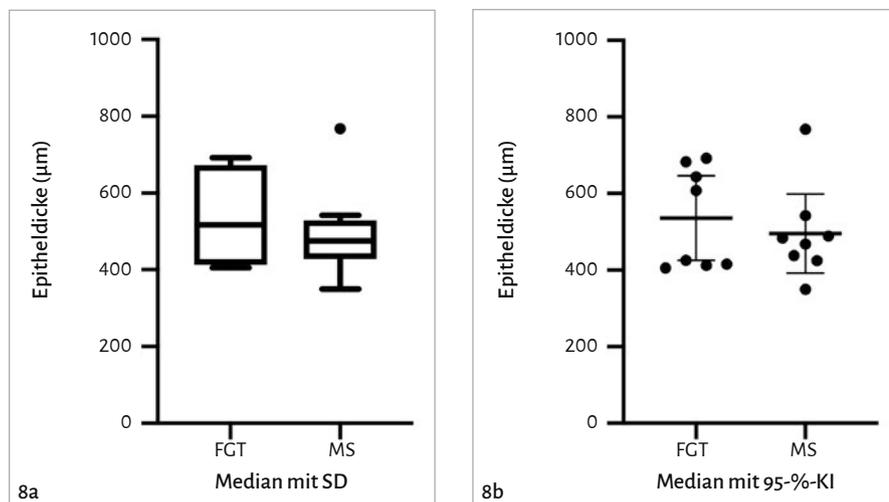
< 0,001

**Tab. 4** Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) für die VAS-Antworten

Frage	FGT-Gruppe		MS-Gruppe		Signifikanz
	Mittel	SD	Mittel	SD	
1. Wie bewerten Sie die postoperativen Beschwerden (1. Tag)?	3	2,6	4	2,4	n. s.
2. Wie bewerten Sie die Beschwerden während der Operation?	3	2,5	3	2,8	n. s.
3. Wie zufrieden waren Sie mit der Behandlung?	9	1,9	10	0,7	*
4. Wie zufrieden waren Sie mit der Operationsdauer?	8	1,8	10	1,0	*
5. Wie bewerten Sie die postoperativen Beschwerden (erste 7 Tage)?	6	3,7	3	3,2	*
6. Wie bewerten Sie die Zahnlockerung nach der Behandlung?	1	1,4	3	4,4	n. s.
7. Wie bewerten Sie das Zahnfleischbluten nach der Behandlung?	2	2,5	1	1,8	n. s.
8. Wie viele der verschriebenen Schmerztabletten haben Sie eingenommen?	7	2,6	4	2,4	**

n. s.: nicht signifikant, \*p < 0,05, \*\*p < 0,01.

Fragen 1 bis 7: Antworten zwischen 0 (Minimum) und 10 (Maximum), Frage 8: Zahl der eingenommenen Schmerzmitteldosen



**Abb. 8a und b** Epitheldicke nach 180 Tagen ohne Berücksichtigung des Ausreißers in der MS-Gruppe: (a) Mittelwert und Standardabweichung (SD), (b) Medianwert und 95%-Konfidenzintervall (KI)

Demgegenüber fand in allen hier untersuchten Fällen eine komplikationsfreie Heilung statt. Ferner ist bekannt, dass ein dichter Verschluss der Extraktionsalveole während der anschließenden 6-monatigen Heilungsphase zu gleichmäßigen, geringfügigen Dimensionsveränderungen verbunden mit einer guten Reepithelisierung führt<sup>28</sup>.

Um die Bewährung unterschiedlicher Materialien bei der Socket-Seal-Technik zu bewerten, wurden in der vorliegenden Studie folgende Aspekte untersucht:

- die Weichgewebereparatur (Heilungsverlauf) und
- das biologische Resultat, histologisch und histomorphometrisch (als primäre Studienziele), sowie
- die Wahrnehmung der Beschwerden durch die Patienten und deren Zufriedenheit mit der Behandlung (als sekundäres Studienziel).

Damit sollten Daten gesammelt werden, um das im klinischen Einsatz besser geeignete Biomaterial zu unterstützen und zur Verwendung vorzuschlagen.

In einer aktuellen Studie konnten Martins et al.<sup>30</sup> in der Gruppe mit Socket-Seal-Technik eine signifikant geringere Kieferkammresorption beobachten. Sie berichten von einer wirksamen Abdichtung der Alveole während der Socket Preservation im Vergleich zur offenen Heilung ohne Barriere und zur spontanen Heilung<sup>30</sup>. Ferner betrachten die Autoren ein autogenes Weichgewebetransplantat als beste Option für die Deckung des Knochenersatzmaterials. Ihre Ergebnisse zeigen auch, dass jede Art des Weichgewebeschlusses im Bereich der Extraktionsalveole über dem Knochentransplantat den horizontalen Volumenerhalt nach der Extraktion förderte<sup>30</sup>. Ebenso konnten Segnini et al.<sup>38</sup>, die ein bovines Knochenersatzmaterial in Extraktionsalveolen mit vestibulären Knochendefekten verwendeten und mit einem FGT oder einer Kollagenmatrix deckten, keine Unterschiede zwischen beiden Materialien beobachten. Diese Befunde werden durch eine systematische Übersichtsarbeit<sup>27</sup>

gestützt. Eine Studie von Testori et al.<sup>43</sup> kommt, ähnlich wie die vorliegende Untersuchung, zu dem Ergebnis, dass bei der Socket-Seal-Technik die Verwendung einer Kollagenmatrix das Knochentransplantat wirksam schützt.

Eine randomisierte klinische Studie berichtet von besseren Resultaten in der Gruppe mit Socket-Seal-Technik, in der ein Knochenersatzmaterial mit einer Kollagenmatrix oder einem FGT gedeckt wurde, als in der Gruppe mit natürlicher Heilung (ohne Biomaterialien)<sup>22</sup>. Allerdings konnte die Socket-Seal-Technik die Knochenresorption nicht vollständig verhindern, wie ein vertikaler Knochenverlust von 1,3 mm nach 6 Monaten zeigte<sup>22</sup>. Dieses Ergebnis wird von Testori et al.<sup>43</sup> bestätigt, die ebenfalls berichten, dass die Verwendung einer Kollagenmembran nach der Extraktion einen Rückgang des krestalen Knochenniveaus nicht komplett verhinderte. Kim et al.<sup>23</sup> beobachteten in ihren beide Gruppen mit Socket-Seal-Technik (FGT und resorbierbare Kollagenmembran) günstige klinische Ergebnisse und eine gute Weichgewebebildung. Außerdem kamen sie zu dem Schluss, dass die Socket-Seal-Technik den Weichgewebeverlust wirksam verringert. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind mit denen der 3 eben genannten Studien vergleichbar.

Meloni et al.<sup>32</sup> verwendeten ein dem vorliegenden sehr ähnliches Studiendesign. Ihre Untersuchung betraf Zähne in der Region 15 bis 25, die atraumatisch extrahiert wurden. Die Alveolen wurden mit anorganischem bovinem Knochenmineral gefüllt und mit einem FGT oder einer porkinen Kollagenmatrix verschlossen. Die Autoren berichten für beide Materialien von vergleichbaren Ergebnissen, betrachten den Einsatz der Kollagenmatrix jedoch als Vereinfachung gegenüber der Weichgewebeeinnahme am Gaumen. Auch in der vorliegenden Studie zeigte die VAS-Auswertung bezogen auf die postoperativen Beschwerden, die Operationsdauer und die Zufriedenheit mit der Behandlung eine signifikante Präferenz der Patienten für die Kollagenmatrix (MS).

Thoma et al.<sup>44</sup> beobachteten für Kollagenmembranen eine schnellere Weichgewebeheilung als für die natürliche Heilung der Extraktionsalveole. Damit stützen sie das hier beobachtete Ergebnis einer rascheren Reepithelisierung in der MS-Gruppe – allerdings ohne signifikanten Unterschied zur FGT-Gruppe ( $p > 0,05$ ). Die schwammartige, porenreiche Struktur der Kollagenmatrix kann zu einer guten Verbindung<sup>31</sup> und zum Einsetzen der Reepithelisierung 4 bis 8 Wochen nach der Operation beitragen<sup>21</sup>.

Für das FGT hingegen, das als hervorragende Lösung im Hinblick auf den Erhalt der Kieferkammdimensionen gilt<sup>25,27</sup>, beobachtete Tal<sup>41</sup> eine Misserfolgsrate von 57 % infolge partieller oder totaler Nekrose. In der vorliegenden Studie traten in der FGT-Gruppe auch Nekrosen auf. Diese hatten jedoch keinen negativen Einfluss auf die Behandlungen, die deshalb (wie bei Kim et al.<sup>23</sup>) nicht als Misserfolg gewertet wurden und nach einer Geweberemodellierung spätestens nach 60 bzw. 90 Tagen in einer erfolgreichen Heilung resultierten. Eine Teilnekrose ist auch eine mögliche Erklärung für die histologischen Befunde in der FGT-Gruppe, in der die Präparate von 50 % der Patienten nach 180 Tagen eine moderate Entzündung zeigten. Ähnlich wie in der Studie von Segnini et al.<sup>38</sup>, die keine statistisch signifikanten histologischen Unterschiede zwischen den Gruppen fanden, blieben jedoch die hier beobachteten, auf eine Bewertung der Epithelschicht beschränkten histologischen Ergebnisse im Gruppenvergleich statistisch nicht signifikant.

Im Unterschied zur FGT-Gruppe waren in der MS-Gruppe histologisch der chronische Entzündungstyp und ein geringerer Entzündungsgrad zu beobachten. Rocchetta et al.<sup>37</sup> ermittelten in einer präklinischen histologischen Untersuchung den Zeitraum für die Zersetzung von Kollagenmembranen, die entweder dem intraoralen Milieu ausgesetzt oder zwischen Epithel und Bindegewebe bzw. zwischen Bindegewebe und Periost platziert waren. In keiner dieser 3 Gruppen fand sich ein entzündliches Infiltrat. Zudem gaben die Autoren an, dass die exponierten Membranen sich nach etwa 15 Tagen und damit schneller zersetzt hatten<sup>37</sup>. Klinisch fand sich ein ähnliches Ergebnis mit nicht mehr präsenter Kollagenmembran nach 15 Tagen, allerdings unterschied sich das entzündliche Infiltrat: In den meisten Fällen waren in der MS-Gruppe mehr Zellen der chronischen Entzündung nachzuweisen als in der FGT-Gruppe. Der Entzündungsgrad war überwiegend mild (FGT) bzw. moderat (MS)<sup>37</sup>.

Die VAS-Werte fielen in der vorliegenden Studie in der MS-Gruppe besser aus, was mit dem Umstand zusammenhängen dürfte, dass nur eine Operationsstelle vorlag (keine Spenderregion). Insofern besteht Analogie zu der Split-Mouth-Studie von Thoma et al.<sup>44</sup>, in der die offene Wundheilung mit der Heilung einer mittels Kollagenmembran geschützten Stelle verglichen wurde. Die Ergebnisse der Autoren zeigten für die erste postoperative Woche eine schwächere Symptomatik auf der geschützten Seite<sup>44</sup>. Andere Studien zur Socket-Seal-Technik

geben als Hauptsymptom Schmerzen an, deren Intensität als gering empfunden wurde<sup>2,4,18,22</sup>.

Zu den methodischen Einschränkungen dieser Studie zählt das Fehlen einer Kontrollgruppe ohne Intervention (Negativkontrolle) für den Vergleich mit der natürlichen Heilung der Extraktionsalveole. Zudem erfolgte keine 3-D-Auswertung der Knochendimensionen, die nicht Ziel der Untersuchung war; viele Studien in der Fachliteratur bewerten ausschließlich das Knochengewebe. In künftigen Studien sollte neben dem Weichgewebe auch der Knochen betrachtet werden, um den Erhalt des Kieferkammes in Abhängigkeit von der Socket-Seal-Technik beurteilen zu können. Ferner war es erforderlich, das Alveolensiegel komplett zu stabilisieren, wozu jedoch unterschiedliche Nahtformen verwendet wurden. Auch dies könnte ein Störfaktor sein, und für künftige Studien wird empfohlen, durchgehend dieselbe Nahtform einzusetzen.

Schließlich erfassen VAS subjektive Antworten, die unterschiedliche Ausdrücke und Parameter mit unterschiedlichen Schwellenwerten betreffen, was zu Verzerrungen (Bias) führen kann. Auch können anatomische Eigenheiten des Zahns oder des Alveolarkammes die Operation verkomplizieren, ihre Dauer verlängern, den Grad der Entzündung erhöhen und damit das Schmerzniveau beeinflussen. Eine weitere Störgröße waren die Spenderstelle und die Gewebeentnahme sowie die potenzielle Nekrose in der FGT-Gruppe, die die Bewertung des Gesamtschmerzes auf der VAS verzerren kann (wenngleich in dem in dieser Studie aufgetretenen Nekrosefall das Ergebnis nicht beeinträchtigt wurde). Für künftige Studien wird daher empfohlen, beide Materialien innerhalb eines Patienten einzusetzen (Split-Mouth-Design), um zuverlässigere VAS-Antworten zu erhalten, und Patienten mit ausgeprägter Nekrose und ungünstiger Weichgewebeheilung auszuschließen.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Innerhalb der Grenzen dieser Studie kann geschlussfolgert werden, dass beide Techniken eine wirksame Versiegelung von Extraktionsalveolen ermöglichten und die Bildung von neuem, die Alveole bedeckendem Weichgewebe förderten. Weniger Beschwerden und eine raschere Epithelbildung waren zu beobachten, wenn Mucograft für den Weichgewebeverschluss verwendet wurde. Die Verwendung dieses Materials führte nicht zu Nekrosen und ging mit einer geringeren postoperativen Schmerzsymptomatik (VAS-Ergebnisse) einher. Die Nullhypothesen wurden abgelehnt. Es empfiehlt sich, die vorliegenden Ergebnisse in weiteren Untersuchungen – bevorzugt in randomisierten, kontrollierten Split-Mouth-Studien mit größeren Stichproben – zu verifizieren.

Klinisch relevant ist, dass beide Materialien (Kollagenmatrix und FGT) eine gute Wahl für den Weichgewebeverschluss im Bereich der Extraktionsalveole darstellen und die Bildung von neuem Weichgewebe begünstigen. Geringere Beschwerden werden mit der Kollagenmatrix beobachtet. Diese dürfte daher in der Praxis die beste Wahl sein.

## INTERESSENKONFLIKT

Die Autoren bestätigen, dass keinerlei Interessenkonflikte offenzulegen sind.

## LITERATUR

- Araújo MG, Lindhe J: Socket grafting with the use of autologous bone: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2011; 22: 9–13
- Atieh MA, Alsabeeha NH, Payne AG, Ali S, Faggion CMJ, Esposito M: Interventions for replacing missing teeth: alveolar ridge preservation techniques for dental implant site development. *Cochrane Database Syst Rev* 2021; 4: CD010176
- Avila-Ortiz G, Elangovan S, Kramer KWO, Blanchette D, Dawson DV: Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2014; 93: 950–958
- Barone A, Ricci M, Tonelli P, Santini S, Covani U: Tissue changes of extraction sockets in humans: a comparison of spontaneous healing vs. ridge preservation with secondary soft tissue healing. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24: 1231–1237
- Baskaran P, Prakash P, Appukkuttan D et al.: Clinical and radiological outcomes for guided implant placement in sites preserved with bioactive glass bone graft after tooth extraction: a controlled clinical trial. *Biomimetics* 2022; 7: 43
- Berglundh T, Lindhe J: Healing around implants placed in bone defects treated with Bio-Oss. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1997; 8: 117–124
- Borges H, Correia ARM, Castilho RM, Fernandes GVO: Zirconia implants and marginal bone loss: a systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2020; 35: 707–720.
- Bouri A Jr, Bissada N, Al-Zahrani MS, Faddoul F, Nouneh I: Width of keratinized gingiva and the health status of the supporting tissues around dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23: 323–326.
- Branemark PI, Hansson BO, Adell R et al.: Osseointegrated implants in treatment of edentulous jaw. Experience from 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977; 16: 1–132
- Buser D, Bornstein MM, Weber HP, Grutter L, Schmid B, Belser UC: Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: a cross-sectional, retrospective study in 45 subjects with a 2- to 4-year follow-up. *J Periodontol* 2008; 79: 1773–1781
- Buser D, Dula K, Hess D, Hirt HP, Belser UC: Localizes ridge augmentation with autografts bone as barrier membranes. *Periodontol* 2000 1999; 19: 151–163
- Calasans-Maia M, Resende R, Fernandes G, Calasans-Maia J, Alves AT, Granjeiro JM: A randomized controlled clinical trial to evaluate a new xenograft for alveolar socket preservation. *Clin Oral Implants Res* 2014; 25: 1125–1130
- Calasans-Maia MD, Fernandes GVO, Granjeiro JM: Alveolar preservation with bone graft after tooth extraction and previously to implant placement. *Rev ImplantNews* 2008; 5: 543–548
- Castro FMC, Martins GZ, Oliveira HFP, Hernández PB, Gavinha S, Fernandes GVO: Comparison of stud-retentor versus bar-clip attachment as implant-supported systems used in overdentures: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2022; 30: 169–187
- Douglass CW, Shih A, Ostry L: Will there be need for complete dentures in the United States in 2020? *J Prosthet Dent* 2002; 87: 5–8
- Douglass CW, Watson AS: Future needs for fixed and removable partial dentures in the United States. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 9–14
- Esposito M, Grusovin MC, Maghaireh H, Coulthard P, Worthington HV: Interventions for replacing missing teeth: management of soft tissues for dental implants. *Cochrane Database Syst Rev* 2007; 18: CD006697
- Festa VM, Addabbo F, Laino L, Femiano F, Rullo R: Porcine-derived xenograft combined with a soft cortical membrane versus extraction alone for implant site development: a clinical study in humans. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013; 15: 707–713
- Gendron R, Grenier D, Maheu-Robert L: The oral cavity as a reservoir of bacterial pathogens for focal infections. *Microbes Infect* 2000; 2: 897–906
- Hämmerle CHF, Araújo MG, Simion M: Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23: 580–582
- Herford A, Akin L, Cicciu M, Maiorana C, Boyne PJ: Use of a porcine collagen matrix as an alternative to autogenous tissue for grafting oral soft tissue defects. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68: 1463–1470
- Jung RE, Philipp A, Annen BM et al.: Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol* 2013; 40: 90–98
- Kim S-Y, Kim Y-K, Kim H-S, Yun P-Y, Kim S-G, Choi Y-H: Extraction socket sealing using palatal gingival grafts and resorbable collagen membranes. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2017; 39: 39
- Landsberg CJ: Implementing socket seal surgery as a socket preservation technique for pontic site development: surgical steps revisited: a report of two cases. *J Periodontol* 2008; 79: 945–954
- Landsberg CJ, Bichacho N: A modified surgical/prosthetic approach for optimal single implant supported crown. Part I - the socket seal surgery. *Pract Periodont Aesthet Dent* 1994; 6: 11–17
- Lee JH, Lee JS, Baek WS et al.: Assessment of dehydrothermally cross-linked collagen membrane for guided bone regeneration around peri-implant dehiscence defects: a randomized single-blinded clinical trial. *J Periodontol Implant Sci* 2015; 45: 229–237.
- López-Pacheco A, Soto-Peñalosa D, Gómez M, Peñarrocha-Oltra D, Alarcón MA: Socket seal surgery techniques in the esthetic zone: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis of randomized clinical trials. *Int J Implant Dent* 2021; 7: 13.
- Maiorana C, Poli PP, Deflorian M et al.: Alveolar socket preservation with demineralised bovine bone mineral and a collagen matrix. *J Periodontol Implant Sci* 2017; 47: 194–210
- Martins BGS, Fernandes JCH, Martins AG, Castilho RM, Fernandes GVO: Surgical and nonsurgical treatment protocols for peri-implantitis: an overview of systematic reviews. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2022; 37: 660–676.
- Martins JR, Wagner TP, Vallim AC et al.: Comparison of the efficacy of different techniques to seal the alveolus during alveolar ridge preservation: meta-regression and network meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2022; 49: 694–705
- McGuire MK, Scheyer ET: Xenogeneic collagen matrix with coronally advanced flap compared to connective tissue with coronally advanced flap for the treatment of dehiscence-type recession defects. *J Periodontol* 2010; 81: 1108–1117
- Meloni SM, Tallarico M, Lolli FM, Deledda A, Pisano M, Jovanovic AS: Post-extraction socket preservation using epithelial connective tissue graft vs porcine collagen matrix. 1-year results of a randomized controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2015; 8: 39–48
- Moher D, Schulz KF, Gøtzsche PC, Egger M: CONSORT 2010 Explanation and Elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ* 2010; 340: c869
- Nemcovsky CE, Artzi Z: Split palatal flap. A surgical approach for primary soft tissue healing in ridge augmentation procedures: technique and clinical results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999; 19: 175–181
- Parashis AO, Kalaitzakis CJ, Tatakis DN, Tosios K: Alveolar ridge preservation using xenogeneic collagen matrix and bone allograft. *Int J Dent* 2014; 2014: 172854
- Piatelli M, Favero GA, Orsini G, Piatelli A: Bone reactions to anorganic bovine bone (Bio-Oss) used in sinus augmentation procedures: a histologic long-term report of 20 cases in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14: 835–840
- Roccietta I, Schupbach P, Ghezzi C, Maschera E, Simion M: Soft tissue integration of a porcine collagen membrane: an experimental study in pigs. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2012; 32: e34–e40
- Segnini B, Borges-Filho FFF, Nicoli LG et al.: Impact of soft tissue graft on the preservation of compromised sockets: a randomized controlled clinical pilot study. *Acta Odontol Latinoam* 2021; 34: 119–126
- Seibert JS, Louis JV: Soft tissue ridge augmentation utilizing a combination onlay-interpositional graft procedure: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996; 16: 310–321
- Siqueira GRC, Tavares JR, Pedrosa RF, Siqueira RAC, Fernandes GVO: Immediate implant with provisionalization and soft tissue grafting after 4-year follow-up. *Clin Adv Periodontics* 2022; 8: 32–38

41. Tal H: Autogenous masticatory mucosal grafts in extraction socket seal procedures: a comparison between sockets grafted with demineralized freeze-dried bone and deproteinized bovine mineral. *Clin Oral Implants Res* 1999; 10: 289–296
42. Tal H, Kozlovsky A, Artzi Z, Nemcovsky CE, Moses O: Cross-linked and non-crosslinked collagen barrier membranes disintegrate following surgical exposure to the oral environment: a histological study in the cat. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 760–766
43. Testori T, Deflorian MA, Mandelli F et al.: Healing of post-extraction sockets filled with anorganic bovine bone and covered with a xenogeneic collagen matrix. Radiological 2D and 3D results of a pilot study to assess dimensional stability. *Materials (Basel)* 2021; 14: 2473
44. Thoma DS, Sancho-Puchades M, Ettlin DA, Hammerle CHF, Jung RE: Impact of a collagen matrix on early healing, aesthetics and patient morbidity in oral mucosal wounds: a randomized study in humans. *J Clin Periodontol* 2012; 39: 157–165
45. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, Figuero E, Martin C, Sanz M: Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2011; 23: 22–38
46. Walker CJ, Prihoda TJ, Mealey BL, Lasho DJ, Noujeim M, Huynh-Ba G: Evaluation of healing at molar extraction sites with and without ridge preservation: a randomized controlled clinical trial. *J Periodontol* 2017; 88: 241–249
47. Warrer K, Buser D, Lang NP, Karring T: Plaque-induced peri-implantitis in the presence or absence of keratinized mucosa. An experimental study in monkeys. *Clin Oral Implants Res* 1995; 6: 131–138
48. Weng D, Stock V, Schliephake H: Are socket and ridge preservation techniques at the day of tooth extraction efficient in maintaining the tissues of the alveolar ridge? *Eur J Oral Implantol* 2011; 4: S5-S10
49. Zigdon H, Machtei EE: The dimensions of keratinized mucosa around implants affect clinical and immunological parameters. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 387–392



**Sílvia Helena Maffei**

**Sílvia Helena Maffei\*** Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas (SP), Brasilien

**Gustavo Vicentis Oliveira Fernandes\*** A. T. Still University – Missouri School of Dentistry & Oral Health, St Louis, MO, USA

**Juliana Campos Hasse Fernandes** Periodontics and Oral Medicine Department, University of Michigan School of Dentistry, Ann Arbor, MI, USA (ORCID: 0000-0001-7603-3544)

**Cássio Orth** Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas (SP), Brasilien

**Julio Cesar Joly** Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas (SP), Brasilien

**Kontakt:** Gustavo Vicentis Oliveira Fernandes, A. T. Still University – Missouri School of Dentistry & Oral Health, St Louis, MO 63104, USA, E-Mail: gustfernandes@gmail.com/gustavofernandes@atsu.edu

\* gleichberechtigte Erstautoren

Abbildungen 1 bis 8 und Porträtfoto aus: Maffei SH, Fernandes GVO, Fernandes JCH, Orth C, Joly JC: Clinical and histomorphometric soft tissue assessment comparing free gingival graft and a collagen matrix as alveolar-sealer materials: a randomized controlled pilot clinical trial. *Quintessence Int* 2023 Oct 19; 54: 756–769

Reiner Mengel, Cora-Sophia von Rosen, Martin Mogk, Miriam Thöne-Mühling

# Zusammenhang zwischen krestalem Knochenverlust und Sondierungstiefe an Implantaten: eine Langzeit-Kohortenstudie an Patienten mit behandelter Parodontalerkrankung

**Indizes:** aggressive Parodontitis, chronische Parodontitis, Implantat, krestaler Knochenverlust, Sondierungstiefe

**Ziele:** Für Zähne wurde ein Zusammenhang zwischen dem krestalen Knochenverlust und der Sondierungstiefe (ST) nachgewiesen. Ob dieser Zusammenhang auch für Implantate gilt, ist nicht bekannt. Ziel dieser Studie war es daher, die Korrelation zwischen krestalem Knochenverlust und ST an Zähnen und Implantaten zu untersuchen. **Methode und Materialien:** Eine Kohorte von 31 parodontal behandelten Patienten mit implantatgetragenen Einzelkronen und Brücken wurde in Intervallen von 3 bis 6 Monaten über Zeiträume von 5 bis 20 Jahren engmaschig nachbeobachtet. Bei allen Recall-Terminen wurden klinische parodontale Parameter an Zähnen und Implantaten erhoben. Zusätzlich wurden nach Eingliederung der Suprakonstruktion (Baseline) sowie nach 1, 3, 5, 10, 15 und 20 Jahren standardisierte Röntgenbilder aufgenommen. **Ergebnisse:** Die Gesamtüberlebensraten der Implantate (94,0 %) und der Zähne (97,3 %) waren nach 20 Jahren nicht signifikant verschieden ( $p = 0,68$ ). Bei fast allen Patienten fanden sich über den gesamten Nachbeobachtungszeitraum sowohl an den Implantaten als auch an den natürlichen Zähnen ST von  $\geq 5$  mm. An Implantaten wie Zähnen nahm insbesondere bei den Patienten mit fortgeschrittener Parodontitis der krestale Knochenverlust kontinuierlich zu, ohne dass eine Korrelation mit der ST bestand. Bei wenigen Patienten ( $n = 5$ ) fanden sich an jeweils einem Implantat eine ST von  $\geq 5$  mm bei einem jährlichen Knochenverlust von  $> 0,2$  mm sowie eine Korrelation zwischen Knochenverlust und ST. **Schlussfolgerung:** An gesunden Implantaten und Zähnen findet ein moderater krestaler Knochenverlust statt, der keine Korrelation mit der ST aufweist. Bei einigen wenigen Patienten war an jeweils nur einem Implantat ein fortschreitender, mit der ST korrelierender krestaler Knochenverlust zu beobachten.

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten

Ein Ergebnis der vorliegenden Studie ist, dass die Messung der ST an Implantaten geeignet und notwendig ist, um Patienten mit pathologischen periimplantären Verhältnissen zu erkennen und einer Behandlung zuzuführen zu können.

**Originalbeitrag:** Mengel R, von Rosen CS, Mogk M, Thöne-Mühling M: Correlation between crestal bone loss and PPD at teeth and implants: a 5- to 20-year long-term cohort study in patients with treated periodontal disease. Quintessence Int 2023; 54: 612–620, doi: 10.3290/j.qi.b4232527

## Manuskript (des Originalbeitrags)

Eingang: 09.02.2023  
Annahme: 15.07.2023

## EINLEITUNG

Die Gründe für den Knochenverlust an Implantaten, der während des ersten Jahres in Funktion auftritt, sind gut untersucht. Hauptursache sind initiale physiologische Remodellierungsprozesse infolge des Operationstraumas und der funktionellen Belastung des krestalen Knochens<sup>24</sup>. In den Folgejahren kann an gesunden Implantaten ein geringfügiger jährlicher Knochenverlust ( $\leq 0,2$  mm) hinzukommen. Allerdings wird an einzelnen Implantaten auch ein umfangreicherer Knochenverlust beobachtet. Der Umfang des krestalen Knochenverlusts unterliegt interindividuellen Schwankungen. In den meisten Fällen zeigt der Verlust zudem eine nichtlineare Progression mit im zeitlichen Verlauf ansteigender Verlustrate<sup>10</sup>. Diese Progression ist

mit einer wirtsvermittelten Entzündung mit mikrobieller Komponente verbunden, die zur Resorption von Alveolarknochen und einem Verlust von Weichgewebeattachement am Implantat führt<sup>32</sup>. Neben diesen entzündlichen tragen auch nichtentzündliche Faktoren wie Knochenerkrankungen, schlecht eingestellter Diabetes mellitus und die Freisetzung von Titanpartikeln zum Knochenverlust bei<sup>29</sup>. Systematische Übersichtsarbeiten konnten zudem eine positive Assoziation zwischen okklusaler Überlastung und krestalem Knochenverlust zeigen, die besonders in Gegenwart einer Entzündung zu beobachten war<sup>11, 23</sup>.

Die genannten Erkenntnisse zu den entzündlichen und nichtentzündlichen Ursachen von periimplantärem Knochenabbau wurden größtenteils in Tier- und kurzfristigen klinischen Studien gewonnen. Für ein detaillierteres Verständnis werden aber auch klinische Langzeitstudien benötigt. Langfristige Untersuchungen von Implantatpatienten mit Parodontalerkrankungen scheinen geeignet, die entzündlichen und nichtentzündlichen Ursachen des Knochenverlusts zu bestimmen. In dieser Patientengruppe ist ein entzündlich bedingter Knochenverlust an den natürlichen Zähnen zu erwarten, und eine Abhängigkeit des Knochenverlusts von der Resttaschentiefe wurde in zahlreichen klinischen Studien nachgewiesen<sup>3, 27</sup>. Die Frage, ob diese Erkenntnisse auch auf Implantate übertragen werden können und ob der Knochenverlust an Implantaten und derjenige an natürlichen Zähnen verwandte oder voneinander unabhängige Prozesse sind, ist jedoch noch unbeantwortet. Insbesondere die Verlässlichkeit klinischer Parameter als Grundlage für die Verlaufsbeobachtung der periimplantären Situation und die diagnostische Genauigkeit der Sondierungstiefe (ST) und einer Blutung nach Sondierung (BNS) als klinische Indikatoren beim Monitoring von Implantaten und der Prävention periimplantärer Erkrankungen werden kontrovers diskutiert<sup>22</sup>.

Ziel dieser Langzeit-Kohortenstudie war es daher, den Zusammenhang zwischen krestalem Knochenverlust und ST an Zähnen und Implantaten zu untersuchen.

## MATERIAL UND METHODE

### Studienpopulation

Die eingeschlossenen 31 Patienten (21 Frauen, 10 Männer) im mittleren Alter von 48,3 Jahren (Spannweite 26 bis 29 Jahre) wurden an der Universitätszahnklinik der Philipps-Universität Marburg aufgrund einer Parodontalerkrankung behandelt. Eine detaillierte Beschreibung der Methoden und Materialien findet sich bereits an anderer Stelle<sup>21</sup>. Die Kriterien für die Eignung zur Teilnahme an der Studie wurden zwischen Oktober 2002 und Juli 2017 überprüft. Bei Studienbeginn litten 15 Patienten an generalisierter chronischer Parodontitis (GCP) mit einem jährlichen Knochenverlust von  $< 0,2$  mm an mehr als 30 %

der betroffenen Zahnflächen<sup>1</sup>, während bei den übrigen 16 Patienten generalisierte aggressive Parodontitis (GAP) mit  $> 0,2$  mm jährlichem Knochenverlust an mehr als 30 % der betroffenen Zahnflächen vorlag. Diese Diagnosen basierten auf den klinischen und radiologischen Befunden, die während der Recalltermine erhoben wurden, an denen die Patienten über einen Zeitraum von 2 bis 4 Jahren vor der Implantattherapie teilnahmen. Der aktuellen Definition der *American Academy of Periodontology* (AAP) und der *European Federation of Periodontology* (EFP) entsprechend erfolgte die Klassifikation der Patienten auf der Grundlage der Schwere und der Progression der Parodontalerkrankung<sup>25</sup>. Bezüglich des Schweregrads wurde kein Patient als Stadium I, 6 Patienten wurden als Stadium II, 15 Patienten als Stadium II und 10 Patienten als Stadium IV klassifiziert. Für die Progression fand sich bei keinem Patienten Grad A, bei 15 Patienten fand sich Grad B und bei 16 Patienten Grad C.

Die Behandlung der Patienten erfolgte nach den Prinzipien der Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes (in der Version IV, 2002). Die Studie wurde vor der ersten Untersuchung der Patienten von der lokalen Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Philipps-Universität genehmigt. Alle Teilnehmer wurden aufgeklärt und willigten schriftlich in die Teilnahme ein.

### Implantation und prothetische Versorgung

Die Patienten erhielten insgesamt 151 Implantate (Länge: 10 bis 15 mm, Durchmesser: 3,75 bis 5,00 mm) mit maschinierter (Brånemark MK II and III, Fa. Nobel Biocare) oder rauer Oberfläche (Nobel Replace Speedy, Fa. Nobel Biocare) (Tab. 1). Alle Implantate wurden epikrestal platziert. Bei 4 Patienten erfolgte zeitgleich mit der Implantation an insgesamt 13 Implantaten eine Augmentation der defekten vestibulären Knochenwand mit einem Mischtransplantat, bestehend aus am Operationssitus gewonnenem autogenem Knochen und einem xenogenen Knochersatzmaterial (Bio-Oss Spongiosa, Fa. Geistlich). Das Implantat und das Augmentat wurden jeweils mit einer xenogenen Membran (Bio-Gide, Fa. Geistlich) abgedeckt. Bei keinem der Implantate wurde eine der Implantation vorausgehende Knochen- oder Sinusbodenaugmentation durchgeführt.

Die Freilegungsoperationen fanden im Oberkiefer nach 6, im Unterkiefer nach 3 Monaten statt. Alle chirurgischen Eingriffe wurden von ein und demselben Parodontologen (R. M.) durchgeführt. Vier Wochen nach der Implantatfreilegung erhielten die Patienten Brücken- oder Einzelkronenversorgungen (Tab. 1). Die Einzelkronen wurden jeweils verschraubt, die Brücken zementiert. Alle Brücken und Kronen waren VMK-Restaurationen mit einem keramisch verblendeten Gerüst aus einer hochgoldhaltigen Legierung. Auch die prothetische Behandlung erfolgte an der Universitätszahnklinik der Philipps-Universität Marburg.

Tab.1 Studienpopulation

Eigenschaften		gesamt	GAP (n)	GCP (n)
Patienten	<i>alle Patienten</i>	31	16	15
	Geschlecht			
	weiblich	21	11	10
	männlich	10	5	5
	Alter			
	< 50 Jahre	18	12	6
	≥ 50 Jahre	13	4	9
Zähne	<i>alle Zähne</i>	669	321	348
	Kiefer			
	Oberkiefer	311	151	160
	Unterkiefer	358	170	188
Implantate	<i>alle Implantate</i>	151	94	57
	Oberfläche			
	maschiniert	91	69	22
	rau	60	25	35
	Kiefer			
	Oberkiefer	86	57	29
	Unterkiefer	65	37	28
	Knochenaugmentation			
	ja	13	4	9
	nein	138	90	48
	Knochenqualität*			
	1	13	11	2
	2	113	70	43
	3	25	13	12
	Knochenquantität*			
	A	7	5	2
	B	116	72	44
	C	24	17	7
	D	4	0	4
	Suprakonstruktion (Anzahl Implantate)			
	Brücken (n = 22)	63	58	5
	Einzelkronen	88	36	52

\*Qualität und Quantität des Knochens wurden nach Lekholm und Zarb<sup>15</sup> klassifiziert.

## UNTERSUCHUNGSPARAMETER

### Klinische Untersuchung

Bei jeder Nachuntersuchung wurden von erfahrenen Untersuchern mithilfe einer Parodontalsonde (UNC-15, Fa. Hu-Friedy) der Gingival-Index (GI)<sup>17</sup>, der Plaque-Index (PI)<sup>31</sup>, die ST und die BNS an 6 Stellen pro Zahn bzw. Implantat (mesiobukkal, bukkal, distobukkal, distopalatal/lingual, palatal/lingual, mesiopalatal/lingual) bestimmt. Insgesamt 10 Untersucher nahmen im Verlauf des Beobachtungszeitraums die klinischen Untersuchungen vor. Alle Untersucher wurden vor der Teilnahme an der Studie kalibriert, wozu sie doppelte Messungen an mindestens 50 Stellen bei mindestens 5 Patienten durchführten und bezüglich ihrer Intra- und Interrater-Reliabilität bewertet wurden (Korrelationskoeffizienten: 0,97 bis 0,98 bzw. 0,95 bis 0,97). Weitere Kalibrierungstermine fanden alle 12 Monate statt. Zusätzlich erfolgte

während der Implantatoperation eine Bewertung von Qualität und Quantität des Alveolarknochens<sup>15</sup>.

### Röntgenuntersuchung

Für die röntgenologische Verlaufsbeobachtung wurden von erfahrenen Radiologen standardisierte Einzelfilmaufnahmen in Langkonustechnik angefertigt, wobei das Rinn-System (XCP Instruments, Fa. Rinn) zum Einsatz kam. Geröntgt wurde unmittelbar nach Eingliederung der Suprakonstruktion (Baseline) sowie 1, 3, 5, 10, 15 und 20 Jahre danach. Von 2000 bis 2005 wurden analoge Röntgenbilder aufgenommen, die als Diapositive gerahmt und mithilfe eines Diascanners (Snap-Scan, Fa. Agfa) mit einer Auflösung von 675 dpi digitalisiert wurden. Nach 2005 wurde digital geröntgt (Planmeca, Fa. Planmeca). Alle Röntgenbilder wurden in digitaler Form unter Verwendung einer Software (Planmeca Romexis) von einem unabhängigen, verblindeten

Untersucher ausgewertet. Auch dieser Untersucher wurde vor Beginn der Auswertung kalibriert, indem für mindestens 50 Stellen bei mindestens 5 Patienten doppelte Messungen durchgeführt wurden und die Intrarater-Reliabilität bewertet wurde (Korrelationskoeffizienten: 0,96 bis 0,98 und 0,96 bis 0,97). Die Kalibrierung der Röntgenbilder selbst erfolgte anhand der Implantatlänge oder des Implantatgewindes. Für Implantate wurde mesial und distal der Abstand vom ersten Knochen-Implantat-Kontakt zur Implantat-Abutment-Verbindung (in mm) gemessen und zum Implantatgewinde ins Verhältnis gesetzt. An Zähnen wurde das mesiale und distale krestale Knochenniveau als prozentualer Anteil (%) der Distanz von der Schmelz-Zement-Grenze (SZG) zur Wurzelspitze gemessen.

## Nachbeobachtung

Die erste klinische Untersuchung fand unmittelbar nach Eingliederung der Suprakonstruktion (Baseline) statt. Anschließend wurden die Patienten über Zeiträume von 5 bis 20 Jahren zu 3- bis 6-monatlichen Recall-Terminen einbestellt (Tab. 2). Alle Patienten nahmen mindestens 5 Jahre an diesem Recall-Programm teil. Im Einzelnen wurden 24 Patienten mit 127 Implantaten 10 Jahre, 21 Patienten mit 116 Implantaten 15 Jahre und 12 Patienten mit 65 Implantaten 20 Jahre nachbeobachtet. Die Patienten folgten dem Recall-Programm bis zum Ende des jeweiligen Beobachtungszeitraums. Eine detaillierte Beschreibung der Messungen und Behandlungsmaßnahmen während der Nachbeobachtungstermine wurde bereits an anderer Stelle gegeben<sup>21</sup>.

## Statistische Auswertung

Alle Daten wurden in einer Datenbank am Koordinierungszentrum für Klinische Studien der Philipps-Universität Marburg gespeichert. Ihre Auswertung erfolgte mithilfe der Software R für Windows in der Version 3.6.3. Zunächst wurden die Daten mit Quantil-Quantil-Diagrammen und dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Da die Hypothese einer Normalverteilung verworfen werden musste, kamen nichtparametrische statistische Analyseverfahren zum Einsatz. Für alle Patientengruppen wurden die Mittelwerte der klinischen und röntgenologischen Parameter an den einzelnen Beobachtungszeitpunkten berechnet. Anschließend wurden die Überlebensraten der Zähne und Implantate mit dem Kaplan-Meier-Schätzer modelliert. Die Überlebensrate war definiert als Anteil der Zähne bzw. Implantate in situ und in Funktion. Der Vergleich der Überlebensraten erfolgte mithilfe des Log-Rank-Tests.

Für den Vergleich zwischen GAP- und GCP-Patienten sowie zwischen Implantaten mit maschinierter und rauer Oberfläche im Bezug auf den Knochenverlust und die ST kam der Mann-Whitney-U-Test zur Anwendung. Die Signifikanzen wurden mit der Bonferroni-Holm-Methode

**Tab. 2** Zahl der Patienten, Implantate und Zähne nach Beobachtungszeiträumen

Zeit (Jahre)	Patienten (n)	Implantate (n)	Zähne (n)
≥ 1	31	151	669
≥ 3	31	150	667
≥ 5	31	149	661
≥ 10	24	127	472
≥ 15	21	116	417
> 20	12	65	229

korrigiert. Das Alpha-Niveau der Studie war mit  $p = 0,05$  angesetzt. Für die Korrelationsanalyse wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman ( $r_s$ ) verwendet: Bei einem Wert von  $r_s \geq 0,5$  wurde für den entsprechenden Zeitpunkt von einer Korrelation ausgegangen, während ein Wert von  $r_s < 0,5$  zeigte, dass keine Korrelation vorlag.

## ERGEBNISSE

### Patientenprofil

Keiner der Patienten ging der Nachbeobachtung verloren und alle Patienten wurden über mindestens 5 Jahre nachuntersucht (Tab. 2). Keiner der Patienten rauchte, konsumierte Alkohol oder litt an systemischen Erkrankungen. Alle Teilnehmer wiesen eine hervorragende Mundhygiene auf und erschienen regelmäßig zu den Nachuntersuchungen.

### Überlebensraten der Implantate und Zähne

Während des Beobachtungszeitraums mussten 9 Implantate bei 5 Patienten entfernt werden (davon 5 mit maschinierter, 4 mit rauer Oberfläche). Hiervon gingen bei zwei GAP-Patienten insgesamt 5 Implantate verloren: Ein Implantat musste aufgrund von Periimplantitis im ersten Jahr entfernt werden; ferner wurden nach 20 Jahren 1 Implantat aufgrund einer Fraktur sowie 3 Implantate aufgrund von Periimplantitis entfernt. Die 4 übrigen Implantate gingen bei 3 GCP-Patienten verloren, hiervon 3 aufgrund einer Implantatfraktur (nach 3 bzw. 6 Jahren) sowie 1 aufgrund von Periimplantitis (nach 20 Jahren). Die Differenz zwischen den Implantatüberlebensraten der GAP- und der GCP-Patienten war nicht signifikant ( $p = 0,07$ ).

Von den insgesamt 669 Zähnen aller Patienten mussten während des Beobachtungszeitraums 18 Zähne entfernt werden. Hiervon wurden 8 Zähne bei 3 GAP-Patienten jeweils aufgrund einer apikalen Parodontitis nach 3 bzw. 20 Jahren entfernt, während 10 Zähne bei 4 GCP-Patienten nach 1, 3, 14 bzw. 20 Jahren infolge einer apikalen Parodontitis, Karies oder Zahnfraktur verloren gingen.

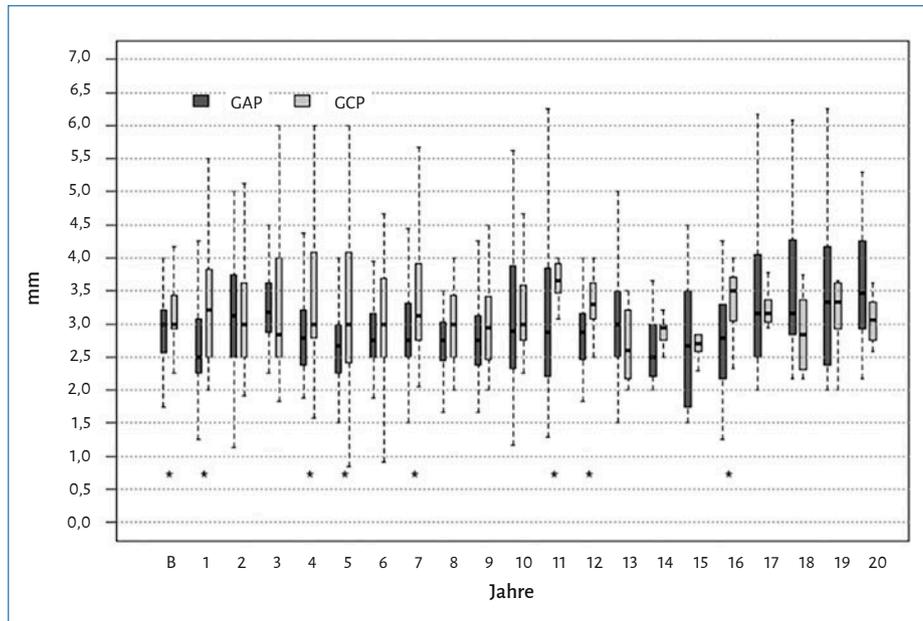


Abb. 1 Sondierungstiefen an den Implantaten. (Signifikante Gruppendifferenzen gemäß Mann-Whitney-U-Test sind mit „\*“ gekennzeichnet.)

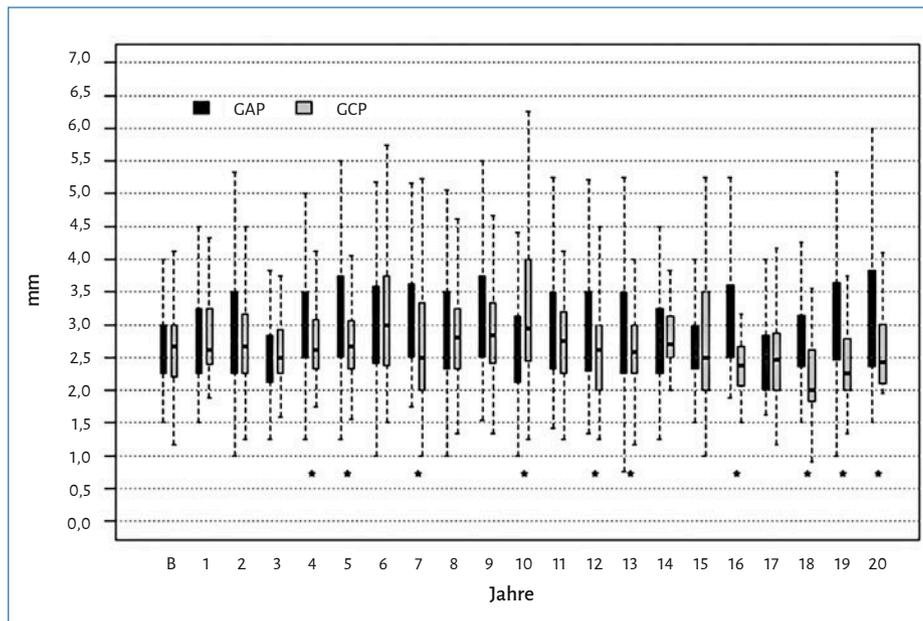


Abb. 2 Sondierungstiefen an den Zähnen. (Signifikante Gruppendifferenzen gemäß Mann-Whitney-U-Test sind mit „\*“ gekennzeichnet.)

Die 20-Jahres-Überlebensraten der Implantate (94,0 %) und der Zähne (97,3 %) aller Patienten waren nicht signifikant voneinander verschieden ( $p = 0,68$ ).

### Klinische Parameter

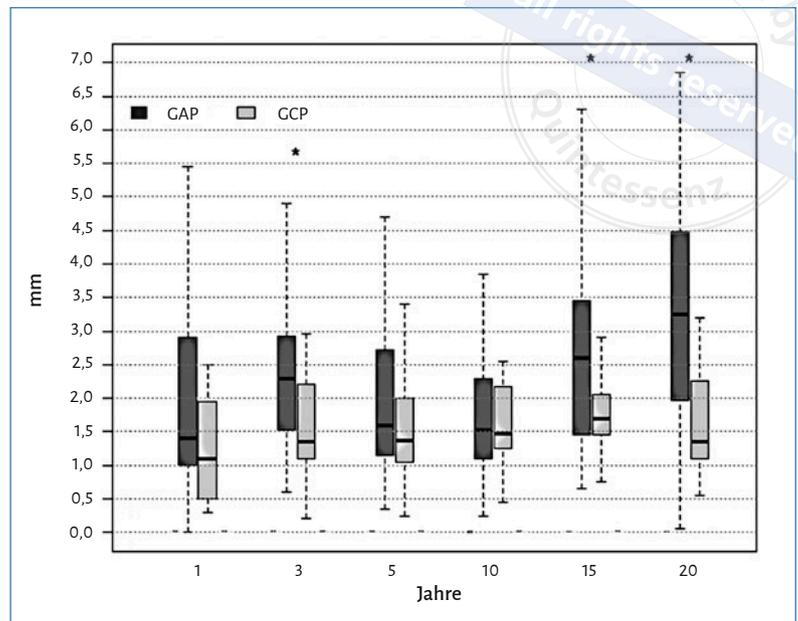
Die mittlere ST an Zähnen und Implantaten blieb bei allen Patienten stabil und lag während des gesamten Beobachtungszeitraums bei  $< 5$  mm (Abb. 1 und 2). Allerdings fand sich bei 18,6 % der Implantate und 15,3 % der Zähne an mindestens einer der 6 gemessenen Stellen während des Beobachtungszeitraums eine ST von  $\geq 5$  mm. Der Vergleich

zwischen Zähnen und Implantaten ergab eine signifikant größere mittlere ST an den Implantaten ( $p < 0,001$ ). Dagegen fand sich für die ST weder an Zähnen noch an Implantaten ein klar signifikanter Unterschied zwischen GCP- und GAP-Patienten.

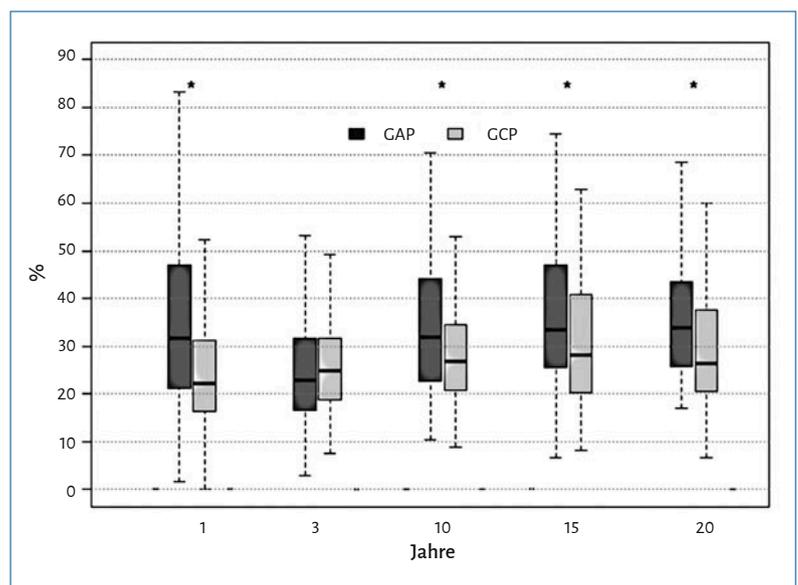
Der mittlere PI und GI an Zähnen und Implantaten lag bei allen Patienten während des beobachteten Zeitraums bei  $< 1,1$ . Weder zwischen Zähnen und Implantaten noch zwischen GAP- und GCP-Patienten fanden sich dabei signifikante Unterschiede.

Ferner wurden bei den klinischen Parametern weder zwischen Implantaten mit rauer bzw. maschinierter Oberfläche noch zwischen Ober- und Unterkieferimplantaten signifikante Unterschiede

**Abb. 3** Krestaler Knochenverlust an den Implantaten (in mm). (Signifikante Gruppendifferenzen gemäß Mann-Whitney-U-Test sind mit „\*“ gekennzeichnet.)



**Abb. 4** Krestaler Knochenverlust an den Zähnen (in %). (Signifikante Gruppendifferenzen gemäß Mann-Whitney-U-Test sind mit „\*“ gekennzeichnet.)



beobachtet. Auch alters- und geschlechtsbezogen waren für die klinischen Parameter weder an Zähnen noch an Implantaten signifikante Unterschiede festzustellen.

### Krestaler Knochenverlust

An Implantaten lag der über alle Patienten gemittelte krestale Knochenverlust ein Jahr nach Eingliederung der Suprakonstruktion bei  $1,77 \pm 1,34$  mm. Ein Verlust von  $<1$  mm war bei 43,1%, ein Verlust von  $\geq 1$  mm bei 56,9% der Implantate zu beobachten. In den Folgejahren war an fast allen Implantaten ein leichter Verlust von krestalem

Knochen zu verzeichnen, der bei den GAP-Patienten nach 3, 15 und 20 Jahren signifikant größer ausfiel (Abb. 3). An 5 Implantaten (davon 2 bei GCP, 3 bei GAP-Patienten) trat ein jährlicher Knochenverlust von  $> 0,2$  mm auf, und die Implantate mussten nach 5, 10 bzw. 15 Jahren entfernt werden. An den Zähnen dieser Patienten war kein vermehrter Knochenverlust zu beobachten. Die Zähne aller Patienten wiesen während des Beobachtungszeitraums einen leichten krestalen Knochenverlust auf, der bei GAP-Patienten nach 1, 10, 15 und 20 Jahren signifikant größer war (Abb. 4). Der Unterschied zwischen dem mittleren Knochenverlust an Zähnen und dem an Implantaten war nur für die 3-Jahres-Werte signifikant, wobei der periimplantäre Verlust größer

war. Weder für die Zähne noch für die Implantate fand sich eine Korrelation zwischen dem krestalen Knochenverlust und der ST. Ferner bestand weder zwischen Implantaten mit rauer und solchen mit maschinierter Oberfläche noch zwischen Ober- und Unterkieferimplantaten ein signifikanter Unterschied. Und schließlich hatten weder das Patientenalter noch Knochenqualität und -quantität oder das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf den Knochenverlust an Zähnen und Implantaten.

## DISKUSSION

Mehrere systematische Übersichtsarbeiten stellen die ST und die BNS an Implantaten als valide Prädiktoren für die Krankheitsprogression und das Erkennen von Parodontalerkrankungen infrage<sup>4,5</sup>. Sie kommen darüber hinaus zu dem Schluss, dass eine Sondierung an Implantaten nicht zu empfehlen ist, da sie die Weichgewebebarriere beschädigt und eine bakterielle Entzündung fördern kann, die zum Knochenverlust führt. Diese Annahme wird durch klinische Langzeitstudien gestützt, die keine Korrelation zwischen krestalem Knochenverlust, ST und BNS an Implantaten finden<sup>7</sup>. Andere Studien belegen demgegenüber eine starke Korrelationen zwischen der ST und dem Knochenverlust bei Periimplantitis<sup>9,30</sup>. In einer retrospektiven Langzeitstudie über 9 bis 14 Jahre an Patienten mit Periimplantitis (Knochenverlust  $\geq 1,8$  mm) war die ST positiv mit dem Knochenverlust assoziiert<sup>28</sup>. Auch dem Vorliegen/Fehlen von BNS wurde ein prognostischer Wert beigemessen, da eine Assoziation mit der Verschlechterung (oder Stabilität) von periimplantären Erkrankungen beobachtet wurde<sup>6, 8, 14, 18</sup>. Dagegen kam eine systematische Übersichtsarbeit zu dem Ergebnis, dass BNS bei Periimplantitis nur an 1 von 4 Implantaten und bei 1 von 3 Patienten zu beobachten ist<sup>13</sup>.

In der vorliegenden Kohortenstudie wurden bei fast allen teilnehmenden Patienten, die eine behandelte parodontale Erkrankung aufwiesen, mit einer festsitzenden Suprakonstruktion versorgt waren und in einem engmaschigen Recall behandelt wurden, während des gesamten Beobachtungszeitraums an Implantaten ST von  $< 5$  mm gemessen. Trotz dieser moderaten ST nahm der periimplantäre Knochenverlust ohne Korrelation mit der ST kontinuierlich zu, insbesondere bei Patienten mit fortgeschrittener Parodontitis. Diese Ergebnisse zeigen, dass sich an periimplantär gesunden Implantaten ein moderater, von der ST unabhängiger Knochenverlust findet. Allerdings wiesen einige wenige Patienten ( $n = 5$ ) an jeweils einem Implantat ST von  $\geq 5$  mm und einen jährlichen Knochenverlust von  $\geq 0,2$  mm auf. Das heißt, im Fall von Periimplantitis kann eine Korrelation zwischen Knochenverlust und ST nicht ausgeschlossen werden.

Für Zähne wurde in klinischen Studien eine Korrelation der ST ( $\geq 6$  mm) mit der Progression von Parodontalerkrankungen nachgewiesen<sup>19</sup>. Tiefe Taschen sind anfälliger für eine Besiedelung mit pathogenen Keimen, die eine Weichgewebeeinfektion und in der Folge einen Knochenverlust verursachen können<sup>16</sup>. Leider finden sich bislang nur

wenige Untersuchungen zur Korrelation zwischen krestalem Knochenverlust und ST an Zähnen und Implantaten derselben Patientenkohorte. Insbesondere interessiert dabei die Frage, ob bei Teilbezahnten der Knochenverlust an Implantaten und der Knochenverlust an Zähnen voneinander abhängige oder unabhängige Phänomene sind. In einer prospektiven 3-Jahres-Studie der Autoren dieses Beitrags wurden parodontal gesunde und parodontal behandelte Patienten, die festsitzende implantatgetragene Suprakonstruktionen erhalten hatten, in eine unterstützende parodontale/periimplantäre Therapie eingebunden<sup>20</sup>. In beiden Gruppen traten biologische Komplikationen im Sinne eines Attachmentverlusts an Implantaten in größerem Umfang auf als an Zähnen. Auch in einer retrospektiven Studie über 10 Jahre fand sich bei parodontal gesunden wie bei parodontal behandelten Patienten jeweils innerhalb desselben Gebisses mehr Knochenverlust an Implantaten als an Zähnen<sup>26</sup>. Diese Beobachtungen stimmen mit den Ergebnissen einer Untersuchung an Patienten mit Implantaten und Zähnen im selben Kieferabschnitt überein<sup>2</sup>: Der mittlere Nachbeobachtungszeitraum betrug  $5,7 \pm 1,6$  Jahre, und es standen Röntgenaufnahmen der Situation 1 Jahr und  $\geq 3$  Jahre nach der Implantatbelastung zur Verfügung. In den restaurierten Kiefersegmenten trat ein stärkerer Knochenverlust ( $> 1$  mm) bei einigen Patienten (18 %) ausschließlich an Implantaten, bei anderen Patienten (11 %) ausschließlich an Zähnen und bei einer sehr kleinen Zahl von Patienten (3 %) sowohl an Zähnen als auch an Implantaten auf. Alle genannten Studien deuten darauf hin, dass der krestale Knochenverlust an Implantaten und der an Zähnen voneinander unabhängige Phänomene sind. In der vorliegenden Kohortenstudie wurde bei fast allen Patienten sowohl an Implantaten als auch an Zähnen ein moderater krestaler Knochenverlust ohne Anzeichen einer Entzündung festgestellt. Wenige Patienten ( $n = 5$ ) wiesen einen jährlichen Knochenverlust von  $\geq 0,2$  mm mit ST von  $\geq 5$  mm auf, und dies ausschließlich an Implantaten. Bei parodontal und periimplantär gesunden Patienten scheinen der krestale Knochenverlust an Zähnen und derjenige an Implantaten voneinander abhängige Phänomene zu sein. Unter pathologischen Bedingungen dagegen könnten der Knochenverlust an Implantaten und derjenige an Zähnen voneinander unabhängig sein und mit der ST korrelieren.

Aufgrund der geringen Stichprobengröße dieser Studie – insbesondere bei den späteren Nachbeobachtungsterminen – sollten diese Ergebnisse zurückhaltend interpretiert werden. Zusätzlich kann der Umstand, dass keine individuellen Bissregistrare verwendet wurden, da deren langfristige Passgenauigkeit nicht gegeben ist, zu Abweichungen bei den röntgenologischen Messungen geführt haben. Des Weiteren können nicht erfasste Faktoren wie die Weichgewebedicke, die Breite des keratinisierten Gewebes, ungünstige Abstände zwischen Implantaten und Zähnen oder der parodontale Phänotyp die Ergebnisse beeinflusst haben. Die Genauigkeit der ST-Messungen kann durch untersucherbezogene Faktoren, etwa die Richtung, den Winkel und die

Kraft der Sondierung, beeinträchtigt worden sein<sup>22</sup>. Ferner ist auch das prothetische Emergenzprofil ein Faktor, der den diagnostischen Wert der ST beeinflusst.

Trotz dieser Einschränkungen kann festgehalten werden, dass bei fast allen Patienten dieser Studie über den Beobachtungszeitraum ein kontinuierlicher krestaler Knochenverlust an Zähnen und Implantaten stattfand, der keine Korrelation mit der ST zeigte. Der Grund für diesen moderaten Knochenverlust sollte in weiteren Studien untersucht werden. Eine entzündliche Ursache schien nicht vorzuliegen, aber die okklusale Belastung könnte eine wichtige Rolle spielen. Eine weitere Erkenntnis aus dieser Studie ist, dass sich die Messung der ST an Implantaten eignet, um zwischen periimplantärer Gesundheit und einem pathologischen Zustand zu unterscheiden. Tiefe periimplantäre Taschen können ähnlich wie tiefe parodontale systemische Auswirkungen haben, wenn es nach Bildung eines Biofilms zur bakteriellen Invasion durch das Gewebe in den Blutkreislauf kommt<sup>12</sup>. Daher ist es notwendig, die ST an Implantaten zu messen, um Patienten mit tiefen Taschen zuverlässig erkennen, vor systemischen Folgen schützen und möglichst frühzeitig einer geeigneten Behandlung zuführen zu können.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

In der vorliegenden Langzeitstudie an Patienten mit behandelten Parodontalerkrankungen und implantatgetragenen Kronen und Brücken, die in einem engen Recall-Programm behandelt wurden, war an den Implantaten und Zähnen ein moderater krestaler Knochenverlust zu beobachten, der keine Korrelation mit der Sondierungstiefe zeigte. Einige wenige Patienten wiesen einen progressiven Knochenverlust an jeweils nur einem Implantat auf, der mit der Sondierungstiefe korreliert.

## HINWEISE

Die Behandlung der Patienten wurde durch ein Forschungsstipendium der Philipps-Universität Marburg unterstützt.

Die Autoren erklären, dass keinerlei potenzielle Interessenkonflikte im Zusammenhang mit der Autorschaft und/oder Publikation dieses Artikels vorliegen.

Die Daten zu den Befunden dieser Studie sind auf begründete Anfrage beim Kontaktautor erhältlich.

## LITERATUR

1. Armitage GC: Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *J Periodontol* 1999; 4: 1–6
2. Cecchinato D, Marino M, Lindhe J: Bone loss at implants and teeth in the same segment of the dentition in partially dentate subjects. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28: 626–630
3. Claffey N, Egelberg J: Clinical indicators of probing attachment loss following initial periodontal treatment in advanced periodontitis patients. *J Clin Periodontol* 1995; 22: 690–696
4. Coli P, Christiaens V, Sennerby L, De Bruyn H: Reliability of periodontal diagnostic tools for monitoring peri-implant health and disease. *Periodontol 2000* 2017; 73: 203–217
5. Coli P, Sennerby L: Is peri-implant probing causing over-diagnosis and over-treatment of dental implants? *J Clin Med* 2019; 8: 1123
6. Costa FO, Takenaka-Martinez S, Cota LOM, Ferreira SD, Silva GL M, Costa JE: Peri-implant disease in subjects with and without preventive maintenance: a 5-year follow-up. *J Clin Periodontol* 2012; 39: 173–181
7. Dierens M, Vandeweghe S, Kisch J, Nilner K, De Bruyn H: Long-term follow-up of turned single implants placed in periodontally healthy patients after 16–22 years: radiographic and peri-implant outcome. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23: 197–204
8. Farina R, Filippi M, Brazzioli J, Tomasi C, Trombelli L: Bleeding on probing around dental implants: a retrospective study of associated factors. *J Clin Periodontol* 2017; 44: 115–122
9. Fransson C, Tomasi C, Pikner SS et al.: Severity and pattern of peri-implantitis-associated bone loss. *J Clin Periodontol* 2010; 37: 442–448
10. Fransson C, Wennström J, Berglundh T: Clinical characteristics at implants with a history of progressive bone loss. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 142–147
11. Fu JH, Hsu YT, Wang HL: Identifying occlusal overload and how to deal with it to avoid marginal bone loss around implants. *Eur J Oral Implantol* 2012; 5 (Suppl): 91–103
12. Genco RJ, Borgnakke W: Risk factors for periodontal disease. *Periodontol 2000* 2013; 62: 59–94
13. Hashim D, Cionca N, Combesure C, Mombelli A: The diagnosis of peri-implantitis: a systematic review on the predictive value of bleeding on probing. *Clin Oral Implants Res* 2018; 29 (Suppl 16): 276–293
14. Jepsen S, Berglundh T, Genco R et al.: Primary prevention of periimplantitis: managing peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol* 2015; 42(Suppl 16): 152–157
15. Lekholm U, Zarb GA: Tissue integrated prosthesis: osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence Publishing, 1985
16. Lindhe J, Okamoto H, Yoneyama T, Haffajee A, Socransky SS: Periodontal loser sites in untreated adult subjects. *J Clin Periodontol* 1989; 16: 671–678
17. Löe H, Silness J: Periodontal disease in pregnancy. I: prevalence and severity. *Acta Odontol Scand* 1963; 21: 533–551
18. Luterbacher S, Mayfield L, Brägger U, Lang NP: Diagnostic characteristics of clinical and microbiological tests for monitoring periodontal and peri-implant mucosal tissue conditions during supportive periodontal therapy (SPT). *Clin Oral Implants Res* 2000; 11: 521–529
19. Matuliene G, Pjetursson BE, Salvi GE et al.: Influence of residual pockets on progression of periodontitis and tooth loss: Results after 11 years of maintenance. *J Clin Periodontol* 2008; 35: 685–695
20. Mengel R, Flores-de-Jacoby L: Implants in patients treated for generalized aggressive and chronic periodontitis: a 3-year prospective longitudinal study. *J Periodontol* 2005; 76: 534–543
21. Mengel R, Wendt J, Peleska B: Prosthodontic treatment outcomes in periodontally compromised patients: a 6- to 20-year long-term cohort study. *Int J Prosthodont* 2019; 32: 153–161
22. Monje A, Amerio E, Farina R et al.: Significance of probing for monitoring peri-implant diseases. *Int J Oral Implantol* 2021; 14: 385–399
23. Naert I, Duyck J, Vandamme K: Occlusal overload and bone/implant loss. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23 (Suppl 6): 95–107
24. Oh TJ, Yoon J, Misch CE, Wang HL: The causes of early implant bone loss: myth or science? *J Periodontol* 2002; 73: 322–333
25. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N et al.: Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol* 2018; 89 (Suppl 1): 173–182
26. Rasperini G, Siciliano VI, Cafiero C, Salvi GE, Blasi A, Aglietta M: Crestal bone changes at teeth and implants in periodontally healthy and periodontally compromised patients. A 10-year comparative case-series study. *J Periodontol* 2014; 85: 152–159
27. Renvert S, Persson GR: A systematic review on the use of residual probing depth, bleeding on probing and furcation status following initial periodontal therapy to predict further attachment and tooth loss. *J Clin Periodontol* 2002; 29: 82–91

28. Roos-Jansaker AM, Lindahl C, Renvert H, Renvert S: Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part II: presence of peri-implant lesions. *J Clin Periodontol* 2006; 33: 290–295
29. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL: Peri-implantitis. *J Clin Periodontol* 2018; 45 (Suppl 20): 246–266
30. Serino G, Turri A, Lang NP: Probing at implants with peri-implantitis and its relation to clinical peri-implant bone loss. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24: 91–95
31. Silness J, Loe H: Periodontal disease in pregnancy. II: correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontol Scand* 1964; 22: 121–135
32. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS: Staging and grading of periodontitis: framework and proposal of a new classification and case definition. *J Periodontol* 2018; 89 (Suppl 1): 159–172

## Correlation between crestal bone loss and PPD at teeth and implants: a 5- to 20-year long-term cohort study in patients with treated periodontal disease

**Key words:** aggressive periodontitis, chronic periodontitis, crestal bone loss, dental implants, probing depths

**Objective:** The correlation between crestal bone loss at teeth and probing pocket depth (PPD) has been established. Whether these findings can also be applied to implants is not known. The objective of this study was to determine the correlation between crestal bone loss and PPD at teeth and implants. **Method and materials:** Thirty-one periodontitis-susceptible patients were rehabilitated with fixed implant-supported single crowns and fixed partial dentures. Each patient was examined over a 5- to 20-year period in a 3- to 6-month strict recall program. At each session, periodontal clinical parameters were recorded at teeth and implants. In addition, standardized periapical radiographs were taken after superstructure insertion (baseline) and then at 1, 3, 5, 10, 15, and 20 years. **Results:** The survival rate of implants (94.0%) and teeth (97.3%) did not significantly differ in all patients after 20 years ( $p = .68$ ). Almost all patients had a PPD  $\geq 5$  mm at implants and teeth throughout the observation period. The crestal bone loss at implants and teeth increased continuously, especially in patients with advanced periodontitis, without a correlation with PPD. A few patients ( $n = 5$ ) had a PPD  $\geq 5$  mm and annual bone loss  $\geq 0.2$  mm at one implant, with a correlation between bone loss and PPD. **Conclusion:** In healthy implants and teeth, moderate crestal bone loss is present without correlation with PPD. A few patients showed progressive crestal bone loss at only one implant, with a correlation with PPD.



**Reiner Mengel**

**Prof. Dr. Reiner Mengel** Abteilung für Orofaziale Prothetik und Funktionslehre, Medizinisches Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Philipps-Universität Marburg, Deutschland

**Dr. Cora-Sophia von Rosen** Abteilung für Orofaziale Prothetik und Funktionslehre, Medizinisches Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Philipps-Universität Marburg, Deutschland

**Martin Mogk** moreDATA GmbH, Gießen, Deutschland

**Dr. Miriam Thöne-Mühling** Abteilung für Orofaziale Prothetik und Funktionslehre, Medizinisches Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Philipps-Universität Marburg, Deutschland

**Kontakt:** Prof. Dr. Reiner Mengel, Abteilung für Orofaziale Prothetik und Funktionslehre, Medizinisches Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Philipps-Universität Marburg, Georg-Voigt Str. 3, 35039 Marburg, E-Mail: [mengel@mail.uni-marburg.de](mailto:mengel@mail.uni-marburg.de)

Abb. 1 bis 4 und Porträtfoto: R. Mengel

# Kennen Sie schon unsere Podcasts?



Uwe Diedrichs, Julia Myrau, Daniel R. Reißmann

# Materialkompass festsitzender Zahnersatz – Innovation vs. Evidenz. Ein Leitfaden für die Praxis

**Indizes:** klinische Langzeitbewährung, Kronen und Brücken, Materialauswahl, Metallkeramik, Vollkeramik

**Zusammenfassung:** Das Angebot an Materialien für festsitzenden Zahnersatz hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten rasant entwickelt. Neben den bewährten metallbasierten Restaurationen steht eine Vielzahl vollkeramischer Materialien zur Verfügung. Insbesondere im Bereich der Zirkoniumdioxidkeramik ist es zu hochfrequenten Modifikationen gekommen.

Diese Übersichtsarbeit soll eine Orientierung im „Materialschunzel“ geben, wobei die Entwicklung, die technischen Eigenschaften bekannter und neuer Materialien sowie deren indikationsbezogene klinische Bewährung betrachtet werden. Unter Berücksichtigung weiterer praxisrelevanter Aspekte wie der finanziellen Möglichkeiten und des ästhetischen Anspruchs der Patienten wurden Entscheidungsbäume entwickelt, um die Materialauswahl zu vereinfachen.

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten

Bei der Entscheidung für das „richtige“ Material in der jeweiligen Behandlungssituation sind verschiedenste Aspekte zu berücksichtigen. Dieses Review bietet Fakten und Strukturen für einen evidenz- und patientenorientierten Auswahlprozess an.

## HINTERGRUND

### Prothetischer Versorgungsbedarf in Deutschland

Welche Relevanz hat festsitzende Prothetik in der heutigen Zahnmedizin? Die fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V) zeigt eine abnehmende Prävalenz von Karies und Parodontitis in der Gruppe der jüngeren Erwachsenen (35 bis 44 Jahre)<sup>36</sup>. Senioren besitzen folglich immer länger ihre eigenen Zähne, und der Anteil der komplett zahnlosen 65- bis 74-Jährigen nimmt ab. Damit einhergehend geht der Anteil an herausnehmbarem Zahnersatz zurück, während der Bedarf an festsitzendem Zahnersatz wächst. Die DMS V zeigt auch, dass in der Gruppe der jüngeren Erwachsenen bereits fast jeder Zweite eine Vollkrone und jeder Fünfte eine Krone als Brückenanker trägt. Somit ist die

festsitzende Prothetik nach wie vor ein wichtiger Behandlungsschwerpunkt in der Praxis.

Dies spiegelt sich auch in den Ausgaben der Krankenkassen wider. Im Jahr 2021 betragen die Ausgaben der gesetzlichen Krankenkassen für prothetische Leistungen rund vier Milliarden Euro<sup>11</sup>. Bei den privaten Krankenkassen wurden 8,2% des zahnärztlichen Honorars für reine prothetische Leistungen ausgegeben. Insgesamt wurden in Deutschland 2020 rund 4,81 Millionen Kronen eingesetzt; umgerechnet 18.800 Kronen pro Arbeitstag<sup>11</sup>. Vergleicht man die Gesamtausgaben für Zahnersatz nach Regelversorgung, gleich- und andersartiger Leistung, so stellt man fest, dass die Ausgaben für die „gleichartige Versorgung“ mit 4,3 Milliarden Euro nicht nur den größten Ausgabenblock bilden, sondern in den vergangenen Jahren auch am stärksten zugenommen haben<sup>94</sup>. Da die „gleichartige Versorgung“ bei festsitzendem Zahnersatz meist in einer vollverblendeten oder vollkeramischen Restauration statt einer edelmetallfreien Versorgung besteht, kann man davon ausgehen, dass zahnfarbener, vollverblendeter oder vollkeramischer Zahnersatz eine große wirtschaftliche Relevanz hat.

### Versorgungsrealität und Materialauswahl in der täglichen Praxis

Eine aktuelle Onlinebefragung bei niedergelassenen Zahnärzten zu Materialien für Einzelkronen lässt auf eine gewisse Unsicherheit bezüglich der Materialeigenschaften und der Indikationen bei der Materialauswahl für

#### Manuskript

Eingang: 18.11.2023

Annahme: 02.02.2024

festsitzenden Zahnersatz schließen<sup>60</sup>. So zeigte die Umfrage, dass bei einer subgingivalen Präparationsgrenze signifikant häufiger verblendete Restaurationen aus einer edelmetallfreien Legierung (EMF) und seltener Vollkeramik verwendet wurden als bei supragingivaler Präparation. Lediglich 4,8 % der Studienteilnehmer der Onlinebefragung konnten keine Angaben zu den verwendeten Materialien machen, und 7,8 % trugen statt der genauen Werkstoffklasse der von ihnen verwendeten Keramik Hersteller oder Markennamen in den Freitext ein<sup>60</sup>.

In einer 2019 durchgeführten Befragung von 1.000 zufällig ausgewählten Zahnärzten in der Praxis wurde nicht nur ermittelt, welche Materialien für festsitzenden Zahnersatz verwendet wurden, sondern auch, welche Faktoren die Materialentscheidung beeinflussten<sup>14</sup>. Für einen Großteil der Befragten war die eigene Erfahrung mit dem Werkstoff ausschlaggebend. Die Hälfte gab den Patientenwunsch als sehr wichtig an, und für immerhin ein Fünftel war die Empfehlung ihres Dentaldepots ein Entscheidungsfaktor. Überlebensraten in Langzeitstudien und evidenzbasierte Leitlinien standen als Antwortmöglichkeit nicht zur Auswahl. 2021 wurden neue Ergebnisse der Praxisbefragung zur Materialauswahl veröffentlicht<sup>15</sup>. Dabei zeigte sich ein deutlicher Trend zum Zirkoniumdioxid, aus dem 2015 noch 35 %, 2021 schon 49 % aller eingesetzten Restaurationen angefertigt wurden. Etwas mehr als die Hälfte der Arbeiten wurde 2021 verblendet, der Rest monolithisch hergestellt. Ihr Verhältnis hat sich von 2015 mit 9 % monolithischen und 26 % verblendeten Restaurationen deutlich zugunsten der monolithischen verändert. Verblendete Nichtedelmetallrestaurationen folgten mit 18 % auf dem dritten Rang, Lithiumdisilikat mit 17 % auf dem vierten. Hybridmaterialien, Glaskeramik und Edelmetall wurden mit 2–3 % weitaus seltener verarbeitet.

Eine weitere, 2016 publizierte Studie bei Zahnärzten in den USA untersuchte ebenfalls die Materialentscheidungen bei Einzelzahnkronen und mögliche Faktoren, die diese Entscheidung beeinflussten<sup>43</sup>. Sie ergab, dass im Seitenzahnbereich jeweils zirka ein Drittel aller Restaurationen aus Metallkeramik und monolithischem Zirkoniumdioxid gefertigt, im Frontzahnbereich überwiegend Lithiumdisilikat, jedoch auch verblendetes Zirkoniumdioxid und leuzitverstärkte Glaskeramik eingesetzt wurden. Es wurden auch umfangreiche Daten zu den Behandlern erfasst. Einige dieser Faktoren zeigten einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem verwendeten Material. Beispielsweise wurden in Praxen mit starker Patientenauslastung mehr Kronen aus einer edelmetallfreien Legierung (EMF) angefertigt. Die Art der Behandlungseinrichtung scheint ebenfalls eine Rolle zu spielen. In inhabergeführten Praxen wurden für den Seitenzahnbereich bevorzugt monolithische Zirkoniumdioxidkronen empfohlen, während in staatlichen und kommunalen Gesundheitszentren oder Universitätskliniken am häufigsten metallkeramische Kronen ausgewählt wurden. Auch das Jahr des Studienabschlusses war ein wichtiger Faktor. So zeigte sich bei einer Befragung unter deutschen Zahnärzten zu dreigliedrigen Brücken, dass die

Zahnärzte, deren Studienabschluss weniger als 15 Jahre zurücklag, sich häufiger für eine metallfreie Brücke entschieden als Kollegen mit einem mehr als 15 Jahre zurückliegendem Studienabschluss<sup>59</sup>.

Die bisherigen Studienergebnisse zeigen, dass es eine große Bandbreite in der Versorgung mit festsitzendem Zahnersatz gibt und dass die Materialauswahl von vielen, durchaus auch nichtmedizinischen Faktoren beeinflusst wird. Die Kenntnis der Materialeigenschaften und die Beachtung von klinischen Studien und Langzeitresultaten sollten in diesem Punkt eine stärkere Beachtung finden.

## ENTWICKLUNG DER RESTAURATIONS MATERIALIEN

### Metallische Werkstoffe

Metallische Werkstoffe, vor allem Gold und seine Legierungen, weisen wohl die längste Vergangenheit unter den Materialien für festsitzenden Zahnersatz auf. Archäologische Funde zeigen die Verwendung von Golddrähten und -bändern zur Befestigung von ausgefallenen Zähnen an den Nachbarzähnen bereits vor zirka 2.500 Jahren bei den Phöniziern und Etruskern.

Wesentliche Fortschritte konnten in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch Legierungen von Gold mit Silber, Platin und Palladium zur Festigkeitssteigerung, durch den Einsatz von Abformverfahren und durch Verlötungen von Blechen auf Goldbasis mit gestanzten Kauflächen (Ring-Deckel-Krone) erzielt werden. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts revolutionierte die Einführung erster Metallgussverfahren den Einsatz dieser Werkstoffe und erweiterte das Indikationsspektrum nach und nach deutlich, auch in Richtung Brückenzahnersatz. Mittels Retentionsperlen oder -kästen konnten Acrylatverblendungen aufgebracht werden. In den 1950er- und 1960er-Jahren führten die indikationsorientierte Diversifizierung von Legierungen, der Präzisionsguss, die Entwicklung von aufeinander abgestimmten Aufbrennlegierungen und Keramikmassen sowie das Vakuumaufbrennverfahren zu einem Standard der metallischen bzw. metallkeramischen Restaurationen, der dem heutigen schon sehr nahe kam. Von 1960 bis 1980 stieg der Goldpreis um das 17-Fache. Diese rasante Verteuerung beschleunigte die Entwicklung weiterer Legierungstypen, beispielsweise goldreduzierter Legierungen, Legierungen auf Palladiumbasis und nicht zuletzt auch edelmetallfreier Legierungen. Diese hochprozentig chromhaltigen Legierungen auf Nickel- oder Kobaltbasis fanden, begleitet von den zahlreichen bahnbrechenden Untersuchungen Webers<sup>97</sup> und der Einführung der befundbezogenen Festzuschüsse 1989 bei Zahnersatzleistungen der deutschen gesetzlichen Krankenversicherungen, schnell als Alternative zu Edelmetalllegierungen Zugang in die tägliche Praxis.

Im Jahr 2007 waren über 1.400 Dentallegierungen in Deutschland für die unterschiedlichen Indikationen zugelassen<sup>10</sup>. Die aufbrennfähigen und nicht aufbrennfähigen Edelmetalllegierungen sind

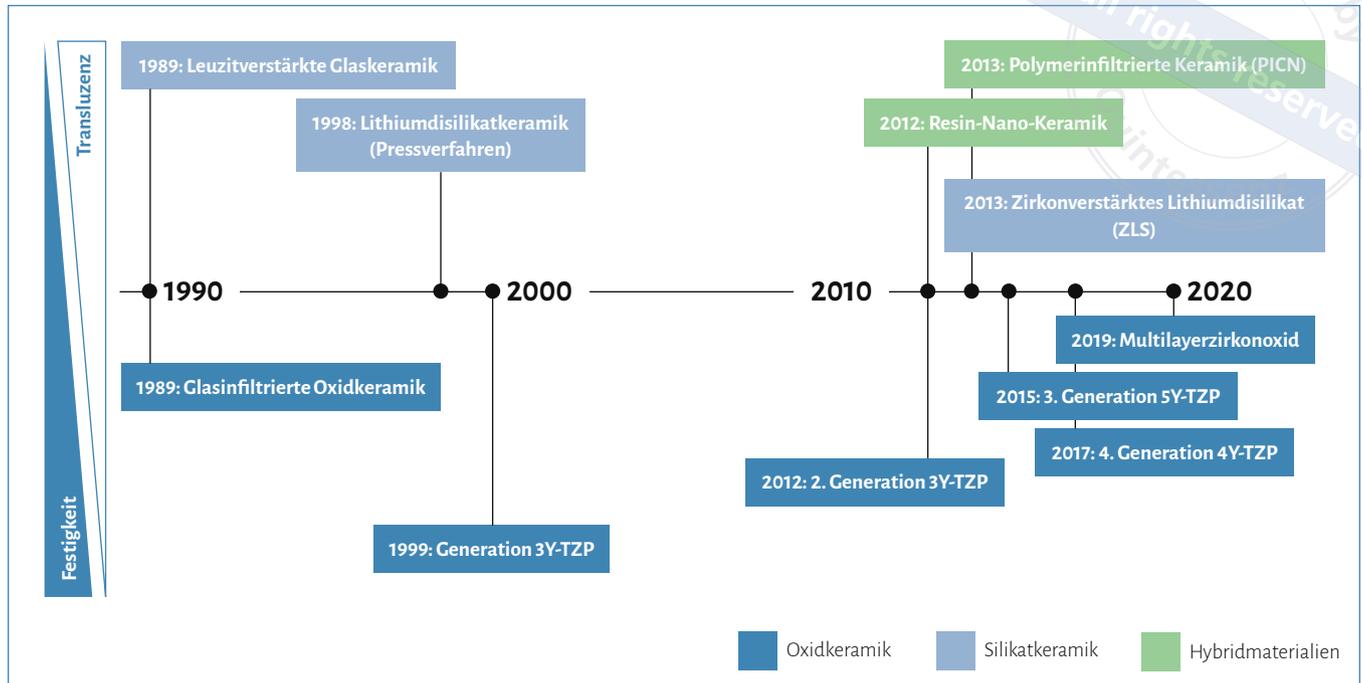


Abb. 1 Zeitstrahl der Entwicklung aktueller Dentalkeramik

im Wesentlichen nach den Werten ihrer 0,2-Prozent-Dehngrenze in Beanspruchungsklassen typisiert. Aufbrennfähige Goldlegierungen für eine sehr große mechanische Beanspruchung (Typ 4) weisen eine 0,2-Prozent-Dehngrenze von 400–600 MPa und einen E-Modul von größenordnungsmäßig 100.000 MPa auf, bei edelmetallfreien aufbrennfähigen Legierungen liegen diese Werte charakteristischerweise bei 500–700 MPa bzw. 200.000 MPa.

Die sehr gute klinische Langzeitbewährung metallkeramischer Restaurationen kann im ästhetisch sensiblen Bereich getrübt werden durch im Vergleich zum natürlichen Zahn grundlegend andere lichteptische Eigenschaften der Krone mit lichtundurchlässigem Metallgerüst und oftmals im marginalen Gingivabereich durchschimmernde oder sichtbare Metallränder. Dies forcierte die Entwicklung nicht metallbasierter Restaurationen.

## Keramische Werkstoffe

Als Pionier metallfreier keramischer Restaurationen muss Charles Land angesehen werden, der 1886 ein Verfahren beschrieb, bei dem Feldspatkeramik auf eine ausreichend temperaturstabile Platinfolie geschichtet und in einem von ihm patentierten Ofen gebrannt wurde<sup>30</sup>. Die sogenannten Jacketkronen erforderten einen großen Substanzabtrag und somit oftmals das Devitalisieren der Pfeilerzähne. Trotz der großen Schichtstärke wiesen sie eine hohe Frakturrate auf, weshalb sie sich nicht durchsetzen konnten<sup>30</sup>. Mechanisch widerstandsfähige

naturidentische Restaurationen ohne Metallbasis konnten erstmals Mitte der 1960er-Jahre mittels Zusatz von Aluminiumoxidverbindungen zur Feldspatkeramik gefertigt werden<sup>45</sup>. Circa zwei Jahrzehnte später setzte, begleitet von der Verfügbarkeit feuerfester Modellstumpfmateriale und adhäsiver Befestigungssysteme, eine rasante Entwicklung der dentalkeramischen Materialien und Fertigungstechniken ein. Die gießbare Glaskeramik Dicor (Dentsply DeTrey), die pressbare leuzitverstärkte Glaskeramik IPS Empress (Ivoclar Vivadent), das auch chairside einsetzbare CAD/CAM-System CEREC (Dentsply Sirona) und die glasinfiltrierte Oxidkeramik InCeram (Vita Zahnfabrik) seien als exemplarische Meilensteine erwähnt (Abb. 1).

Spätestens seit dieser Zeit richtet sich das Interesse auch auf Dentalkeramik als Gerüstwerkstoff, um damit auch im Seitenzahnbereich und für Brücken vollständig metallfreie Restaurationen herstellen zu können. Ende der 1990er-Jahre wurde mit IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent) die erste Lithiumdisilikat-Glaskeramik auf dem Markt eingeführt, mit der auch kleinere metallfreie Brücken im Frontzahnbereich und bis zum Ersatz des ersten Prämolaren möglich wurden. Zurzeit werden diese Materialien in der Press- oder CAD/CAM-Technik für monolithische und verblendete Restaurationen verarbeitet. Seit 2013 wird unter den Markennamen Celtra (Dentsply) und Suprinity (Vita Zahnfabrik) zirkonoxidverstärkte Lithiumsilikatkeramik angeboten.

Mitte der 1990er-Jahre wurden erste CAD/CAM-fräsbare Zirkoniumdioxidkeramiken entwickelt, die zunächst aufgrund der starken Opazität nur als Gerüstwerkstoff Anwendung finden konnten. Die seinerzeit

gerne gewählte Bezeichnung dieser Materialklasse als „weißer Stahl“ spiegelte die Hoffnung wider, die bislang bekannten Limitationen keramischer Gerüstwerkstoffe überwunden zu haben. Seit rund zehn Jahren hat sich die Palette der Zirkoniumdioxidkeramiken mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen an Transluzenz und mechanische Eigenschaften stark erweitert, sodass heute mehrere Generationen unterschieden werden können (Abb. 1). Zudem stehen auch Multilayer-Blanks zur Verfügung, die das Ausfräsen eines Werkstücks mit verlaufenden Schichtungen unterschiedlicher Farbe und Transluzenz ermöglichen. Das Ziel dieser letzten Entwicklungen war, ihren Einsatz auch für vollanatomische unverblendete Restaurationen zu ermöglichen.

Seit 2020 finden sich erste Berichte zur Verarbeitung von zirkoniumdioxid- und lithiumdisilikathaltigen Materialien im 3D-Druck-Verfahren. Auf der Internationalen Dental-Schau 2023 stellte die Firma Lithoz in Zusammenarbeit mit Ivoclar ein Verfahren für den dentalkeramischen 3D-Druck eines auf Lithiumdisilikatpulver basierenden Materials vor. Klinische Studien dazu liegen bisher noch nicht vor.

### Monolithisches Zirkoniumdioxid

Monolithische Restaurationen bieten gegenüber verblendeten Restaurationen mehrere Vorteile: Zum einen erfolgt die Herstellung größtenteils maschinell und damit wirtschaftlicher, zum anderen entfällt das Problem des Chippings im Bereich der Verblendkeramik. Auch eine Reduzierung der Schichtstärke ist mit monolithischem Zirkoniumdioxid möglich. In einer In-vitro-Studie zeigte sich bei 0,5 mm dicken Proben aus monolithischem Zirkoniumdioxid eine signifikant größere Biegefestigkeit als bei 1,5 mm dicken Proben aus Lithiumdisilikat<sup>47</sup>.

Ein wichtiger Aspekt für den Behandlungserfolg ist eine ausgeprägte Ästhetik des festsitzenden Zahnersatzes. Diese wird wesentlich von der Form- und Farbgestaltung, der Oberflächentextur, der Schichtdicke und nicht zuletzt der Transluzenz des Materials geprägt. Um die Transluzenz verschiedener Materialien im klinischen Einsatz vergleichen zu können, muss beachtet werden, dass sich die vom Hersteller vorgegebenen Mindestschichtstärken unterscheiden. So kann monolithisches Zirkoniumdioxid durchaus eine stärkere Transluzenz aufweisen als Lithiumdisilikat, da es sich laut Hersteller in einer Schichtstärke von 0,5 mm verarbeiten lässt, Lithiumdisilikat jedoch 1,5 mm dick sein sollte<sup>5</sup>. Vergleicht man eMax CAD mit verschiedenen transluzenteren Produkten aus Zirkoniumdioxid wie BruxZir (Glidewell) und Lava Plus (3M Espe) in der gleichen Schichtstärke, erreicht aber Lithiumdisilikat den höchsten Transluzenzwert<sup>27</sup>.

Um eine bessere Transluzenz des Zirkoniumdioxids zu erreichen, kann die Korngröße mittels höherer Sintertemperaturen modifiziert werden. Da an den Korngrenzen das Licht gestreut wird, ergibt sich aufgrund der größeren Kornstrukturen eine stärkere Transluzenz<sup>39</sup>. Jedoch verringert sich analog die mechanische Festigkeit aufgrund der größeren Strukturen<sup>85</sup>. An den Korngrenzen lagert sich Aluminiumoxid an,

das dem Zirkoniumdioxid beigefügt wird. Verringert man den Aluminiumoxidanteil, so wird das Material wegen der geringeren Streuung ebenfalls transluzenter, aber auch weniger widerstandsfähig gegen mechanische Belastung. Da die kubische Phase von Zirkoniumdioxid das Licht besser reflektiert<sup>99</sup>, fügen die meisten Hersteller dem Zirkoniumdioxid zur Stabilisierung der kubischen Phase Yttrium hinzu. Jedoch ist mit steigendem Yttriumanteil auch die Phasenumwandlung geringer, was sich negativ auf die Risszähigkeit und die Alterungsbeständigkeit auswirkt<sup>18</sup>.

Die Biegefestigkeit in der dritten Generation von Zirkoniumdioxid (5 Y-TZP) lag mit 600–700 MPa nur noch leicht über dem Niveau von Lithiumdisilikat und erreichte trotz gesteigerter Transluzenz nicht die gleiche Ästhetik<sup>41</sup>. In der vierten Generation wurde deshalb der Aluminiumanteil wieder leicht erhöht und der Yttriumanteil zur Stabilisierung der kubischen Phase von 5 mol-% auf 4 mol-% verringert. Aktuelle Untersuchungen der vierten Generation (4 Y-TZP) zeigen, dass Biegefestigkeit und Bruchzähigkeit im Vergleich zu 5 Y-TZP verbessert werden konnten, unter Beibehaltung einer akzeptablen Ästhetik<sup>70</sup>. Die neu entwickelten Multilayer-Zirkoniumdioxidkeramiken sind eine sehr heterogene Materialgruppe und zeigen sehr unterschiedliche mechanische Eigenschaften im In-vitro-Test. So variierte die Biegefestigkeit bei drei beispielhaft untersuchten Produkten zwischen 569 und 960 MPa<sup>17</sup>.

### Hybridmaterialien

Mit zunehmender Verbreitung der CAD-CAM-Technik wurden ab 2012 von verschiedenen Herstellern neben Silikat- und Oxidkeramik auch sogenannte „Hybridkeramiken“ auf den Markt gebracht (Abb. 1). Dabei handelt es sich um Werkstoffe auf Polymerbasis, die mit Keramikpartikeln infiltriert werden, oder um keramikbasierte Werkstoffe, die mit Polymeren infiltriert werden, um die mechanischen Eigenschaften zu optimieren. Die Vorteile dieser Materialklasse sind laut Hersteller unter anderem ein „biomimetisches Verhalten“ dank eines dem Dentin ähnlichen E-Moduls und eine größere Kantenstabilität. Zudem soll eine bessere Wirtschaftlichkeit erreicht werden aufgrund des Wegfalls des Sinterns und einer geringeren Abnutzung der Fräsen sowie einer insgesamt kürzerer Herstellungszeit<sup>19</sup>. Ein weiterer Vorteil ist laut Hersteller „geringere Sprödigkeit als bei reiner Keramik und besseres Abrasionsverhalten als bei Komposit“.

Die Studienlage ist bisher unzureichend. Im In-vitro-Vergleich des Abrasionsverhaltens mit zirkoniumdioxid- und leuzitverstärkter Glaskeramik fand sich der stärkste Verschleiß bei dem untersuchten Hybridmaterial Vita Enamic (Vita). Zudem traten in dieser Gruppe Mikrorisse im Zahnschmelz der Gegenbezahnung auf, während Zirkoniumdioxid eine glatte Oberfläche hinterließ<sup>73</sup>. Bei einer vergleichenden Untersuchung zur Bruchfestigkeit von Prämolarenkronen aus Vita Enamic im

Kausimulator versagten bei einer Belastung von 870 N 100 % aller Kronen und schnitten damit deutlich schlechter ab als die aus Lithiumdisilikat gefertigten Kronen, die nur zu 30 % bei einer Belastung von 1.400 N versagten<sup>31</sup>.

Ein weiterer Vertreter der Hybridmaterialien ist die „Resin Nano Keramik“ Lava Ultimate, die 3M Espe 2012 auf den Markt brachte. Diese besteht aus Zirkonoxid- und Siliziumdioxidpartikeln, die in eine Polymermatrix integriert sind. Zunächst waren die Indikationen laut Hersteller Veneers, Inlays, Onlays und Einzelkronen, jedoch wurden diese 2015 geändert. Nachdem überdurchschnittlich hohe Dezementierungsraten in den USA aufgetreten waren, wurde die Indikation „Kronen“ zurückgenommen<sup>46</sup>. Die hohen Misserfolgsraten bestätigten sich auch mit einer In-vivo-Untersuchung von Kronen aus Hybridmaterial auf Implantaten mit Abutments aus Zirkoniumdioxid<sup>75</sup>. Die Dezementierungsrate lag dabei bei 80 %. Fasst man mehrere Studien zur klinischen Performance von Hybridmaterialien zusammen, gab es nach einem Beobachtungszeitraum von zwei bis fünf Jahren lediglich bei 55,6 % aller zahngetragenen Kronen keine technischen oder biologischen Komplikationen<sup>40</sup>.

## MATERIALBEZOGENE ÄSTHETIK

Unter Ästhetik versteht man eine individuelle Wahrnehmung, die stark von sozialen und kulturellen Aspekten, aber auch vielen weiteren Einflussfaktoren geprägt ist. Daher ist es wenig verwunderlich, dass die Ästhetik von feststehendem Zahnersatz von Zahnärzten und Patienten unterschiedlich beurteilt wird<sup>69</sup>. In einer Studie zu metallkeramischen Frontzahnkronen wurden mehr als zwei Drittel der Kronen von den Patienten in Bezug auf Symmetrie und Farbgebung für gut befunden, jedoch nur ein Drittel von den Behandlern<sup>1</sup>. Wenn Einzelkronen aus vollverblendetem Zirkoniumdioxid und aus Metallkeramik verglichen wurden, bewerteten Zahnärzte die Farbgestaltung der vollkeramischen Kronen besser als die der Metallkeramik. Aus Patientensicht war hingegen in der Beurteilung der Ästhetik kein signifikanter Unterschied zwischen Vollkeramik und Metallkeramik bei den Seitenzahnkronen festzustellen<sup>32</sup>.

Generell schien bei Patienten eine große Zufriedenheit mit der Ästhetik vollkeramischer Kronen zu bestehen, sowohl aus verblendetem Zirkoniumdioxid<sup>34</sup> als auch aus Lithiumdisilikat<sup>82</sup>. Ein weiterer Vergleich von vollverblendeten Kronen aus leuzitverstärkter Glaskeramik mit mittels CEREC gefertigten, monolithischen Kronen aus Lithiumdisilikat zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Bewertung der Ästhetik<sup>29</sup>. Die aktuelle Datenlage impliziert, dass die verwendete Keramik für die Ästhetik aus Patientensicht kein wesentlicher Einflussfaktor ist, vor allem wenn es um den Seitenzahnbereich geht. Im individuellen Fall und bei Frontzahnrestorationen mag dies aber anders sein.

Die Ästhetik kann nicht losgelöst von den Indikationsbereichen der Keramiken betrachtet werden. Für Veneers sollte beispielsweise Lithiumdisilikat verwendet werden, da der Klebeverbund zum Schmelz dank der Ätzbarkeit von Lithiumdisilikat besser ist als bei Zirkoniumdioxid<sup>81</sup>. Die zirkoniumdioxidverstärkte Lithiumdisilikatkeramik Vita Suprinity (Vita) erreichte zwar im Vergleich mit anderen Werkstoffen<sup>77</sup> den besten Wert für seine Transluzenz, jedoch gibt es laut der aktuellen S3-Leitlinie keine aussagekräftige Evidenz und somit keine Empfehlung für die Verwendung dieser Werkstoffklasse<sup>24</sup>.

Aber nicht nur das verwendete Material hat Einfluss auf die Ästhetik, sondern auch dessen Verarbeitung. So haben die Schichtdicke und die Politur der Keramik einen direkten Einfluss auf die Transluzenz und den Glanz von Kronen, unabhängig vom Hersteller der Keramik<sup>86</sup>. Bei einer Schichtstärke von 1 mm wurde bei Zirkoniumdioxid eine geringere Transluzenz (11,2–15,3 TP) gemessen als bei humanem Schmelz und Dentin (18,7 bzw. 16,4 TP). Mit zunehmender Schichtstärke nimmt die Transluzenz von Keramiken linear ab.

## INDIKATIONSBEZOGENE KLINISCHE BEWÄHRUNG

### Studienauswahl

Um eine möglichst aktuelle Übersicht zu Materialien in der Zahnmedizin zu erhalten, wurden die elektronischen Bibliothekssysteme PubMed und Google Scholar mit den folgenden Begriffen für das Beispiel Keramikrestorationen durchsucht: *(ceramic) AND ((crown) OR (fpd)) AND ((in vivo) OR (clinical study) OR (survival))*. Die Suche wurde analog mit den Begriffen „metal“ sowie „metal ceramic“, „lithium disilicate“ und „zirconia“ anstelle von „ceramic“ durchgeführt.

Primär eingeschlossen und ausgewertet wurden prospektive Studien mit über fünf Jahren Beobachtungsdauer und mehr als 50 Restaurationen. Diese Anforderungen konnten jedoch nicht für alle Indikationen und Materialien erfüllt werden, da gerade für monolithische Restaurationen kaum Daten mit mehr als drei Jahren zu finden sind. In diesen Fällen wurden die Einschlusskriterien entsprechend angepasst, um eine aussagekräftige Zahl von Studien auswerten zu können. In vielen Studien wurde zudem nicht eindeutig zwischen monolithischen, teilverblendeten und vollverblendeten Restaurationen unterschieden, was eine klare Aussage zusätzlich erschwerte. Es wurden nur Studien berücksichtigt, in denen die Materialien nach Herstellerangaben verarbeitet und in den angegebenen Indikationsbreiten eingesetzt wurden.

### Evidenz zu Kronen

#### Metallkeramik

Die eingeschlossenen Studien zu Kronen aus Metallkeramik decken einen weiten Bereich an Settings ab, von der Behandlung in Studie-

Tab.1 Exemplarische Evidenz zu Kronen

Studie	Jahr	Nachverfolgung (Jahre)	Anzahl (N)	Überleben (%)	Erfolg (%)	Sonstiges
<b>Metallkeramik</b>						
Rammelsberg et al. [57]	2020	10	353	97	88	Implantatgetragen, Au- oder CoCr-Leg. als Gerüst
Reitemeyer et al. [65]	2019	20	190	79	k.A.	Studiensetting in allgemein Zahnärztlichen Praxen
Pjetursson et al. [54]	2007	5	1.765	96	k.A.	Metaanalyse
De Backer et al. [12]	2006	18	1.037	78	k.A.	Behandlung durch Studierende
Walton [95]	1999	10	347	97	k.A.	Studiensetting in spezialisierter Praxis
<b>Lithiumdisilikat</b>						
Aziz et al. [2]	2019	4	40	95	92	IPS e.max CAD, monolithisch
Rauch et al. [58]	2018	10	41	83,5	71	IPS e.max CAD LT, monolithisch
Toman und Toksavul [89]	2015	8	121	85	k.A.	IPS Empress, verblendet
Gehrt et al. [22]	2013	6	104	94,8	k.A.	IPS e.max Press
Valenti und Valenti [92]	2009	10	261	95,5	k.A.	IPS Empress 2
<b>Zirkoniumdioxid</b>						
Waldecker et al. [93]	2022	6	86	93,1	87	Cercon HT (Degudent) monolithisch
Baixauli-López et al. [4]	2021	5	50	98	94	Lava Frame Zirconia (3M Espe) monolithisch
Örtorp et al. [50]	2012	5	143	91	88	Nobel Procera, verblendet; retrospektiv
Rinke et al. [66]	2016	5	50	94	74	Cercon, verblendet
Nejatidanesh et al. [49]	2016	5	556	97,3	k.A.	Cercon, verblendet

rendenkursen über allgemein Zahnärztliche Praxen bis zu spezialisierten Praxen (Tab. 1). Auch die Beobachtungszeiträume von bis zu 20 Jahren erlauben wertvolle Rückschlüsse auf das Langzeitverhalten der Restaurationen. Rammelsberg et al. verglichen in einer Veröffentlichung von 2020 metallkeramische Implantatkronen direkt mit solchen aus Vollkeramik<sup>57</sup>. Dabei erreichten die metallkeramischen Kronen eine Überlebensrate von 92 % nach zehn Jahren. In einer 2018 publizierten Studie kamen Reitemeyer et al. auf eine 20-Jahre-Überlebensrate von 79 %<sup>65</sup>. De Backer et al.<sup>12</sup> gelangten bereits 2006 zu einem sehr ähnlichen Ergebnis (78 % Überleben nach 18 Jahren), nur dass in dieser Studie die Behandlung durch Studierende erfolgte.

Zusätzlich erlaubt eine Metaanalyse aus mehreren Studien präzise Aussagen zu mittelfristigen Therapieergebnissen. In der Metaanalyse zu Einzelkronen von Pjetursson et al. aus dem Jahr 2007 wurden sechs Studien zu metallkeramischen und 27 Studien zu vollkeramischen Kronen ausgewertet. Die Überlebensrate für Einzelkronen betrug zwischen 91 und 100 % nach fünf Jahren<sup>54</sup>. Chipping trat als häufigste Komplikation bei 5,7 % der metallkeramischen Kronen nach fünf Jahren Beobachtungszeit auf. In der Metaanalyse wurde aber nicht zwischen der Art der Metalllegierung und der Position der Krone (Front- oder Seitenzahnbereich) unterschieden.

### Lithiumdisilikat

Die Zahl der aussagekräftigen Studien zu monolithischen Lithiumdisilikatkronen war – im Kontrast zur weiten Verbreitung dieses Materials – begrenzt (Tab. 1). Die Nachverfolgung reichte nur bis zehn Jahre, und alle untersuchten Keramiken waren von einem einzigen Hersteller (Ivoclar). Sie wurden entweder mittels CAD/CAM verarbeitet oder gepresst.

In den Studien zu verblendeten Lithiumdisilikatkeramiken wurden die Restaurationen meist aus IPS e.max Press oder IPS Empress 2 gefertigt, und zwar nicht nur für Front-, sondern auch für Seitenzahnkronen. Die Lokalisation der Kronen im Kiefer (Front- oder Seitenzahnbereich) sowie die Zementierungsart zeigten keinen Einfluss auf die Überlebensrate.

Die bereits unter Metallkeramik aufgeführte Metaanalyse von Pjetursson et al. 2007 kam zu dem Schluss, dass Einzelkronen aus Lithiumdisilikat vergleichbare Fünf-Jahre-Überlebensraten wie metallkeramische haben<sup>54</sup>. Eine Metaanalyse von Pieger et al.<sup>52</sup> zu Einzelkronen und Brücken aus Lithiumdisilikat berichtete von einer kumulativen Überlebensrate der Kronen von 97,8 % nach fünf und 96,7 % nach zehn Jahren. Zum Zeitpunkt der Metaanalyse lag nur eine Studie mit zehn Jahren Beobachtungsdauer vor, die den Einschlusskriterien entsprach.

Tab. 2 Exemplarische Evidenz zu Brücken

Studie	Jahr	Nachverfolgung (Jahre)	Anzahl (N)	Überleben (%)	Erfolg (%)	Sonstiges
<b>Metallkeramik</b>						
Sailer et al. [72]	2018	5	175	99	89	Metaanalyse
Näpänkangas und Raustia [48]	2011	18	82	78	71	Retrospektiv
Walton [96]	2002	15	515	85	k.A.	Retrospektiv
Heintze und Rousson [28]	2010	3	127	97	k.A.	Metaanalyse
Reichen-Graden und Lang [62]	1989	6	73	98	k.A.	Retrospektiv
<b>Lithiumdisilikat</b>						
Teichmann et al. [87]	2017	10	27	52	k.A.	IPS Empress 2, Cut-back-Technik
Reich et al. [61]	2014	4	32	97	83	e-Max CAD, monolithisch
Sola-Ruiz et al. [79]	2013	10	21	71	k.A.	k.A.
Kern et al. [38]	2012	10	36	88	70	e-Max Press, monolithisch
Marquardt und Strub [44]	2006	5	31	70	k.A.	IPS Empress 2
<b>Zirkoniumdioxid</b>						
Habibi et al. [25]	2020	3	33	97	94	Cercon HT, monolithisch
Passia et al. [51]	2019	13	24	43	30	Cercon, verblendet
Rinke et al. [67]	2018	10	51	75	40	Cercon, verblendet
Ioannidis und Bindl [33]	2016	10	59	85	k.A.	Vita InCeram 2000 YZ, verblendet
Sorrentino et al. [80]	2012	5	48	100	92	Procera, verblendet

### Zirkoniumdioxid

Die Datenlage zu Kronen aus Zirkoniumdioxid ist begrenzt auf Studien mit einer Nachbeobachtung von bis zu sechs Jahren, umfasst dafür aber verschiedene Hersteller (Tab. 1).

Studien zu Kronen aus verblendetem Zirkoniumdioxid wiesen teils stattliche Fallzahlen und Überlebensraten nach fünf Jahren von stets über 90 % auf. Dazu waren die Daten (2013 bis 2017) aktueller als die der Studien zu Kronen aus verblendetem Lithiumdisilikat.

Die Studienlage zu Einzelrestorationen aus monolithischem Zirkoniumdioxid zeigt bisher nur geringe Fallzahlen von unter 100 und Beobachtungszeiträume von zwei bis maximal sechs Jahren. Die Überlebensraten von stets mehr als 90 % stimmen jedoch optimistisch, was die Langzeitbewahrung dieses Materials angeht.

Da Zirkoniumdioxid erstmals auf der Internationalen Dental-Schau 2015 als Material für die monolithische Fertigung von der Dentalindustrie vorgestellt wurde, sind Zehn-Jahres-Daten erst ab 2025 zu erwarten.

## Evidenz zu Brücken

### Metallkeramik

Zu Brücken aus Metallkeramik wurden zwei Metaanalysen und drei retrospektive Studien mit Beobachtungszeiträumen von bis zu 18 Jahren einbezogen (Tabelle 2). Studien mit Brücken aus nicht gebräuchlichen Legierungen, etwa Titanlegierungen, fanden keine Berücksichtigung.

Eine retrospektive Langzeitstudie eines finnischen Teams berichtete von einer Überlebensrate von 78 % nach 18 Jahren<sup>48</sup>. Die Behandlung erfolgte durch Studierende. Auch in der Schweiz war die Behandlung mit metallkeramischen Brücken durch Studierende überwiegend erfolgreich: Reichen-Graden und Lang berichteten von 98 % Überleben nach sechs Jahren<sup>62</sup>.

Analog zu Einzelkronen berichteten Sailer et al. in ihrer Metaanalyse<sup>71</sup> zu Brücken eine signifikant bessere Überlebensrate für Metallkeramik (94 % Überleben nach fünf Jahren) als für Vollkeramik (88,6 % nach fünf Jahren). Fünf Studien zu metallkeramischen und neun zu vollkeramischen Brücken wurden ausgewertet. Eine Metaanalyse von Heintze und Rousson aus dem Jahr 2010 fand hingegen nur zwei Studien zu metallkeramischen Brücken, die den Einschlusskriterien entsprachen<sup>28</sup>. In der Metaanalyse von Sailer et al. zu implantatgetragenen metallkeramischen Brücken waren nach fünf Jahren noch 98,7 % in situ<sup>72</sup>. Ein Gerüst aus Zirkoniumdioxid statt Metall erhöhte das Risiko für Chipping signifikant.

### Lithiumdisilikat

Die Beobachtungsdauer der Studien zu Brücken aus monolithischem Lithiumdisilikat lag bei fünf bis zehn Jahren, jedoch waren die Fallzahlen mit jeweils unter 40 Teilnehmern gering (Tab. 2). Die Studie von Reich et al.<sup>61</sup> schloss nach den Vorgaben des Herstellers nur Brücken bis zum zweiten Prämolaren ein. Es wurde nach vier Jahren eine

Überlebensrate von 97,4 % erreicht. Alle Restaurationen in dieser Studie wurden adhäsiv eingesetzt.

Auch für Brücken aus verblendetem Lithiumdisilikat lagen Studien mit fünf bis zehn Jahren Beobachtungszeit vor (Tab. 2). Aufgrund der deutlich niedrigeren Überlebensrate im Vergleich zum „Goldstandard“ Metallkeramik ist es als Gerüstmaterial nicht zu empfehlen. Vermutlich sind aus diesem Grund in den 2010er-Jahren auch keine Studien zu derartigen Verblendbrücken mehr begonnen worden.

Die Metaanalyse von Pieger<sup>52</sup> berechnete eine kumulative Überlebensrate für Brücken aus Lithiumdisilikat von 78,1 % nach fünf und 70,9 % nach zehn Jahren. Die Brücken versagten häufiger im Seiten- als im Frontzahnbereich. Als häufigste technische Komplikation traten Gerüstfrakturen auf, Chipping folgte an zweiter Stelle.

Die aktuelle S3-Leitlinie besagt, dass man aus diesem Material zwar dreigliedrige Brücken bis zum Ersatz des ersten Prämolaren herstellen kann, spricht aber keine Empfehlung aus<sup>24</sup>.

### Zirkoniumdioxid

Für diese Übersicht konnten nur zu verblendetem Zirkoniumdioxid Studien mit über fünf Jahren Beobachtungszeit identifiziert werden (Tab. 2).

Bereits 2012 lagen Fünfjahresdaten zur Bewährung dreigliedriger Verblendbrücken mit Gerüsten aus Zirkoniumdioxid vor, jedoch mit weniger als 50 Fällen<sup>80</sup>. Ioannidis et al. veröffentlichten 2016 eine Studie mit 59 Brücken aus verblendetem Zirkoniumdioxid<sup>33</sup>. Es wurde eine Zehn-Jahre-Überlebensrate von 85 % berechnet. Bei knapp einem Drittel aller Brücken traten technische Komplikationen auf. Eine weitere Studie fand nach durchschnittlich 6,5 Jahren eine Überlebensrate von 88,9 %; bei 18,2 % der Brücken kam es zu Komplikationen, hauptsächlich Verblendfrakturen<sup>42</sup>.

Über monolithische Brücken aus Zirkoniumdioxid lagen nach unserer Recherche nur Dreijahresdaten mit geringer Fallzahl vor<sup>25, 55</sup>. Aufgrund dieser unzureichenden Datenlage ist dazu derzeit keine evidenzbasierte Empfehlung möglich.

## KRITISCHE BEWERTUNG

Diese Übersichtsarbeit fasst die Evidenz und die Entscheidungskriterien für die relevantesten Materialien zusammen, die für festsitzenden Zahnersatz zum Einsatz kommen können. Dabei werden speziell auch „Innovationen“ hinsichtlich des Einsatzes in der Praxis betrachtet.

### Evidenz zu langfristigem Therapieerfolg

Am besten untersucht und für viele Therapieentscheidungen am relevantesten sind die langfristigen Therapieerfolge. Dabei ist aber streng genommen zwischen Erfolg und Überleben zu unterscheiden. Unter

Erfolg versteht man, wenn die Restauration in der ursprünglichen Form ohne Nacharbeiten in situ ist. Diese Angaben fehlen tatsächlich in vielen Studien (Tab. 1 und 2). Dies ist aber wenig verwunderlich, da dafür eine sehr engmaschige Kontrolle stattfinden müsste, was häufig mit zu großem Aufwand verbunden wäre. Stattdessen werden in der Regel die Überlebensraten dargestellt. Diese geben an, ob die Restauration noch in Funktion ist, auch wenn Nacharbeiten stattfinden mussten. Das können Reparaturen von abgeplatzten Verblendungen sein oder im einfachsten Fall auch die Rezentierung. Die dazugehörige Position wurde im Bereich der gesetzlichen Krankenversicherung im Jahr 2021 rund 1,6 Mio. mal abgerechnet<sup>11</sup>. Daher sind Überlebenszahlen stets höher als die Erfolgsraten. Bei Restaurationen wie Adhäsivbrücken mit hohen Raten an Dezentierungen können sich die Werte daher deutlich unterscheiden<sup>37, 88</sup>. Die niedrigeren Werte für Erfolg gegenüber Überleben zeigen sich auch in den analysierten Studien (Tab. 1 und 2). Für die Therapieentscheidung wäre im Sinne einer effektiven Behandlung und einer großen Patientenzufriedenheit eher auf die Erfolgsraten zu achten, da jede notwendige Nachbehandlung zusätzlichen Aufwand in der Praxis und für die Patienten bedeutet. Dazu sind die Daten speziell zu Lithiumdisilikat und Zirkoniumdioxid zurzeit noch nicht ausreichend.

Ein weiterer wichtiger Punkt in der Betrachtung des Therapieerfolgs ist, wie lange die Restaurationen in Studien nachverfolgt wurden. Dabei besteht ein gewisser Interessenkonflikt, der nur bedingt auflösbar ist. Für die klinische Entscheidungsfindung sollte die Nachverfolgung möglichst lang sein. Als Minimum können zehn Jahre gelten. Vorher treten häufig noch keine Unterschiede auf, und auch für die Patienten sind primär die langfristigen Erfolge interessant, für die wenigsten nur die der ersten drei bis fünf Jahre. Viele Studien laufen aber nur über derart begrenzte Zeiträume. Nachfolgeuntersuchungen fehlen häufig. Die Gründe dafür können bei den Herstellern, den Wissenschaftlern und beim Material liegen. Hersteller sind daran interessiert, neue und innovative Materialien herauszubringen und deren klinische Performance nachzuweisen. Infolge der schnellen Weiterentwicklung der Materialien, speziell im Bereich Keramiken und Hybridmaterialien, sind Untersuchungen zu vorherigen Produktgenerationen oft schon zum Zeitpunkt ihrer Publikation irrelevant, da diese dann nicht mehr auf dem Markt sind. Wissenschaftler wiederum werden wesentlich am wissenschaftlichen Output gemessen, also an der Zahl und der Qualität ihrer Publikationen. Daher ist es für junge und ambitionierte Wissenschaftler nicht zielführend, Studien über zehn oder mehr Jahre zu planen, ganz abgesehen von der Finanzierung. Und letztlich kann auch das Material selbst bzw. die klinische Bewährung eine Ursache für unzureichende langfristige Daten sein. Wenn die Überlebensraten nach den ersten Jahren deutlich heruntergehen, dann wird es viel schwieriger, diese Ergebnisse zu publizieren, da die Editoren eher positive Ergebnisse veröffentlichen als negative (bekannt als „Publication Bias“). Aber

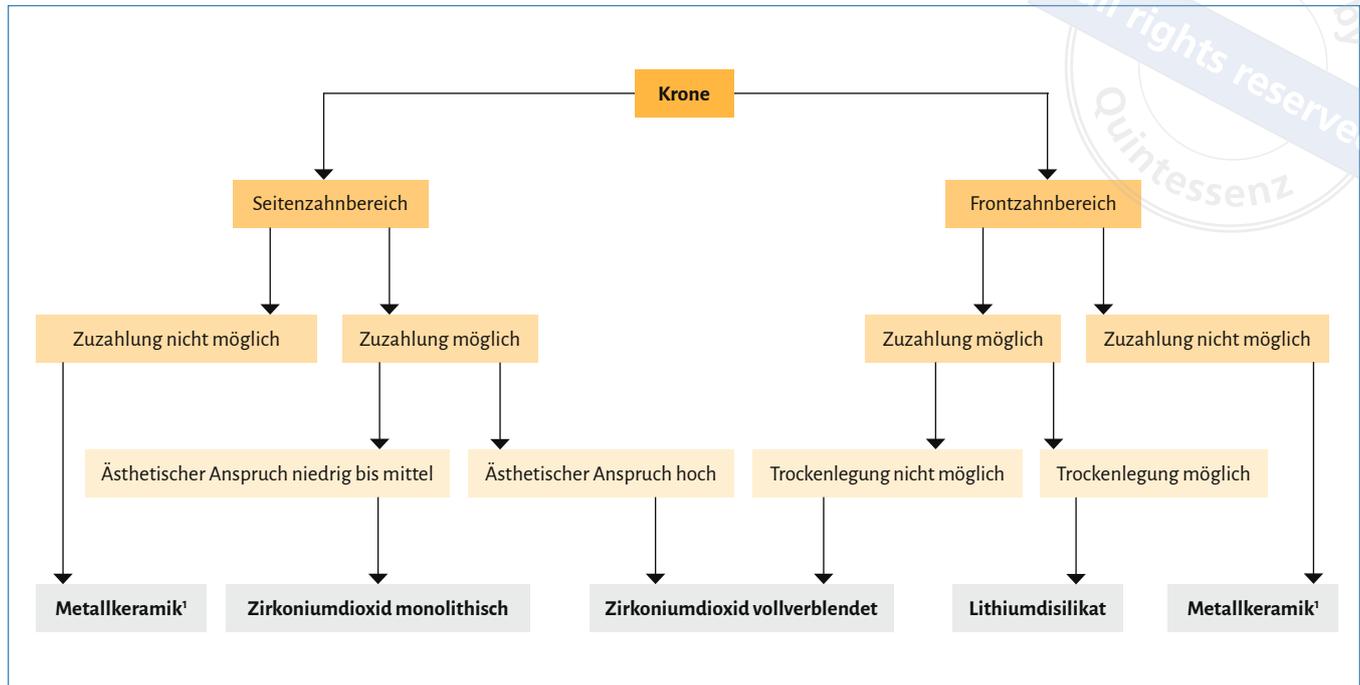


Abb. 2 Entscheidungsbaum Kronen

<sup>1</sup> Verblendung innerhalb der kassenrechtlichen Verblendgrenzen

auch die Hersteller sind an einer Veröffentlichung solcher Zahlen nicht interessiert. Da aber die meisten Wissenschaftler für die Studien auf Gelder der Industrie angewiesen sind, wird man quasi im vorausgehenden Gehorsam solche negativen Ergebnisse nicht veröffentlichen. Der Einfluss der Dentalindustrie auf die klinische Forschung zeigt sich auch im Bereich der Implantatprothetik. In zwei hochrangigen Zeitschriften dieses Fachgebiets waren 83 % aller veröffentlichten Studien von der Industrie finanziert<sup>16</sup>. Eine anderes Review stellte einen signifikanten Zusammenhang zwischen industriefinanzierten Studien und einem positiven Outcome bei Implantatversorgungen fest<sup>6</sup>. Letztlich sind zu kurze Nachuntersuchungszeiträume immer schlecht für unsere Patienten und die Therapieentscheidung, da niemand sagen kann, was später passieren wird. Gerade bei Materialien, die schon deutlich länger auf dem Markt und noch immer verfügbar sind, ist Vorsicht geboten. Würden diese wirklich gut funktionieren, sollten die Hersteller auch ein großes Interesse daran haben, dass diese Daten publiziert werden. Wenn dies nicht der Fall ist, kann und muss sich jeder selbst seine Meinung bilden.

Ein weiterer kritischer Punkt bei der Betrachtung der Evidenz ist, dass bei den Materialien unterschiedliche Generationen mit unterschiedlichen Eigenschaften untersucht und Materialien bei unterschiedlichen klinischen Indikationen angewendet wurden. Die Frage der Generation betrifft insbesondere Zirkoniumdioxid, das gerade aufgrund veränderter Massenanteile von Yttrium stark abweichende Eigenschaften aufweist. So liegt die Biegefestigkeit der dritten Generation

(5 Y-TZP) deutlich unter der Biegefestigkeit der vierten Generation (4 Y-TZP). Daher sind Studienergebnisse beider Generationen nur sehr bedingt vergleichbar. Auch spezifische Modifikationen wie ausgeprägte Transluzenz (HT) oder mehrere Farbschichten (Multilayer) können sich auf die Biegefestigkeit und potenziell auf das Überleben auswirken.

Darüber hinaus müssen die Ergebnisse hinsichtlich der klinischen Indikation kritisch betrachtet werden. Während die einzelne Krone klar definiert ist und sich nur in der Lokalisation, vor allem Front- oder Seitenzahngebiet, unterscheidet, besteht bei Brücken ein deutlich größerer Spielraum. Bei ihnen kommt es vor allem auf die Zahl der zu ersetzenden Zähne an. Für den Ersatz eines fehlenden Zahns im Sinne einer dreigliedrigen Brücke ist die Datenlage für alle untersuchten Materialien zufriedenstellend. Wenn aber mehr Zähne ersetzt werden sollen, dann ist die Datenlage für mehr als dreigliedrige und auch für mehrspannige vollkeramische Brücken derzeit nicht ausreichend, sodass in solchen Fällen metallkeramischen Restaurationen der Vorzug gegeben werden sollte. Ein Grund dafür mag auch sein, dass die Hersteller die maximale Ausdehnung einer vollkeramischen Brücke im Sinne der Risikominimierung einschränken. Die vorgegebenen Indikationsbereiche der Hersteller sollten nur in klinischen Studien mit entsprechender Aufklärung und Einwilligung der Patienten überschritten werden, aber nicht in der zahnärztlichen Praxis.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass gerade im Praxisalltag ausschließlich bewährte Materialien eingesetzt werden sollten. Zum Testen neuer Materialien und zur Bereitstellung ausreichender Evidenz

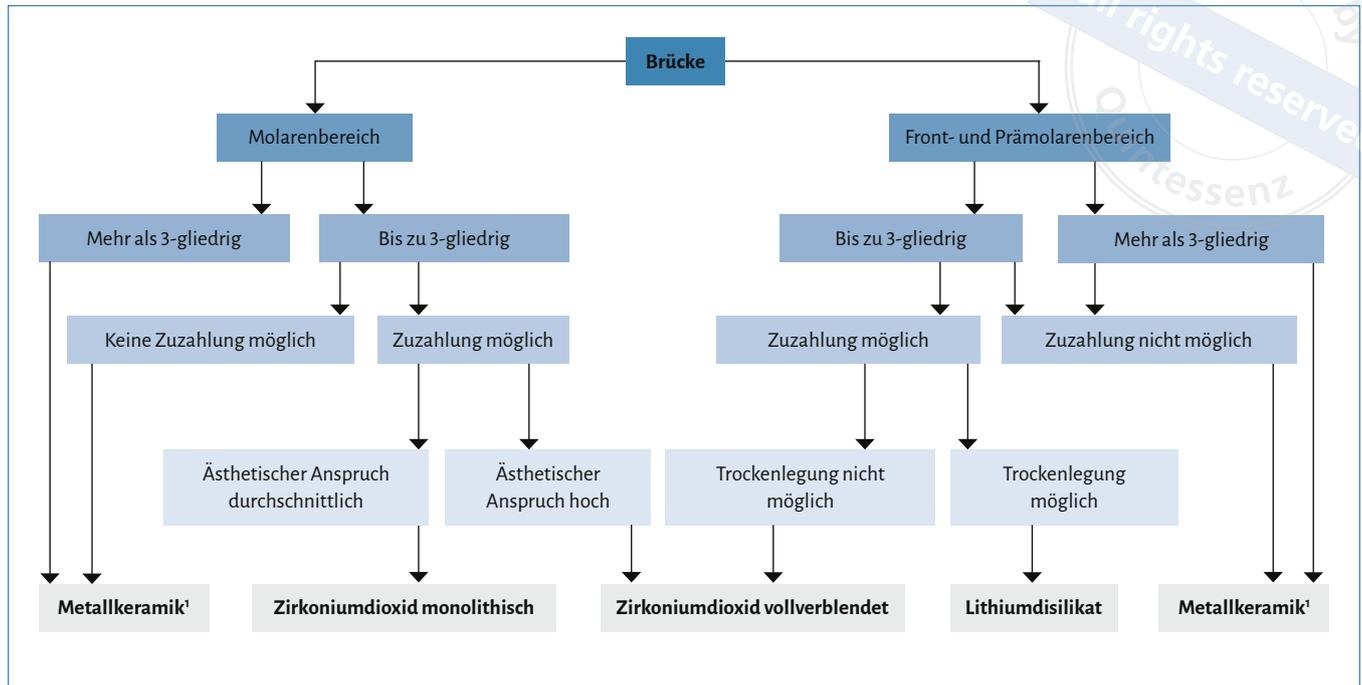


Abb. 3 Entscheidungsbaum Brücken  
 ¹ Verblendung innerhalb der kassenrechtlichen Verblendgrenzen

sind eher Forschungseinrichtungen wie Universitätskliniken geeignet, die in der Regel die Patienten auch adäquat auf die Risiken vorbereiten und aufklären. Es mag nachvollziehbar sein, dass man in der Praxis auch am „Puls der Zeit“ sein möchte und die Patienten von den neuesten Innovationen profitieren lassen will. Aber dieser positive Ansatz ist trügerisch. Tatsächlich verlässt man sich auf wenig aussagekräftige Daten der Hersteller und im Wesentlichen auf Werbeversprechen. Die Patienten werden dann zu „Versuchskaninchen“. Dies mag häufig gutgehen, aber eben nicht immer. Möchte man das Risiko wirklich eingehen und die Patienten potenziell gefährden, insbesondere, wenn der versprochene Mehrwert gering ist?

### Einflussfaktoren für den Therapieerfolg

Neben den oben genannten Aspekten wie Indikationsbereich und Herstellerfreigabe gibt es zahlreiche weitere Faktoren, die den Therapieerfolg beeinflussen können.

Das beginnt bereits in der Anamnese. So ist ein wahrscheinlich vorliegender Bruxismus ein kritischer Punkt. Auch wenn die Datenlage keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Versagen vollkeramischer Restaurationen und Bruxismus feststellen konnte<sup>33</sup>, wird doch zumindest die Anfertigung einer Aufbissschiene empfohlen<sup>21</sup>. Auch die Antagonistensituation sollte Beachtung finden. Aufgrund der verminderten Mechanorezeption bei implantatgetragenen Kronen<sup>26</sup> ist ein erhöhtes Risiko eines okklusalen Traumas durch eine Zirkoniumdioxidkrone für

den Antagonisten denkbar. Ein systematisches Review von Pjetursson et al.<sup>53</sup> bestätigt, dass bei implantatgetragenen Brücken technische Komplikationen signifikant häufiger auftreten.

Weiterhin ist die materialgerechte Präparation ein wesentlicher Faktor für den Therapieerfolg. So ist beispielsweise bei Kronen aus Zirkoniumdioxid der Präparationswinkel ein relevantes Detail für die Passung und die Bruchlast<sup>8</sup>. Die ausgeprägte Hohlkehle ist der seichten Hohlkehle und der Tangentialpräparation deutlich überlegen. Ob die Präparation digital oder konventionell abgeformt wird, hat hingegen offensichtlich keinen Einfluss auf die Passung der Restauration<sup>76, 91</sup>.

Beim anschließenden Design und bei der Bearbeitung der Restauration gibt es weitere Faktoren, die den Therapieerfolg beeinflussen können. Neben der ausreichenden Schichtstärke des Materials spielt bei Brücken auch die Gestaltung des Verbinders zwischen Kronen und Zwischengliedern eine große Rolle. Können gerade bei vollkeramischen Restaurationen die entsprechenden Herstellervorgaben nicht eingehalten werden, nimmt das Risiko für Frakturen deutlich zu. Diese Herstellervorgaben variieren erheblich zwischen den Keramikklassen und selbst innerhalb einer Keramikart. So werden zwischen 7–16 mm<sup>2</sup> für beispielhafte Vertreter der zweiten Generation von Zirkoniumdioxid (Ceron, DC Zirkon, Lava) und 12–20 mm<sup>2</sup> für die Lithiumdisilikatkeramik „Empress II“ (Ivoclar) empfohlen<sup>56</sup>. Neben der Fläche des Querschnitts ist insbesondere auch die Höhe der Verbinders entscheidend. Je mehr Zwischenglieder geplant sind, desto höher muss dieser gestaltet sein, sodass die Höhe der klinischen Krone ein limitierender Faktor sein

kann. Als Minimum wird eine Verbinderhöhe von 4 mm für Brücken aus Lithiumdisilikat und von 3 mm für Brücken aus Zirkoniumdioxid empfohlen<sup>3</sup>.

Bei der Nachbearbeitung der Restauration im Labor und in der Praxis müssen ebenfalls gewisse Punkte beachtet werden. Das relativ einfache Aufbrennen einer Glasur nach dem Einschleifen keramischer Restaurationen wirkt sich beispielsweise negativ auf die mechanischen Eigenschaften aus und verursacht einen stärkeren Abrieb am Antagonisten als eine manuelle Politur<sup>98</sup>. Die Bearbeitung sollte auch immer unter Wasserkühlung oder mit niedriger Umdrehungsgeschwindigkeit (6.000 U/Min) mit einem Diamantinstrument erfolgen. Bei Hitzeentwicklung nimmt die Bruchgefahr bei keramischen Restaurationen zu. Speziell bei Zirkonoxid kommt es zu einer vorzeitigen Phasenumwandlung der tetragonalen „Reserve“. Aber auch Silikatkeramiken verändern unter Temperatureinfluss ihre Kristallstruktur.

Ist die Krone fertiggestellt, eingeschliffen und poliert, stellt das korrekte Zementieren eine weitere Weiche für den langfristigen Erfolg der Restauration. Bei den Silikatkeramiken ist es möglich, durch das Herauslösen der Glasphase mit Flusssäure einen adhäsiven Verbund mittels dualhärtenden Kompositbefestigungsmaterials zu erzielen. Die adhäsive Zementierung zeigt eine signifikante Erhöhung der Bruchlast bei Lithiumdisilikat-, Feldspat- und Hybridkeramik, während die mechanische Festigkeit der Restaurationen aus Oxidkeramiken sich durch adhäsives Befestigen nicht steigern lässt<sup>68</sup>.

Letztlich ist für eine gelungene Ästhetik nicht nur die Materialauswahl entscheidend; die Farbe des Zahnstumpfes, die präparierte Schichtdicke inklusive subgingival liegender Präparationsgrenze, die richtige Farbbestimmung und Kommunikation mit dem Labor, die Gestaltung und Politur durch die Zahntechnik sowie nicht zuletzt die Erwartungen der Patienten sind ebenso ausschlaggebend.

## Entscheidungsfindung für die Materialwahl

Bei der Entscheidung über das „richtige“ Material in der jeweiligen klinischen Situation sind neben den Überlebens- und Erfolgsraten verschiedene weitere Kriterien zu berücksichtigen. Relevant sind unter anderem auch der Indikationsbereich, die mechanischen Eigenschaften, die Kosten und die zu erwartende Ästhetik (Tab. 3, Abb. 4). Sicherlich unterscheiden sich die verschiedenen Materialien auch in der Verarbeitbarkeit. Dieser Aspekt ist aber für Patienten nicht relevant. Daher sollte er nicht im Vordergrund der Entscheidungsfindung stehen.

Da so viele unterschiedliche Aspekte bezüglich Nutzen und Risiken individuell betrachtet, bewertet und gewichtet werden sollten, müssen auch die Werte und Vorstellungen der Patienten ein essenzieller Bestandteil in diesem Prozess sein<sup>7,74</sup>. Die Entscheidungen sind daher prädestiniert für einen Ansatz, der den Patienten einbezieht<sup>64</sup>. Die Einbeziehung der Patienten in den Entscheidungsfindungsprozess ist aus

verschiedenen Gründen notwendig und sinnvoll. Dazu zählen zunächst ethische und gesetzliche Vorgaben. So wird vom British General Medical Council in seinen Richtlinien darauf hingewiesen, dass grundsätzlich jede Anstrengung unternommen werden sollte, die individuelle Freiheit des Willens zu unterstützen<sup>23</sup>. Darüber hinaus wird in den Richtlinien gefordert, dass es in der eigenen Verantwortung der Patienten liegt, sich zu informieren, bevor sie medizinische Entscheidungen treffen. In Deutschland ist gesetzlich geregelt, dass die Entscheidung hinsichtlich Art und Umfang jeder medizinischen Behandlung der Mitwirkung des Patienten bedarf und dass Patienten auch wirksam einwilligen müssen<sup>9</sup>.

Doch die Einbeziehung der Patienten in die Entscheidungsfindung ist nicht nur eine gesetzliche Forderung, sie ist auch ein wichtiger Faktor für den Therapieerfolg. Zwar ist die Datenlage in der Zahnmedizin dazu bisher noch unzureichend, doch zeigen Studien aus anderen medizinischen Bereichen, dass durch die aktive Einbeziehung der Patienten in die Entscheidungsfindung nicht nur die Zufriedenheit mit dem Entscheidungsfindungsprozess an sich, sondern auch die langfristige Zufriedenheit mit dem Therapieergebnis zunimmt<sup>35</sup>.

Letztlich bedarf eine aktive Einbeziehung der Patienten auch einer umfassenden Information der Zahnärzte und nachfolgend der Patienten, um die wissenschaftliche Evidenz und Versprechen von Herstellern voneinander abgrenzen und individuell bewerten zu können. So sind die von Herstellern versprochenen Vorteile der Hybridmaterialien gegenüber einer Zirkoniumdioxid- oder Lithiumdisilikatkeramik für Patienten kaum ersichtlich. Der potenzielle Vorteil einer Zeitersparnis bei der Herstellung wird unter Umständen durch späteres Reparieren oder Rezementieren der Restauration wieder aufgehoben.

## FAZIT

Da die Evidenz zu den unterschiedlichen Materialien für festsitzenden Zahnersatz begrenzt ist und viele Faktoren den Therapieerfolg beeinflussen können, ist eine generelle Empfehlung für ein Material nicht möglich. Stattdessen bedarf es eines Portfolios an Materialien, um indikationsgerecht und unter Beachtung der Präferenzen der Patienten ein größtmögliches Spektrum an Situationen abdecken zu können. Gleichzeitig sollten die Fehlermöglichkeiten minimiert werden, die sich aus falscher Präparation oder Handhabung ergeben können. Daher ist es für die Praxis sinnvoll, sich auf ein festes Portfolio an Materialien zu beschränken. So können standardisierte Abläufe zu einer hohen Qualität und einer niedrigen Fehlerquote führen<sup>20</sup>.

Für eine indikationsgerechte, wirtschaftliche und evidenzbasierte Versorgung mit festsitzendem Zahnersatz sollte das Portfolio nicht nur vollkeramische Materialien aus Lithiumdisilikat sowie monolithischem und verblendetem Zirkoniumdioxid umfassen, sondern auch Metallkeramik. Die Gründe dafür liegen zum einen im ökonomischen Bereich, da vollkeramischer Zahnersatz nicht zur Regelversorgung gehört. Darüber

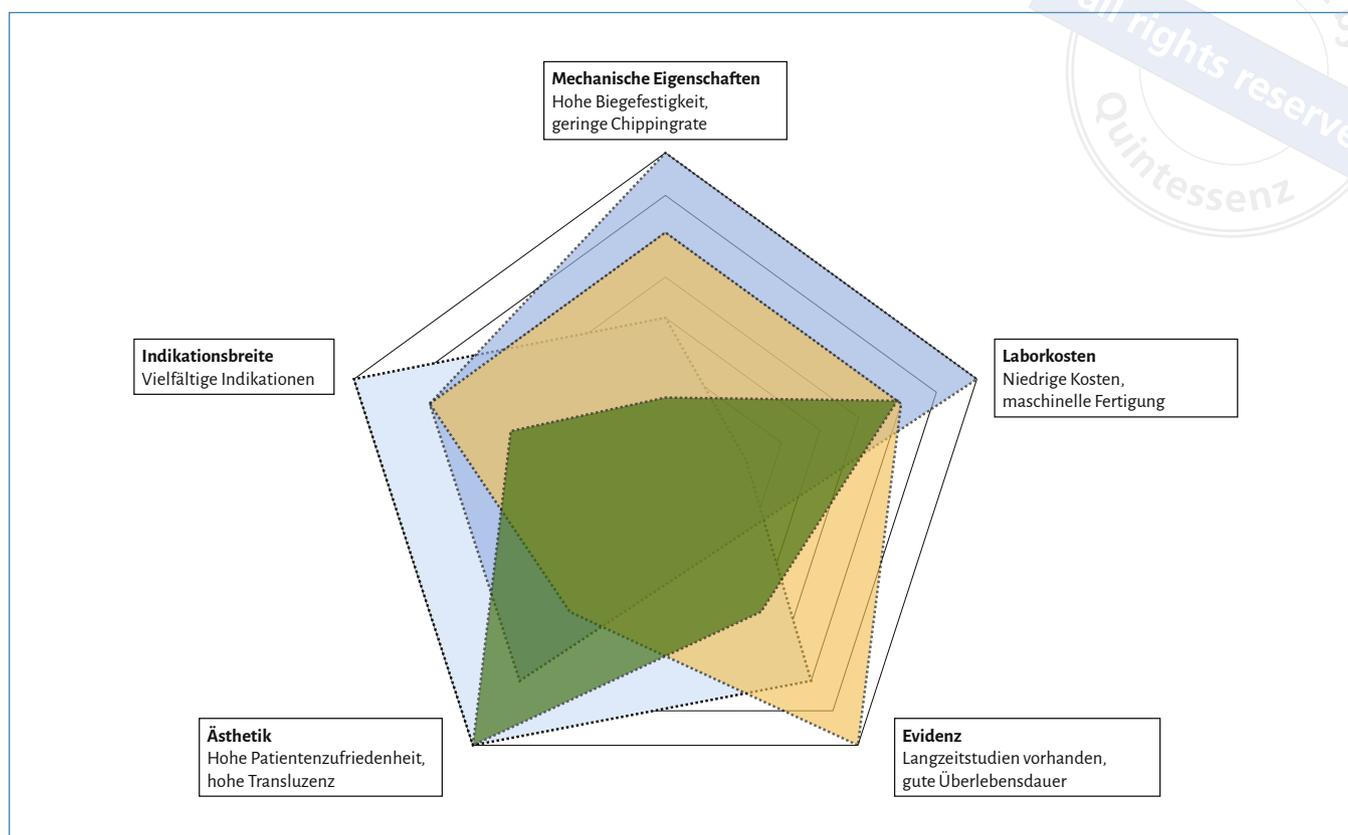


Abb. 4 Übersicht Materialeigenschaften (◊ Zirkoniumdioxid verblendet, ◊ Zirkoniumdioxid monolithisch, ◊ Metallkeramik, ◊ Lithiumdisilikat)

hinaus lassen sich größere Brückenspannen bisher nur mit Metallkeramik versorgen.

Bei der Wahl des zu verwendenden Materials kann man sich an einem Entscheidungsbaum orientieren (Abb. 2 und 3). Als erster Faktor ist die Lage relevant, ob es sich also um Zahnersatz im ästhetisch relevanten Bereich handelt oder nicht. Bei Brücken muss dann noch die Zahl der ersetzten Zähne einbezogen werden. Neben diesen klinischen Aspekten spielen auch patientenbezogene Aspekte eine große Rolle. Inwieweit eine Zuzahlung geleistet werden kann und wie hoch die ästhetischen Ansprüche sind, beeinflusst die Materialwahl. Und letztlich spielt auch die Frage der Befestigung eine gewisse Rolle, da speziell für Lithiumdisilikat eine adhäsive Befestigung empfohlen wird, für die aber eine absolute Trockenlegung notwendig ist. So ist beispielsweise für den Einzelzahnersatz im Frontzahnbereich mit unzureichender Trockenlegung eine Brücke mit einem verblendeten Gerüst aus Zirkoniumdioxid das Mittel der Wahl, wenn die entsprechende Zuzahlung bei Kassenpatienten möglich ist. Bei Brücken mit mehr als drei Gliedern ist Metallkeramik die sicherste Variante, auch wenn monolithisches Zirkoniumdioxid gerade im Seitenzahngebiet zunehmend Anwendung findet. Das erhöhte Risiko für Misserfolge durch Überschreitung des Indikationsspektrums der Hersteller, unzureichende

wissenschaftliche Evidenz und Schwierigkeiten beim Design wie der ausreichenden Dimensionierung der Verbinder müssen dann auch in die Entscheidungsfindung einfließen und den Patienten explizit vermittelt werden.

Die verschiedenen untersuchten Materialien haben alle ihre Stärken und Schwächen (Abb. 4, Tab. 3). Darüber hinaus stellen auch die Verarbeitungstechniken Zahnärzte und Zahntechniker vor eine immense Herausforderung. Daher müssen auch diese Aspekte in der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden. Denn letztlich spielen auch die klinische Erfahrung und die Expertise eine nicht zu unterschätzende Rolle für den Behandlungserfolg<sup>63</sup>.

Auch wenn laufend neue Materialien auf den Markt kommen und von den Herstellern angepriesen werden: Für die Praxis ist Vorsicht geboten. Die potenziellen Verbesserungen sind häufig gering. Die bestehenden Risiken lassen sich aber ohne klinische Studien nicht abschätzen. Solche Studien liegen aber noch nicht vor, wenn die Materialien neu auf dem Markt sind. Ein Beispiel ist die dritte Generation von Zirkoniumdioxid. Die Versprechen einer hohen Ästhetik wurden letztlich mit einer unzureichenden Bruchfestigkeit erkaufte. Daher musste zeitnah die vierte Generation entwickelt werden. Es ist nachvollziehbar, dass man seinen Patienten den aktuellen Stand der Technik und

Tab. 3 Kurzübersicht: Die vier beliebtesten Materialien für festsitzenden Zahnersatz

Material	Biegefestigkeit	Laborkosten	Evidenz	Ästhetik	Indikationsbreite
Zirkoniumdioxid verblendet	Gerüst ca. 1.000 MPa (bis 1.200 MPa) <sup>1</sup> [83]	314 EUR <sup>2</sup>	Kronen: 5 Jahre 94–98 % Brücken: 10 Jahre 90 %	sehr gut	Kronen, Brücken, Front- und Seitenzahnbereich
Zirkoniumdioxid monolithisch	850–1.100 MPa (z.B. 3. Generation: 300–650 MPa; 4. Generation: 800–950 MPa) [83]	CAD/CAM-Fertigung 182 EUR <sup>2</sup>	Kronen: 3 Jahre bis zu 100 % Brücken: keine Langzeitdaten	gut	Kronen, Brücken, eher Seitenzahnbereich
Metallkeramik	630 MPa <sup>1</sup> [78]	288 EUR <sup>2</sup>	Studien bis zu 25 Jahre, Goldstandard	akzeptabel	Kronen, Brücken mehr als dreigliedrig, Regelversorgung
Lithiumdisilikat	500 MPa [84]	CAD/CAM-Fertigung 289 EUR <sup>2</sup>	Kronen: 10 Jahre 83–94 % Brücken: 10 Jahre 51 %	sehr gut	Kronen, Brücken nur zum Ersatz 1. Prämolaren

1 Chipping möglich

2 Aktuelle Laborpreise 2022 für eine Einzelkrone von fünf Laboren und Fräszentren, gemittelt

Wissenschaft bieten möchte, aber dennoch sollten in der Praxis nur Materialien mit ausreichender klinischer Bewährung verwendet werden. Schließlich streben wir im Sinne unserer Patienten einen sicheren und langfristigen klinischen Erfolg unserer Behandlung an. Dies ist auch ein Garant für die Zufriedenheit unserer Patienten.

## INTERESSENKONFLIKT

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

## LITERATUR

- Al Moaleem MM, Alkhayrat FM, Madkhali HA et al.: Subjective differences between dentists and patients about relative quality of metal ceramic restorations placed in the esthetic zone. *J Contemp Dent Pract* 2017; 18: 112–116
- Aziz A, El-Mowafy O, Tenenbaum HC, Lawrence HP, Shokati B: Clinical performance of chairside monolithic lithium disilicate glass-ceramic CAD-CAM crowns. *J Dent Esthetic Rest* 2019; 31: 613–619
- Bahat Z, Mahmood D, von Steyern V: Fracture strength of three-unit fixed partial denture cores (Y-TZP) with different connector dimension and design. *Swedish Dent J* 2009; 33: 149
- Baixauli-López M, Roig-Vanaclocha A, Amengual-Lorenzo J, Agustín-Panadero R: Prospective study of monolithic zirconia crowns: clinical behavior and survival rate at a 5-year follow-up. *J Prosthodont Res* 2021; 65: 284–290
- Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R: Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent* 2010; 104: 6–12
- Balevi B: Industry sponsored research may report more favourable outcomes. *Evidence-Based Dent* 2011; 12: 5–6
- Barratt A: Evidence based medicine and shared decision making: the challenge of getting both evidence and preferences into health care. *Patient Educ Couns* 2008; 73: 407–412
- Beuer F, Aggstaller H, Richter J, Edelhoff D, Gernet W: Influence of preparation angle on marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia crown copings. *Quintessence Int* 2009; 40: 243–250
- Bundesministerium für Gesundheit und Bundesministerium für Justiz: Patientenrechte in Deutschland. Berlin und Bonn 2007
- Bundesvereinigung BuK: Das Dental Vademekum, 9. Ausgabe, Köln 2007
- Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung: Jahrbuch 2022: Statistische Basisdaten zur vertragszahnärztlichen Versorgung. Köln 2022
- De Backer H, Van Maele G, De Moor N, Van den Berghe L, De Boever J: An 18-year retrospective survival study of full crowns with or without posts. *Int J Prosthodont* 2006; 19: 143–153
- de Souza Melo G, Batistella EA, Bertazzo-Silveira E et al.: Association of sleep bruxism with ceramic restoration failure: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2018; 119: 354–362
- Dettinger J, Pfefferkorn F, Reiss B: Vollkeramische Restaurationen in der niedergelassenen Praxis: Wie werden Werkstoffe ausgewählt? Was hat sich bewährt? *Quintessenz* 2019; 70: 1222–1230
- Dettinger J, Pfefferkorn F, Reiss B: 55 Einblicke in den Markt für festsitzende Restaurationen (Studienergebnisse der AG Keramik). <https://www.zm-online.de/artikel/2022/regenerative-therapien/digitale-herstellung-vollkeramik-und-zirkonoxid-weiter-im-trend>: Arbeitsgemeinschaft Keramik in der Zahnheilkunde
- Dini C, Pereira MMA, Souza JGS, Shibli JA, de Avila ED, Barão VAR: Association between industry support and the reporting of study outcomes in randomized clinical trials of dental implant research from the past 20 years. *Clin Impl Dent Related Res* 2022; 24: 94–104
- Elsaka SE: Optical and mechanical properties of newly developed monolithic multilayer zirconia. *J Prosthodont* 2019; 28: e279–e284
- Elsayed A, Meyer G, Wille S, Kern M: Influence of the yttrium content on the fracture strength of monolithic zirconia crowns after artificial aging. *Quintessence Int* 2019; 50: 344–348
- 3M Espe: Produktdatenblatt 3M™ Lava™ Ultimate CAD/CAM Restaurationsmaterial für CEREC®/inLab™. 2019
- Faggion Jr CM, Tu Y-K: Standard operating procedures approach for the implementation of the evidence-based dentistry concept in dental practice. *Journal of Evidence Based Dental Practice* 2007; 7: 102–107
- Faus-Matoses V, Ruiz-Bell E, Faus-Matoses I, Özcan M, Salvatore S, Faus-Llacer VJ: An 8-year prospective clinical investigation on the survival rate of feldspathic veneers: influence of occlusal splint in patients with bruxism. *J Dent* 2020; 99: 103352
- Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D: Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 275–284
- General Medical Council: Consent: patients and doctors making decisions together. London 2008
- Gierthmühlen P, Jerg A, Spitznagel F: S3-Leitlinie Vollkeramische Kronen und Brücken. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. 2021
- Habibi Y, Dawid MT, Waldecker M, Rammelsberg P, Bomicke W: Three-year clinical performance of monolithic and partially veneered zirconia ceramic fixed partial dentures. *J Esthetic Rest Dent* 2020; 32: 395–402

26. Hämmerle C, Wagner D, Brägger U et al.: Threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth. *Clin Oral Implant Res* 1995; 6: 83–90
27. Harada K, Raigrodski AJ, Chung K-H, Flinn BD, Dogan S, Mancl LA: A comparative evaluation of the translucency of zirconias and lithium disilicate for monolithic restorations. *J Prosthet Dent* 2016; 116: 257–263
28. Heintze SD, Rousson V: Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 493–502
29. Herrguth M, Wichmann M, Reich S: The aesthetics of all-ceramic veneered and monolithic CAD/CAM crowns. *J Oral Rehab* 2005; 32: 747–752
30. Herschfeld JJ: Charles H. Land and the science of porcelain in dentistry. *Bull Hist Dent* 1986; 34: 48–54
31. Homaei E, Farhangdoost K, Pow EHN, Matinlinna JP, Akbari M, Tsoi JKH: Fatigue resistance of monolithic CAD/CAM ceramic crowns on human premolars. *Ceramics International* 2016; 42: 15709–15717
32. Hosseini M, Worsaae N, Schjødt M, Gotfredsen K: A 1-year randomised controlled trial comparing zirconia versus metal-ceramic implant-supported single-tooth restorations. *Eur J Oral Implantol* 2011; 4: 347–361
33. Ioannidis A, Bindl A: Clinical prospective evaluation of zirconia-based three-unit posterior fixed dental prostheses: up-to ten-year results. *J Dent* 2016; 47: 80–85
34. Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Sakai M, Kristiansen J, Da Silva JD: Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *J Dent* 2009; 37: e57–e63
35. Joosten EA, DeFuentes-Merillas L, de Weert GH, Sensky T, van der Staak CP, de Jong CA: Systematic review of the effects of shared decision-making on patient satisfaction, treatment adherence and health status. *Psychotherapy and psychosomatics* 2008; 77: 219–226
36. Jordan AR, Micheelis W: Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Köln 2016
37. Kern M, Passia N, Sasse M, Yazigi C: Ten-year outcome of zirconia ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses and the influence of the reasons for missing incisors. *J Dent* 2017; 65: 51–55
38. Kern M, Sasse M, Wolfart S: Ten-year outcome of three-unit fixed dental prostheses made from monolithic lithium disilicate ceramic. *J Am Dent Assoc* 2012; 143: 234–240
39. Kim M-J, Ahn J-S, Kim J-H, Kim H-Y, Kim W-C: Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. *J Advanced Prosth* 2013; 5: 161–166
40. Komine F, Honda J, Kusaba K, Kubochi K, Takata H, Fujisawa M: Clinical outcomes of single crown restorations fabricated with resin-based CAD/CAM materials. *J Oral Sci* 2020; 62: 353–355
41. Kwon SJ, Lawson NC, McLaren EE, Nejat AH, Burgess JO: Comparison of the mechanical properties of translucent zirconia and lithium disilicate. *J Prosthet Dent* 2018; 120: 132–137
42. Lops D, Mosca D, Casentini P, Ghisolfi M, Romeo E: Prognosis of zirconia ceramic fixed partial dentures: a 7-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2012; 25: 21–23
43. Makhija SK, Lawson NC, Gilbert GH et al.: Dentist material selection for single-unit crowns: findings from the National Dental Practice-Based Research Network. *J Dent* 2016; 55: 40–47
44. Marquardt P, Strub JR: Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int* 2006; 37: 253–259
45. McLean JW, Sead I: The bonded alumina crown. 1. The bonding of platinum to aluminous dental porcelain using tin oxide coatings. *Aust dent J* 1976; 21: 119–127
46. Mitteilungen RZ: Lava Ultimate nicht mehr für Kronen verwenden. Bundeszahnärztekammer, Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zahnärztekammern e. V. Berlin 2015
47. Nakamura K, Harada A, Inagaki R et al.: Fracture resistance of monolithic zirconia molar crowns with reduced thickness. *Acta Odontologica Scandinavica* 2015; 73: 602–608
48. Nápánkangas R, Raustia A: An 18-year retrospective analysis of treatment outcomes with metal-ceramic fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2011; 24: 314–319
49. Nejatidanesh F, Moradpoor H, Savabi O: Clinical outcomes of zirconia-based implant- and tooth-supported single crowns. *Clin Oral Investig* 2016; 20: 169–178
50. Örtorp A, Kihl ML, Carlsson GE: A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting. *J Dent* 2012; 40: 527–530
51. Passia N, Chaar MS, Kern M: Outcome of posterior fixed dental prostheses made from veneered zirconia over an observation period of up to 13 years. *J Dent* 2019; 86: 126–129
52. Pieger S, Salman A, Bidra AS: Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 22–30
53. Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M: Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Impl Res* 2007; 18: 97–113
54. Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hämmerle CH: A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18 Suppl 3: 73–85
55. Pontevedra P, Lopez-Suarez C, Rodriguez V, Pelaez J, Suarez MJ: Randomized clinical trial comparing monolithic and veneered zirconia three-unit posterior fixed partial dentures in a complete digital flow: three-year follow-up. *Clin Oral Investig* 2022; 26: 4327–4335
56. Raigrodski AJ: Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 557–562
57. Rammelsberg P, Bermejo JL, Kappel S, Meyer A, Zenthöfer A: Long-term performance of implant-supported metal-ceramic and all-ceramic single crowns. *J Prosthet Res* 2020; 64: 332–339
58. Rauch A, Reich S, Dalchau L, Schierz O: Clinical survival of chair-side generated monolithic lithium disilicate crowns: 10-year results. *Clin Oral Investig* 2018; 22: 1763–1769
59. Rauch A, Schrock A, Schierz O, Hahnel S: Material preferences for tooth-supported 3-unit fixed dental prostheses: a survey of German dentists. *J Prosthet Dent* 2021; 126: 91.e91–91.e96
60. Rauch A, Schrock A, Schierz O, Hahnel S: Material selection for tooth-supported single crowns – a survey among dentists in Germany. *Clin Oral Investig* 2021; 25: 283–293
61. Reich S, Endres L, Weber C et al.: Three-unit CAD/CAM-generated lithium disilicate FDPs after a mean observation time of 46 months. *Clin Oral Investig* 2014; 18: 2171–2178
62. Reichen-Graden S, Lang N: Periodontal and pulpal conditions of abutment teeth. Status after four to eight years following the incorporation of fixed reconstructions. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1989; 99: 1381–1385
63. Reissmann DR: Dental patient-reported outcome measures are essential for evidence-based prosthetic dentistry. *J Evid Based Dent Pract* 2019; 19: 1–6
64. Reissmann DR, Bellows JC, Kasper J: Patient preferred and perceived control in dental care decision making. *JDR Clin Trans Res* 2019; 4: 151–159
65. Reitemeier B, Hänsel K, Range U, Walter MH: Prospective study on metal ceramic crowns in private practice settings: 20-year results. *Clin Oral Investig* 2019; 23: 1823–1828
66. Rinke S, Kramer K, Bürgers R, Roediger M: A practice-based clinical evaluation of the survival and success of metal-ceramic and zirconia molar crowns: 5-year results. *J Oral Rehabil* 2016; 43: 136–144
67. Rinke S, Wehle J, Schulz X, Bürgers R, Roediger M: Prospective evaluation of posterior fixed zirconia dental prostheses: 10-year clinical results. *Int J Prosthodont* 2018; 31: 35–42
68. Rohr N, Martin S, Fischer J: Correlations between fracture load of zirconia implant supported single crowns and mechanical properties of restorative material and cement. *Dent Mater J* 2018; 37: 222–228
69. Rosa M, Olimpo A, Fastuca R, Caprioglio A: Perceptions of dental professionals and laypeople to altered dental esthetics in cases with congenitally missing maxillary lateral incisors. *Progress in orthodontics* 2013; 14: 1–7
70. Rosenritt M, Preis V, Behr M, Strasser T: Fatigue and wear behaviour of zirconia materials. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020; 110: 103970
71. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CH: A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. *Clinical oral implants research* 2007; 18: 86–96
72. Sailer I, Stradling M, Valente NA, Zwahlen M, Liu S, Pjetursson BE: A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic multiple-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Impl Res* 2018; 29 Suppl 16: 184–198
73. Santos F, Branco A, Polido M, Serro AP, Figureido-Pina CG: Comparative study of the wear of the pair human teeth/Vita Enamic(R) vs. commonly used dental ceramics through chewing simulation. *J Mech Behav Biomed Mater* 2018; 88: 251–260

74. Say RE, Thomson R: The importance of patient preferences in treatment decisions – challenges for doctors. *BMJ* 2003; 327: 542–545
75. Schepke U, Meijer HJ, Vermeulen KM, Raghoobar GM, Cune MS: Clinical bonding of resin nano ceramic restorations to zirconia abutments: a case series within a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016; 18: 984–992
76. Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B: Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 1759–1764
77. Shahmiri R, Standard OC, Hart JN, Sorrell CC: Optical properties of zirconia ceramics for esthetic dental restorations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2018; 119: 36–46
78. Sharma AK, Gupta D: On microstructure and flexural strength of metal-ceramic composite cladding developed through microwave heating. *Applied Surface Science* 2012; 258: 5583–5592
79. Solá-Ruiz MF, Lagos-Flores E, Román-Rodríguez JL, Del Rio Highsmith J, Fons-Font A, Granell-Ruiz M: Survival rates of a lithium disilicate-based core ceramic for three-unit esthetic fixed partial dentures: a 10-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2013; 26: 175–180
80. Sorrentino R, De Simone G, Tetè S, Russo S, Zarone F: Five-year prospective clinical study of posterior three-unit zirconia-based fixed dental prostheses. *Clin Oral Investig* 2012; 16: 977–985
81. Souza R, Barbosa F, Araújo G et al.: Ultrathin monolithic zirconia veneers: reality or future? Report of a clinical case and one-year follow-up. *Oper Dent* 2018; 43: 3–11
82. Spies BC, Patzelt SBM, Vach K, Kohal RJ: Monolithic lithium-disilicate single crowns supported by zirconia oral implants: three-year results of a prospective cohort study. *Clin Oral Impl Res* 2016; 27: 1160–1168
83. Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff D, Lumkemann N: Three generations of zirconia: from veneered to monolithic. Part I. *Quintessence Int* 2017; 48: 369–380
84. Stawarczyk B, Liebermann A, Rosentritt M, Povel H, Eichberger M, Lumkemann N: Flexural strength and fracture toughness of two different lithium disilicate ceramics. *Dent Mater J* 2020; 39: 302–308
85. Stawarczyk B, Özcan M, Hallmann L, Ender A, Mehl A, Hämmerlet CH: The effect of zirconia sintering temperature on flexural strength, grain size, and contrast ratio. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 269–274
86. Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Donovan TE et al.: Optical properties and light irradiance of monolithic zirconia at variable thicknesses. *Dent Mater* 2015; 31: 1180–1187
87. Teichmann M, Göckler F, Weber V, Yildirim M, Wolfart S, Edelhoff D: Ten-year survival and complication rates of lithium-disilicate (Empress 2) tooth-supported crowns, implant-supported crowns, and fixed dental prostheses. *J Dent* 2017; 56: 65–77
88. Thoma DS, Sailer I, Ioannidis A, Zwahlen M, Makarov N, Pjetursson BE: A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded fixed dental prostheses after a mean observation period of at least 5 years. *Clin Oral Impl Res* 2017; 28: 1421–1432
89. Toman M, Toksavul S: Clinical evaluation of 121 lithium disilicate all-ceramic crowns up to 9 years. *Quintessence Int* 2015; 46: 189–197
90. Touati B, Miara P, Nathanson D: *Ästhetische Zahnheilkunde und keramische Restauration*. München 2001
91. Tsirogiannis P, Reissmann DR, Heydecke G: Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2016; 116: 328–335. e322
92. Valenti M, Valenti A: Retrospective survival analysis of 261 lithium disilicate crowns in a private general practice. *Quintessence Int* 2009; 40: 573–579
93. Waldecker M, Behnisch R, Rammelsberg P, Bömicke W: Five-year clinical performance of monolithic and partially veneered zirconia single crowns – a prospective observational study. *J Prosthet Res* 2022; 66: 339–345
94. Walter MH, Rädcl M: *Inanspruchnahme und Ausgaben in der zahnmedizinischen Versorgung*. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 2021; 64: 993–1000
95. Walton TR: A 10-year longitudinal study of fixed prosthodontics: clinical characteristics and outcome of single-unit metal-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 519–526
96. Walton TR: An up to 15-year longitudinal study of 515 metal-ceramic FPDs: Part 1. Outcome. *Int J Prosthodont* 2002; 15: 439–445
97. Weber H: *Edelmetallfreie (NEM) Kronen-, Brücken- und Geschiebeprothetik*. Berlin 1985
98. Wiedenmann F, Bohm D, Eichberger M, Edelhoff D, Stawarczyk B: Influence of different surface treatments on two-body wear and fracture load of monolithic CAD/CAM ceramics. *Clin Oral Investig* 2020; 24: 3049–3060
99. Zhang F, Inokoshi M, Batuk M et al.: Strength, toughness and aging stability of highly-translucent Y-TZP ceramics for dental restorations. *Dent Mater* 2016; 32: e327–e337

## Material compass for fixed dentures — innovation vs. evidence. A practical guide

**Keywords:** all-ceramic restorations, clinical longterm-success, crown- and bridgework, material choice, metal-ceramic restorations

The choice of materials for fixed dental restorations has rapidly increased during the last two decades. Besides the well-proven metal-based restorations, there is a variety of all-ceramic materials available. Especially in the field of Zirconia materials, the modifications have been fast-paced.

This review aims to provide orientation amidst the myriad of options for the right material, regarding the development and technical characteristics of approved and new materials, as well as their success rates in different clinical indications. Taking other aspects into account, such as cost intensity and aesthetic expectations, we have developed flowcharts to simplify the choice of an appropriate material.



**Uwe Diedrichs**

**Uwe Diedrichs** Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

**Julia Myrau** Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

**Prof. Dr. Daniel R. Reißmann** Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Universitätsklinikum Leipzig

**Kontakt:** Uwe Diedrichs, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistraße 52, 20246 Hamburg, E-Mail: [u.diedrichs@uke.de](mailto:u.diedrichs@uke.de)

Abb. 1 bis 4: U. Diedrichs, J. Myrau, Porträtfoto: UKE Hamburg

Laurentia Schuster, Till Dammaschke

# Lichthärtende Pulpaüberkappungsmaterialien: eine Übersicht

**Indizes:** Kalziumsilikatzemente, lichthärtende Überkappungsmaterialien, Pulpa, Überkappung, Vitalerhaltung

**Zusammenfassung:** Kommt es zu einer akzidentellen Exposition der Pulpa im Rahmen eines dentalen Traumas oder bei der Kariesexkavation, sind vitalerhaltende Maßnahmen erforderlich. Goldstandard für diese Behandlung sind die hydraulischen Kalziumsilikatzemente (HKSZ). Ihre relativ lange Abbindezeit erscheint jedoch von Nachteil, weshalb von etlichen Herstellern licht- oder dualhärtende Überkappungsmaterialien, genauer gesagt fließfähige Komposite mit Zusatz von Portlandzement-, Kalziumsilikat- oder MTA-Pulver angeboten werden. Diese Produkte werden als biokompatibel und bioaktiv beworben. Wirft man jedoch einen Blick in die zu dieser Materialklasse vorhandene Literatur, ist das Gegenteil festzustellen. Nicht nur haben die lichthärtenden Überkappungsmaterialien signifikant schlechtere Materialeigenschaften als die HKSZ, es lassen sich mitunter ausgeprägte zytotoxische Wirkungen dieser Materialien nachweisen. In klinischen Studien schneiden diese Materialien ebenfalls signifikant schlechter ab als HKSZ. Über Kompositmaterialien ist hinreichend bekannt, dass sie schädliche Monomere enthalten und zytotoxische Wirkungen haben. Aufgrund der vielfältigen, wissenschaftlich belegten Nachteile fließfähiger, licht- oder dualhärtender Komposite mit Zusatz von Portlandzement-, Kalziumsilikat- oder MTA-Pulver kann trotz ihrer verkürzten Aushärtungszeit keine Empfehlung hinsichtlich ihrer Eignung als Überkappungsmaterialien für die Pulpa ausgesprochen werden. In der Zahnmedizin gibt es grundsätzlich keine Indikation für die Verwendung licht- oder dualhärtender Materialien, die Kalziumsilikat enthalten.

## Warum Sie diesen Artikel lesen sollten

Entscheidend für den Erfolg vitalerhaltender Maßnahmen ist neben der korrekten Durchführung der Behandlung auch die Wahl eines adäquaten Überkappungsmaterials. Für alle erhältlichen Materialien wird eine hohe Biokompatibilität versprochen, bei den licht- und dualhärtenden Materialien trifft dieses Versprechen jedoch meist nicht zu. Dieser Artikel gibt einen Überblick über die verfügbaren licht- und dualhärtenden Materialien und ihre Eignung zum Einsatz im Rahmen vitalerhaltender Maßnahmen.

## EINLEITUNG

Bei der großen Fülle der auf dem Markt erhältlichen Materialien für die Überkappung der exponierten Pulpa ist es schwer, die Übersicht zu behalten. Dieser Artikel soll einen Überblick über die bekanntesten verfügbaren lichthärtenden Überkappungsmaterialien geben und die dazu vorhandene Literatur hinsichtlich ihrer chemisch-physikalischen

und biologischen Eigenschaften beleuchten. Dabei wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

Die Vorteile der hydraulischen Kalziumsilikatzemente (HKSZ) wurden seit ihrer Einführung in der Literatur hinreichend bewiesen. Und doch mag deren Aushärtungszeit von etwa 15 Minuten<sup>1</sup> bis 3 Stunden<sup>70</sup> im Praxisalltag von Nachteil erscheinen. Um diesen Nachteil auszugleichen, werden von verschiedenen Herstellern kalziumhydroxid- oder kalziumsilikathaltige, fließfähige Komposite angeboten, die sogenannten „lichthärtenden Kalziumsilikatzemente“ (Abb. 1 bis 5).

Die bekanntesten, seit etlichen Jahren auf dem Markt erhältlichen Vertreter der lichthärtenden Überkappungsmaterialien sind TheraCal LC (BISCO, Schaumburg, IL, USA), TheraCal PT (BISCO, Schaumburg, IL, USA), ApaCal ART™ (Prevest DenPro Limited, Jammu, Indien), ACTIVA™ BioACTIVE BASE/LINER™ (Pulpdent Corporation, Watertown, MA USA), Vitrebond™ (3M, Saint Paul, MN, USA), Calcimol LC (VOCO, Cuxhaven, Deutschland), Lime-Lite™ (Pulpdent Corporation, Watertown, MA, USA), Prisma VLC Dycal (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA) und Ultra-Blend™ plus (Ultradent Products Inc., Köln, Deutschland). Es kommen ständig weitere Materialien hinzu, beispielsweise in letzter Zeit ReViCal (R-Dental, Hamburg, Deutschland), MTA PulpCap oder Pulprotec MTA (beide Cumentec, Tübingen, Deutschland). Neben den genannten sind noch etliche

## Manuskript

Eingang: 23.12.2023

Annahme: 18.01.2024



**Abb. 1** TheraCal LC (BISCO, Schaumburg, IL, USA) (oben) und TheraCal PT (BISCO, Schaumburg, IL, USA) (unten)



**Abb. 2** ReViCal (R-Dental, Hamburg, Deutschland)



**Abb. 3** MTA PulpCap (Cumdente, Tübingen, Deutschland) (oben) und Pulprotect MTA (Cumdente, Tübingen, Deutschland) (unten)



**Abb. 4** ApaCal ART (Prevest DenPro Limited, Jammu, Indien)



**Abb. 5** Calcimol LC (VOCO, Cuxhaven, Deutschland)

andere Materialien verfügbar, deren Aufzählung den Rahmen dieses Artikels sprengen würde. Für alle diese Produkte versprechen die Hersteller eine Zeitersparnis sowie eine ausgeprägte Biokompatibilität und die Freisetzung von Kalzium- und Hydroxidionen. Weitere Vorteile sind nach Angaben der Hersteller eine verringerte Wasserlöslichkeit und Porosität sowie ihre Widerstandsfähigkeit gegen Phosphorsäure und somit das Wegfallen der Notwendigkeit, das Überkappungsmaterial mit einer Unterfüllung zu bedecken. Im Hinblick auf die Überlebens- und Erfolgsraten einer Pulpaüberkappung mit lichthärtenden Überkappungsmaterialien und im Hinblick auf die Freisetzung von Kalzium- und Hydroxidionen aus dieser Materialgruppe ist die Datenlage jedoch nicht so eindeutig, wie sie es bei den HKSZ ist.

## ÜBERSICHT ÜBER DIE MATERIALIEN

In Tabelle 1 sind die Anwendungsgebiete und Inhaltsstoffe einiger lichthärtender Überkappungsmaterialien entsprechend den Sicherheitsdatenblättern der jeweiligen Hersteller aufgeführt.

## TheraCal LC (BISCO, Schaumburg, IL, USA)

TheraCal LC ist ein fließfähiges, lichthärtendes Komposit, das Portlandzement enthält. Geliefert wird es in einer Spritze zusammen mit passenden Applikationskanülen. Es ist vom Hersteller sowohl für die indirekte als auch für die direkte Überkappung einer mechanisch oder kariös exponierten Pulpa freigegeben. Laut Hersteller wirkt es als Barriere und Schutz des pulpalen Komplexes, kann unter allen gängigen Restaurationsmaterialien als Unterfüllung genutzt werden und fungiert als Alternative zu Kalziumhydroxid. Es besteht demnach aus Trikalziumsilikat, das in eine hydrophile Kompositmatrix eingebettet ist, setzt Kalziumionen frei und hat einen alkalischen pH-Wert, ist feuchtigkeits-tolerant und radioopak. Der Hersteller wirbt zudem mit seiner einzigartigen Fähigkeit, die Hydroxylapatitbildung zu stimulieren. Wo Hydroxylapatit entstehen soll oder was damit gemeint ist, wird nicht weiter ausgeführt. Es soll in Schichtdicken von maximal 1 mm im Bereich der exponierten Pulpa aufgetragen und für 20 Sekunden lichtpolymerisiert werden. TheraCal LC ist in zahlreichen Material-, *In-vitro*- und *In-vivo*-Studien

untersucht worden. Von allen hier vorgestellten Materialien ist es das am besten untersuchte.

### TheraCal PT (BISCO, Schaumburg, IL, USA)

TheraCal PT ist ein fließfähiges, dualhärtendes Zwei-Komponenten-Komposit, das Portlandzement enthält. Geliefert wird es in einer Automix-Spritze zusammen mit passenden Applikationskanülen. Es ist vom Hersteller sowohl für die direkte als auch für die indirekte Überkappung einer mechanisch oder kariös exponierten Pulpa freigegeben. Erwähnt wird explizit auch, dass das Material – anders als TheraCal LC – für Pulpotomien genutzt werden könne. Es erhalte die Vitalität der Pulpa und fungiere als Barriere und Schutz des pulpalen Komplexes. Aufgrund der Einbettung der Kalziumsilikatpartikel in eine hydrophile Kompositmatrix sei das Material feuchtigkeitstolerant und nur sehr gering löslich, es setze viele Kalziumionen frei und habe auch nach 7 Tagen noch einen alkalischen pH-Wert. Es kann laut Hersteller in unbegrenzten Schichtdicken im Bereich der exponierten Pulpa aufgetragen und polymerisiert werden, da eine vollständige Aushärtung durch die dualhärtenden Eigenschaften sichergestellt sei. Der Hersteller gibt eine Verarbeitungszeit von 35 Sekunden und eine maximale Aushärtungsdauer von 5 Minuten an, nach dem Einbringen in die Kavität soll das Material 10 Sekunden lichtgehärtet werden.

### ApaCal ART™ (Prevest DenPro Limited, Jammu, Indien)

ApaCal ART™ ist ein fließfähiges, lichthärtendes Komposit, das Trikalziumphosphat und Hydroxylapatit enthält. Der Hersteller empfiehlt das Material für die indirekte und die direkte Pulpaüberkappung, da es eine Barriere bilde und den Dentin-Pulpa-Komplex schütze. Es wird mit einer einzigartigen „active release technology“ geworben, d. h. einer schnelleren Freisetzung von Kalziumionen und einer schnelleren Dentinbrückenbildung, die durch das Material induziert werde. Für eine Überkappung soll das Material in Schichtdicken von maximal 1 mm aufgetragen und für 40 Sekunden lichtpolymerisiert werden.

### Calcimol LC (VOCO, Cuxhaven, Deutschland)

Calcimol LC ist ein fließfähiges, lichthärtendes Komposit, das Kalziumhydroxid enthält. Es ist vom Hersteller für die indirekte Überkappung der Pulpa freigegeben. Geliefert wird es in einer nachlauffreien Applikationsspritze zusammen mit den passenden Applikationskanülen. Geworben wird mit einer Förderung der Reizdentinbildung und einer guten Säureresistenz, sodass das Material als Säureschutz bei der Anwendung der Säure-Ätz-Technik geeignet sei. Will man es verwenden, sollen Schichten von über 1 mm Dicke in die Kavität eingebracht und für 20 Sekunden lichtpolymerisiert werden. Calcimol LC wurde in

einigen Material-, *In-vitro*- und *In-vivo*-Studien untersucht. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen dieser Untersuchungen fallen unterschiedlich aus.

### Prisma VLC Dycal (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA)

Prisma VLC Dycal ist eine lichthärtendes, fließfähiges Komposit, das Kalziumhydroxid enthält und vom Hersteller für die indirekte und direkte Pulpaüberkappung freigegeben ist. Der Hersteller wirbt mit guten physikalischen Eigenschaften, einer guten Fließfähigkeit und geringen Wasserlöslichkeit und gleichzeitig der Fähigkeit des Materials, Dentin zu befeuchten. Außerdem beeinträchtigt es nicht die Polymerisation von Kompositen. Geliefert wird es in einer Tube. Obwohl schon länger auf dem Markt erhältlich, ist das Material noch nicht sehr häufig untersucht worden.

### Ultra-Blend™ plus (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA)

Ultra-Blend™ plus ist ein fließfähiges, lichthärtendes Komposit, das Kalziumhydroxid enthält und vom Hersteller sowohl für die direkte als auch für die indirekte Überkappung einer mechanisch exponierten Pulpa freigegeben ist. Beworben wird es als hoch gefüllter, schrumpfungstoleranter Liner, der für die Überkappung der Pulpa ideal geeignet sei. Es wird in einer Applikationsspritze mit den passenden Applikationskanülen geliefert. Die Gebrauchsanweisung empfiehlt das initiale Einbringen einer 0,5 mm dicken Schicht, die je nach Polymerisationslampe für 10–20 Sekunden ausgehärtet und dann mit Schichten von 2 mm Dicke überschichtet und für die gleiche Zeit ausgehärtet wird. Ultra-Blend™ plus wurde in der Vergangenheit einige Male in Material- und Zellstudien untersucht.

### Lime-Lite™ (Puldent, Watertown, MA, USA)

Bei Lime-Lite™ handelt es sich um ein selbstadhäsives, fließfähiges, lichthärtendes Komposit, das Hydroxylapatit enthält. Laut Hersteller gibt es Kalzium-, Phosphat- und Fluoridionen ab und ist für die indirekte Überkappung freigegeben. Es reduziere Überempfindlichkeiten, sei feuchtigkeitstolerant, habe eine stärkere Haftung am Dentin und sei aufgrund einer hohen Druck- und Verschleißfestigkeit sehr langlebig, außerdem sei es stoßdämpfend und enthalte weder Bisphenol-A noch Bis-GMA oder BPA-Derivate. Wird es in die Kavität eingebracht, so sollen die Schichtstärken 1–1,5 mm nicht überschreiten und für 20 Sekunden lichtpolymerisiert werden. Mittlerweile ist das Nachfolgepräparat Lime-Lite™ ENHANCED erhältlich. Obwohl schon länger auf dem Markt, ist das Material noch nicht sehr häufig untersucht worden.

Tab. 1 Inhaltsstoffe und Anwendungsgebiete der lichthärtenden Überkappungsmaterialien

Handelsname	Materialklasse	Inhaltsstoffe	Hersteller	Freigabe für ...
TheraCal LC	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Portlandzement Typ III, pyrogenes Siliziumdioxid, Bis-GMA, Polyglykol-Dimethacrylat, Bariumzirkonat	BISCO, Schaumburg, IL, USA	... direkte und indirekte Pulpaüberkappung
TheraCal PT	Komposit 2-Komponenten-System dualhärtend	Base-Paste: Portlandzement, Bis-GMA, Bariumzirkonat; Katalysatorpaste: Bis-GMA, Bariumzirkonat, Ytterbiumfluorid, Initiator	BISCO, Schaumburg, IL, USA	... Pulpotomie, direkte und indirekte Pulpaüberkappung
ReViCal	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Zubereitung aus verschiedenen Mineraloxiden und Methacrylaten: Mineraloxide GHS05, GHS07, H315, H317, H318; Methacrylate GHS07, H315, H319, H335, H317	R-dental, Hamburg, Deutschland	... direkte und indirekte Pulpaüberkappung
MTA PulpCap	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Zubereitung aus verschiedenen Mineraloxiden und Methacrylaten: Mineraloxide GHS05, GHS07, H315, H318, H317; Methacrylate GHS07, H315, H319, H335, H317	Cumdente, Tübingen, Deutschland	... direkte und indirekte Pulpaüberkappung
Pulprotect MTA	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Zubereitung aus verschiedenen Mineraloxiden und Methacrylaten: Mineraloxide GHS05, GHS07, H315, H318, H317; Methacrylate GHS07, H315, H319, H335, H317	Cumdente, Tübingen, Deutschland	... indirekte Pulpaüberkappung
ApaCal ART™	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Trikalziumphosphat, Hydroxylapatit, Methacrylat, Bariumzirkonat	Prevest DenPro Limited, Jammu, Indien	... direkte und indirekte Pulpaüberkappung
ACTIVA™ BioACTIVE BASE/LINER™	kompositmodifizierter Glasionomerzement 1-Komponenten-System dualhärtend	Mischung aus Diurethan und anderen Methacrylaten mit modifizierter Polyacrylsäure, amorphes Siliziumdioxid, Natriumfluorid	Pulpdent Corporation, Watertown, MA, USA	... indirekte Pulpaüberkappung
Calcimol LC	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Kalziumhydroxid, pyrogenes Siliziumdioxid, UDMA, TEGDMA	VOCO, Cuxhaven, Deutschland	... indirekte Pulpaüberkappung
Prisma VLC Dycal	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Kalziumhydroxid, Bariumsulfat, UDMA, TEGDMA	Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA	... direkte und indirekte Pulpaüberkappung
Ultra-Blend™ plus	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Kalziumhydroxid, Trikalziumphosphat, Diurethan-Dimethacrylat, TEGDMA	Ultradent Products Inc., Köln, Deutschland	... direkte und indirekte Pulpaüberkappung
Lime-Lite™	Komposit 1-Komponenten-System lichthärtend	Mischung aus Diurethan und anderen Methacrylaten, amorphes Siliziumdioxid	Pulpdent Corporation, Watertown, MA, USA	... indirekte Pulpaüberkappung
Vitrebond™	kompositmodifizierter Glasionomerzement 2-Komponenten-System lichthärtend	HEMA, polymere Säure, Essigester, Tetrahydrofuran (THF), Initiator	3M, Saint Paul, MN, USA	... indirekte Pulpaüberkappung

### ACTIVA™ BioACTIVE BASE/LINER™ (Pulpdent, Watertown, MA, USA)

ACTIVA™ BioACTIVE BASE/LINER™ ist ein dualhärtender, kompositmodifizierter Glasionomerzement, der laut Hersteller die Hydroxylapatitbildung stimuliert und durch eine kontinuierliche pH-abhängige Abgabe von Kalzium-, Phosphat- und Fluoridionen und gleichzeitige Wiederaufnahme dieser Ionen charakterisiert wird. Es ist vom Hersteller zur indirekten Pulpaüberkappung freigegeben. Beworben wird, dass das Material die Vorteile von Glasionomerzementen in einer bruchfesten

Kompositmatrix bietet, chemisch an den Zahn bindet und so gegen Mikroleakages abdichtet. Es sei bioaktiver als Glasionomerzemente und bruchresistenter als Komposite oder Glasionomerzemente sowie stoßabsorbierend, und die bioaktiven Füllstoffe imitierten die chemischen und physikalischen Eigenschaften natürlicher Zähne. Der Hersteller hebt besonders hervor, dass das Material weder Bisphenol A noch Bis-GMA oder BPA-Derivate enthalte. Empfohlen wird, das Material nach dem Anätzen und Konditionieren der Kavität in Schichtdicken von maximal 4 mm einzubringen und für 20 Sekunden zu lichtpolymerisieren. Nach weniger als 5 Minuten sei das Material vollständig ausgehärtet.

## Vitrebond™ (3M, Saint Paul, MN, USA)

Bei Vitrebond™ handelt es sich um ein lichthärtendes Glasionomer-Unterfüllungsmaterial. Vom Hersteller ist es als Unterfüllungsmaterial unter Komposit-, Keramik-, Metall- und Amalgamrestorationen freigegeben. Laut Hersteller reduziert das Material das Risiko postoperativer Hypersensibilitäten und kann als Alternative zu Kalziumhydroxid genutzt werden. Geliefert wird es als Pulver und Flüssigkeit, die miteinander vermischt werden müssen. Die Anleitung schreibt das Vermischen von einem Messlöffel Pulver mit einem Tropfen Flüssigkeit vor, die Mindestverarbeitungszeit beträgt demnach 60 Sekunden. In einer dünnen, maximal 1–2 mm dicken Schicht soll das Material in die Kavität eingebracht und 30 Sekunden lang lichtpolymerisiert werden. Mittlerweile ist das Nachfolgepräparat Vitrebond™ Plus, ein Zwei-Komponenten(Paste-Paste)-System, erhältlich, das nach Applikation in die Kavität für 20 Sekunden lichtgehärtet werden soll. Es wird im 3M™ Clicker™ Dispenser geliefert, sodass die Dosierung exakt reproduzierbar sei.

## PH-WERT UND KALZIUMIONENFREISETZUNG

pH-Wert-Untersuchungen finden als *In-vitro*-Untersuchung statt. Dabei wird nicht der pH-Wert des Materials selbst, sondern der des Lagermediums untersucht. Der pH-Wert ist abhängig von der Menge der im Lagermedium vorhandenen oder durch die Materialien ins Lagermedium abgegebenen (OH)<sup>-</sup>-Ionen.

TheraCal LC wies bei Lagerung in destilliertem Wasser<sup>5,24,57</sup> und HBSS<sup>42,66</sup> einen signifikant niedrigeren pH-Wert als HKSZ auf. Sein pH-Wert lag bei Immersion in destilliertem Wasser im leicht basischen Bereich<sup>12,53</sup>. Die Kalziumionenfreisetzung von TheraCal LC war niedriger als die von Biodentine<sup>24</sup>. ACTIVA wies bei Immersion in HBSS<sup>42</sup> und Lime-Lite bei Immersion in destilliertem Wasser<sup>24</sup> einen geringeren pH-Wert als HKSZ auf. Calcimol LC und Ultra-Blend plus erreichten bei Lagerung in destilliertem Wasser einen pH-Wert im nur schwach basischen Bereich<sup>53</sup>, verglichen mit HKSZ hatte Calcimol LC einen deutlich geringeren pH-Wert<sup>57</sup>. Bei Lagerung in HBSS erreichten ReViCal, MTA PulpCap, Pulprotec MTA und Calcimol LC einen signifikant geringeren pH-Wert als HKSZ<sup>66</sup>.

Die Autoren einer *Ex-vivo*-Untersuchung der indirekten Überkappung extrahierter Zähne mit TheraCal LC, Calcimol LC und ProRoot MTA und anschließender Lagerung in destilliertem Wasser fanden heraus, dass Calcimol LC bei einem ähnlichen pH-Wert wie ProRoot MTA signifikant weniger Kalziumionen freisetzte als dieses<sup>23</sup>. Ebenfalls *ex vivo* wurde die Freisetzung von Kalzium- und Hydroxidionen in isotonischer Salzlösung aus Calcimol LC und TheraCal LC mit Biodentine und MTA verglichen. Dabei konnte festgestellt werden, dass Biodentine und TheraCal LC mehr Kalziumionen freisetzten als Calcimol LC oder MTA. Die Hydroxidionenfreisetzung war aus Calcimol LC

am geringsten, gefolgt von TheraCal LC und MTA, und aus Biodentine am höchsten<sup>3</sup>. Auch haben Untersuchungen gezeigt, dass die Kalziumfreisetzung von TheraCal LC in HBSS<sup>8,13,14,42</sup>, ACTIVA in HBSS<sup>42</sup> und Lime-Lite in destilliertem Wasser<sup>24</sup> signifikant geringer war als die von HKSZ. Verglichen mit MTA geben sowohl TheraCal LC als auch TheraCal PT bei Immersion in destilliertem Wasser signifikant weniger Kalziumionen ab<sup>43</sup>.

Für die Übertragung dieser *In-vitro*-Ergebnisse auf die klinische Situation ist zu beachten, dass Werte, die bei Lagerung in simulierten Körperflüssigkeiten (z. B. HBSS) gewonnen werden, viel realistischer im Vergleich zu allen anderen Lagermedien sind. Es ist hinreichend bekannt, dass HKSZ mit den Ionen (z. B. Kalzium und Phosphat) aus diesen simulierten Körperflüssigkeiten reagieren. Diese Reaktion fehlt in Lagermedien wie destilliertem Wasser oder isotoner Kochsalzlösung, jedoch entzieht destilliertes Wasser aufgrund des hohen Ionenkonzentrationsgefälles den Materialien per se mehr Ionen. Demnach sind, was die Ionenfreisetzung betrifft [Ca<sup>2+</sup>, (OH)<sup>-</sup>], alle HKSZ den lichthärtenden Materialien signifikant überlegen.

## FESTIGKEIT UND LÖSLICHKEIT

Im Anschluss an die Überkappung der Pulpa wird der Zahn mit einer Restauration versorgt. Diese Restauration soll möglichst lange in Funktion bleiben. Deshalb ist es wichtig, dass das zur Überkappung genutzte Material langfristig eine hohe Festigkeit aufweist. Gleichzeitig ermöglicht eine ausgeprägte Materialporosität ein verbessertes Eindringen von Flüssigkeit und damit ein vermehrtes Herauslösen von wichtigen Ionen aus den Materialien.

TheraCal LC wies nach Immersion in destilliertem Wasser einerseits eine geringere Materialporosität und eine deutlich geringere Löslichkeit als Biodentine, ProRoot MTA oder Dycal auf<sup>24,25</sup>, auf der anderen Seite hatten verschiedene, in destilliertem Wasser gelagerte Kalziumhydroxid- und MTA-Präparate eine geringere Löslichkeit als TheraCal LC<sup>57</sup>. Eine *In-vitro*-Studie, die neben der Zytotoxizität von TheraCal LC auch dessen Löslichkeit und Wasseraufnahme untersuchte, hat gezeigt, dass bei Immersion in destilliertem Wasser oder einem Zellmedium die Wasseraufnahme und die Löslichkeit von TheraCal LC proportional zueinander mit zunehmender Untersuchungsdauer anstiegen<sup>12</sup>. Bei Lagerung in destilliertem Wasser ergab ein Vergleich zwischen Calcimol LC und ProRoot MTA, dass die Löslichkeit des HKSZ ähnlich hoch war wie die von Calcimol LC<sup>57</sup>. Porosität und Löslichkeit von in destilliertem Wasser gelagertem Lime-Lite waren deutlich geringer als jene von ProRoot MTA und Biodentine<sup>24</sup>.

Eine Materialuntersuchung von TheraCal LC, Biodentine und MTA konnte zeigen, dass TheraCal LC die initial höchste Druck- und Biegefestigkeit, Biodentine jedoch den größten Biegemodul hatte. Daraus folgerten die Autoren, dass TheraCal LC zwar beim Einbringen der

definitiven Restauration eine größere Frakturresistenz habe, dass Biodentine aber die langfristig größere Frakturresistenz unter einer Restauration in Funktion habe<sup>52</sup>.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass HKSZ eine größere Materialaktivität haben als die lichthärtenden Materialien: Je größer Porosität und Löslichkeit eines Materials sind, desto besser kann Flüssigkeit eindringen und wichtige Ionen, z. B. Kalziumionen, aus dem Material herauswaschen und für die Umgebung zugänglich machen. Das bedeutet, dass HKSZ besser Ionen abgeben können und langfristig eine stärkere Belastbarkeit aufweisen. Deshalb sind sie den lichthärtenden Materialien vorzuziehen.

## MONOMERAUSTRITT UND LICHPOLYMERISATION

Aus unpolymerisierten und polymerisierten Proben von TheraCal LC konnte eine Elution der Fotoinitiatoren DMABEE und Campherchinon sowie anderer Monomere nachgewiesen werden<sup>53</sup>. Der Austritt von TEGDMA aus TheraCal PT war signifikant höher als der aus TheraCal LC, doch trat aus TheraCal LC mehr Bis-GMA aus als aus TheraCal PT<sup>43</sup>. Die chromatografische Untersuchung von Calcimol LC und Ultra-Blend plus ergab ebenfalls, dass sowohl im polymerisierten als auch im unpolymerisierten Zustand etliche Monomere niedrigeren und höheren Molekulargewichts aus dem Material austraten, unter anderem HEMA, DMAEMA, TEGDMA und EGDMA sowie Campherchinon, die als zytotoxisch eingestuft werden<sup>53</sup>.

Nach einer Polymerisationszeit von 20 Sekunden waren 1,69 mm von 4 mm dicken Proben von TheraCal LC gehärtet<sup>25</sup>. Darüber hinaus konnte durch eine Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) gezeigt werden, dass bei Materialproben von TheraCal LC mit einer Schichtstärke von 1 mm nach einer Polymerisationszeit von 20 Sekunden, wie der Hersteller sie empfiehlt, ein Konversionsgrad von weniger als 30 % vorlag. Erst bei einer Polymerisationszeit von mehr als 90 Sekunden wurde ein Konversionsgrad von 90 % erreicht<sup>42</sup>. Das bedeutet, dass nach einer 20-sekündigen Polymerisation noch immer zu 70 % unpolymerisierte Monomere in TheraCal LC vorhanden waren. Der Grad der Polymerisation wiederum beeinflusst die Monomerabgabe aus den Materialien: Aus vollständig polymerisierten Materialien werden meist weniger Monomere an die Umgebung abgegeben als aus unvollständig oder nicht polymerisierten. Von freien Monomeren ist hinreichend bekannt, dass sie pulpatoxisch sind. Auch konnte, ebenfalls mithilfe von FTIR, gezeigt werden, dass TheraCal PT aufgrund seiner dualhärtenden Eigenschaften einen insgesamt signifikant höheren Konversionsgrad als TheraCal LC aufweist<sup>43</sup>.

Für alle Monomere, die in TheraCal LC, TheraCal PT und anderen lichthärtenden Überkappungsmaterialien enthalten sind, wurde *in vitro* eine zytotoxische Wirkung gezeigt<sup>29, 35, 38</sup>. Nach direktem Kontakt mit TheraCal LC kommt es zu einem signifikanten Rückgang der

Zellumsatzraten pulpaler Zellen<sup>32, 56</sup>. Für die Bildung von Hartgewebe nach der Überkappung der Pulpa ist es jedoch entscheidend, dass es zu einer Zunahme des Zellumsatzes kommt. Im Gegensatz zu TheraCal LC oder TheraCal PT lösen HKSZ eine Proliferation der Pulpazellen aus<sup>20, 21</sup>. Ähnlich wie andere lichthärtende Liner mit Kalziumhydroxid zeigt TheraCal LC bei direktem Kontakt mit menschlichen Pulpazellen eine signifikante zellschädigende Wirkung<sup>11, 26, 27, 32, 54, 56</sup>.

Doch nicht nur der geringe Konversionsgrad und infolgedessen die Monomerabgabe der lichthärtenden Materialien sollte dem Anwender zu denken geben. Auch die mögliche Temperaturerhöhung in der Pulpa durch die Lichtpolymerisation spielt eine Rolle. Eine Untersuchung des Temperaturanstiegs in der Pulpakammer während der Lichtpolymerisation ergab in einem *In-vitro*-Modell für TheraCal LC einen durchschnittlichen Temperaturanstieg von 7,53 °C. Dabei war der Temperaturanstieg bei direktem Kontakt der Polymerisationslampe mit TheraCal LC um etwa 1,5–2 °C niedriger als bei einem Abstand von 2 mm<sup>64</sup>. Geht man von einer durchschnittlichen Körpertemperatur von 36 °C aus und addiert den Temperaturanstieg infolge Lichtpolymerisation von TheraCal LC, ergibt sich eine theoretische intrapulpaie Temperatur von mindestens 43,5 °C.

Bereits bei Temperaturen über 40 °C verlieren viele Proteine ihre Funktion. Über 45 °C beginnen sie zu denaturieren. Bei der direkten Überkappung mit lichthärtenden Materialien besteht also schon allein aufgrund der Temperaturerhöhung bei der Lichtpolymerisation theoretisch die Gefahr einer irreversiblen Schädigung des Pulpagewebes. HKSZ hingegen erwärmen sich bei der Aushärtung nicht und enthalten auch keine Monomere, die freigesetzt werden können.

## STRUKTURANALYSE

Eine Studie untersuchte Materialproben von TheraCal LC und Biodentine, die entweder mit HBSS oder dem Pulpa-Dentin-Komplex extrahierter Zähne (Zahnmodell) in Kontakt kamen, im Rasterelektronenmikroskop (REM). In HBSS gelagerte Proben von TheraCal LC wiesen eine geringere Hydratisierung und damit einhergehend eine geringere Ausbildung von Reaktionsprodukten als Biodentine auf. Im Zahnmodell bestand TheraCal LC weitestgehend aus Kompositmatrix und Radioopazitätsmolekülen, und an der Kontaktfläche zur Pulpa war nur eine geringe Menge an gebildetem Reaktionsprodukt nachweisbar. In der Röntgendiffraktometrie (XRD) konnte in TheraCal LC zwar Trikalziumsilikat nachgewiesen werden, jedoch kein Kalziumhydroxid<sup>14</sup>. Im Gegensatz dazu wies sowohl das in HBSS gelagerte als auch das Biodentine im Zahnmodell eine mit Reaktionsprodukt gesättigte Zementmatrix und vollständig hydratisierte Partikel auf, im XRD konnte sowohl Kalziumhydroxid als auch Trikalziumsilikat nachgewiesen werden<sup>14</sup>. Auch in anderen REM-Untersuchungen zeigte sich die Oberfläche von TheraCal LC arm an Reaktionsprodukt, im XRD war im Gegensatz zu Biodentine

kein Kalziumhydroxid nachweisbar<sup>5,13</sup>. Nach Lagerung in HBSS konnte im REM auf der Oberfläche von Biodentine die Bildung eines hydroxylapatitähnlichen Niederschlags gezeigt werden, auf der Oberfläche von TheraCal LC, ReViCal, MTA PulpCap, Pulprotec MTA und Calcimol LC nicht<sup>66</sup>. Frisch angemischte Proben von TheraCal LC stellten sich in einer weiteren REM-Untersuchung mit einer homogenen, fein granulierten Oberfläche dar, in der Kalzium, Silizium und Schwefel sowie Kohlenstoff und Stickstoff der Kompositmatrix nachweisbar waren<sup>24</sup>. Im REM zeigte sich für frisch angemischte Proben von Lime-Lite eine glatte Oberfläche, auf der die Autoren Hydroxylapatit-Nanopartikel erkennen konnten und in der Kohlenstoff, Kalzium und Phosphor sowie Barium, Schwefel und Silizium nachweisbar waren<sup>24</sup>. ApaCal ART zeigte in Materialstudien im Vergleich zu den anderen untersuchten Materialien in der Energiedispersiven Röntgenspektroskopie (EDX) die geringste Oberflächenkonzentration von Kalzium, im XRD fehlte für ApaCal ART der Nachweis von Trikalziumsilikat, und die nachgewiesene Menge von Kalziumhydroxid war deutlich geringer als in den anderen untersuchten Materialien (u. a. Biodentine, MTA Angelus)<sup>5</sup>.

Die Untersuchung der hier vorgestellten Materialien auf elementarer Ebene zeigt, dass die HKSZ den lichthärtenden Materialien hinsichtlich der Ionenfreisetzung und der Reaktion des Materials mit der umgebenden Flüssigkeit deutlich überlegen sind. Auf der Oberfläche der HKSZ bilden sich nebst anderem Kalziumhydroxid und Kalziumphosphat, auf der Oberfläche der lichthärtenden Materialien hingegen kaum bis gar nicht. Kalzium ist ein wichtiger Modulator der Zelldifferenzierung<sup>46, 49, 51, 62, 65, 68</sup>, der die Proliferation pulpaler Zellen dosisabhängig stimuliert<sup>16, 47, 62, 68</sup>. Kalziumionen induzieren sowohl die Differenzierung als auch die Mineralisationsleistung pulpaler Zellen und beeinflussen die exprimierte Menge von Bone Morphogenetic Protein-2 (BMP-2) und Osteopontin, die für den Mineralisationsprozess der Pulpa unabdingbar sind<sup>58, 62, 65</sup>. Aufgrund der weniger stark ausgeprägten Reaktion der lichthärtenden Materialien mit der Umgebungsflüssigkeit können sie diese Prozesse nur bedingt induzieren.

## HAFTKRAFT AM DENTIN UND RANDSPALTBILDUNG, HAFTKRAFT VON RESTAURATIONSMATERIALIEN AM ÜBERKAPPUNGSMATERIAL

Die Haftkraft eines dentalen Kompositmaterials an mit TheraCal LC, Calcimol LC, Lime-Lite, ACTIVA BioACTIVE, Biodentine oder Dycal behandelten Zähnen wurde *ex vivo* an extrahierten, kariesfreien Zähnen untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass alle untersuchten Materialien die Haftkraft des Komposits reduzierten, wobei TheraCal LC die größte und Dycal die geringste Haftkraft aufwiesen<sup>69</sup>. Im REM wies Ultra-Blend plus die prozentual höchste, ApaCal ART die prozentual dritthöchste, Calcimol LC die prozentual vierthöchste und TheraCal LC die prozentual fünfhöchste Randspaltbildung im Inneren von

Kavitäten sowie im Randbereich auf<sup>39</sup>, Biodentine schnitt deutlich besser ab. Bei einer *Ex-vivo*-Untersuchung der Adaptation und Randspaltbildung zwischen einem zur direkten Überkappung genutzten Material in Klasse-V-Kavitäten und der Dentinoberfläche extrahierter Zähne ließ sich im Mikro-CT für TheraCal LC eine signifikant stärkere Bildung von Randspalten und internen Porositäten als für Biodentine oder MTA nachweisen<sup>4</sup>.

Eine Metaanalyse mehrerer *In-vitro*-Studien kam zu dem Ergebnis, dass die Haftkraft von Kompositmaterialien an TheraCal LC und MTA signifikant besser war, wenn Total-Etch-Adhäsivsysteme genutzt wurden, die Haftkraft der Kompositmaterialien an Biodentine unterschied sich nicht, gleichgültig ob Self-Etch- oder Total-Etch-Adhäsivsysteme genutzt wurden<sup>30</sup>.

Eine homogene, kontinuierliche Kontaktfläche zwischen dem Überkappungsmaterial und der Pulpa ist erstrebenswert. Treten Spalten an der Kontaktfläche auf, so erzeugt dies Stress auf die Pulpa und verringert gleichzeitig die Druckfestigkeit der darüberliegenden Restauration. Aufgrund der nicht vorhandenen Randspaltbildung zwischen Überkappungsmaterial und Zahn sind die HKSZ den lichthärtenden Materialien vorzuziehen.

## ANTIMIKROBIELLE EIGENSCHAFTEN

In einer kombinierten *In-vitro*- und Materialstudie konnte eine vergleichbare antibakterielle Wirkung von TheraCal LC und Biodentine gegen *S. mutans*, *S. gordonii* und *S. sobrinus* gezeigt werden<sup>8</sup>. Andere Autoren konnten eine antibakterielle Wirkung von TheraCal LC gegen *S. mutans* nachweisen, die vergleichbar mit der von Dycal und stärker als die von Biodentine war<sup>55</sup>, sowie eine antibakterielle Wirkung von Calcimol LC gegen *S. sanguis*, die vergleichbar mit der von Dycal und stärker als jene von Biodentine war<sup>55</sup>. Ebenfalls *in vitro* wiesen Calcimol LC und TheraCal LC keine antibakterielle Wirkung gegen *S. salivarius* auf, Biodentine hingegen schon. Gegen *S. sanguis* war für Calcimol LC eine antibakterielle Wirkung nachweisbar, die ähnlich der von Biodentine und signifikant stärker war als jene von TheraCal LC. Eine signifikant größere antibakterielle Wirkung im Vergleich zu Calcimol LC oder Biodentine gegen *S. mutans* konnte für TheraCal LC nachgewiesen werden<sup>54</sup>. Dagegen konnten die Autoren einer anderen *In-vitro*-Studie keine antibakterielle Aktivität von Calcimol LC oder Biodentine gegen *L. casei* feststellen<sup>71</sup>. In einer kombinierten Material- und Zellstudie konnte für TheraCal LC und ACTIVA eine antibakterielle Wirkung nur bedingt nachgewiesen werden<sup>42</sup>.

Bei der Übertragung der mitunter heterogenen Ergebnisse dieser *In-vitro*-Studien in den klinischen Alltag ist zu beachten, dass dabei jeweils gegen einzelne Bakterienstämme getestet wurde. Monoinfektionen kommen in der Mundhöhle jedoch nicht vor. Vielmehr hat man es mit einer Mischflora zu tun, die in einem Biofilm organisiert ist. Im

Biofilm sind die Mikroorganismen per se deutlich resistenter gegenüber antimikrobiellen Substanzen, sodass die hier vorgestellten Ergebnisse nur mit Vorsicht zu interpretieren sind.

## ZYTOTOXIZITÄT, ENTZÜNDUNGSREAKTIONEN UND GEWEBEREAKTIONEN

*In vitro* wurde die Zytotoxizität verschiedener Überkappungsmaterialien untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass nach 24, 48 und 72 Stunden Calcimol LC und TheraCal LC signifikant zytotoxischer waren als Biodentine oder MTA<sup>54,56</sup>. Im MTT-Assay wurde bei mit TheraCal LC in Kontakt gekommenen pulpalen Fibroblasten eine signifikant reduzierte Proliferationsrate nachgewiesen, pulpale Stammzellen produzierten weniger Dentin-Sialoprotein, und immunhistochemisch wurde eine verstärkte Ausschüttung von IL-8 (Interleukin-8) festgestellt<sup>37</sup>. In weiteren *In-vitro*-Zellkulturstudien wurde für TheraCal LC eine signifikant stärkere Zytotoxizität und geringere Zellvitalität als für Biodentine oder MTA sowie eine mineralisationsfördernde Wirkung von Biodentine und MTA festgestellt, die bei TheraCal LC fehlte<sup>48</sup> oder deutlich geringer war<sup>11,63</sup>. *In vitro* erwies sich TheraCal PT als nicht biokompatibel und war nicht in der Lage, Proliferation und Adhäsion von menschlichen Parodontalligamentstammzellen zu induzieren. Daher kann TheraCal PT nicht als endodontisches Reparaturmaterial oder zur Pulpaüberkappung empfohlen werden<sup>60</sup>. Ein *In-vitro*-Vergleich zwischen TheraCal LC, TheraCal PT und Biodentine ergab, dass TheraCal LC in allen drei und TheraCal PT in zwei untersuchten Mediumverdünnungen eine signifikant stärkere Zytotoxizität und eine signifikant geringere Zellviabilität der pulpalen Zellen aufwies als die Kontrollgruppe oder Biodentine<sup>63</sup>. Die Zellmorphologie der mit Biodentine behandelten Zellen war regelhaft, und es waren keine Veränderungen der Zellviabilität nachweisbar<sup>63</sup>. Auch ein zweiter Vergleich zwischen TheraCal PT, TheraCal LC und MTA lieferte korrespondierende Ergebnisse. TheraCal LC zeigte sich zytotoxischer als TheraCal PT, MTA war beiden TheraCal-Materialien überlegen<sup>59</sup>. In einer anderen Untersuchung schneidet TheraCal PT nicht besser ab als TheraCal LC, beide haben eine ähnlich zytotoxische Wirkung auf pulpale Zellen<sup>43</sup> und schneiden schlechter ab als MTA. Eine weitere *In-vitro*-Untersuchung konnte zeigen, dass TheraCal LC, ReViCal, MTA PulpCap, Pulprotec MTA und Calcimol LC im Gegensatz zu Biodentine eine signifikant stärkere zytotoxische Wirkung auf humane odonoblastenähnliche Zellen hatten<sup>67</sup>. Im MTT-Assay waren sowohl TheraCal LC als auch ACTIVA zytotoxisch<sup>42</sup>. *In vitro* wurden TheraCal LC, Ultra-Blend plus und Vitrebond untersucht. Dabei fiel auf, dass TheraCal LC den Zellmetabolismus pulpaler Zellen um 31,5–45,9 % senkte und dass die mit TheraCal LC in Kontakt gekommenen Zellen signifikant weniger Proteine exprimierten als die Kontrolle<sup>32</sup>. Ultra-Blend plus und Vitrebond reduzierten den Zellmetabolismus um 64,4 %–77,1 %, die mit Ultra-Blend plus oder Vitrebond in Kontakt gekommenen Zellen

exprimierten signifikant weniger Proteine und erschienen in ihrer Morphologie stark verändert<sup>32</sup>.

Die festgestellte Zytotoxizität der lichthärtenden Materialien im Gegensatz zu den HKSZ ist von Bedeutung, da nicht nur die Induktion der Mineralisationsleistung pulpaler Zellen ausschlaggebend für den Erfolg einer Pulpaüberkappung ist. Der Verschluss der Pulpawunde hat zum Ziel, die Vitalität der Pulpa und ihre Funktionalität zu erhalten. Es ist nicht außer Acht zu lassen, dass immer auch ein entzündungsfreier Zustand der Pulpa angestrebt wird. Deshalb ist für den Erhalt der regelhaften Funktion der Pulpa und physiologischer Gewebeerhältnisse eine ausgeprägte Biokompatibilität der genutzten Materialien wichtig, wie die HKSZ sie aufweisen.

## TIERVERSUCH

Eine Untersuchung, in deren Rahmen Ratten subkutane Materialproben von Calcimol LC, TheraCal LC, ACTIVA BioACTIVE BASE/LINER, Biodentine, ProRoot MTA oder Dycal implantiert und anschließend die Gewebetoxizität im subkutanen Bereich, der Leber und der Niere überprüft wurde, ergab, dass die klassischen Kalziumsilikat- und Kalziumhydroxidpräparate eine deutlich geringere bis nicht vorhandene Gewebetoxizität im Vergleich zu den lichthärtenden Materialien aufwiesen und dass innerhalb der Gruppe der lichthärtenden Materialien TheraCal LC am schlechtesten und ACTIVA BioACTIVE BASE/LINER am besten abschnitt<sup>10</sup>. An Hundezähnen wurden partielle Pulpotomien durchgeführt und diese mit TheraCal LC oder MTA überkappt. Nach 4 Wochen wurden histologische und immunhistologische Untersuchungen durchgeführt, die für MTA kontinuierliche kalzifizierte Hartgewebebrücken am Randbereich des überkappten Pulpaareals und des MTAs, einen palisadenartigen Odontoblastensaum und die Abwesenheit inflammatorischer Zellen ergaben, während die mit TheraCal LC überkappten Zähne eine deutliche Entzündungsreaktion, eine reduzierte Hartgewebebildung und keine Palisadenanordnung der Odontoblasten aufwiesen. Immunhistochemisch konnten in der Pulpa der mit MTA überkappten Zähne Osteocalcin und Dentin-Sialoprotein nachgewiesen werden, die beide für eine regelhafte Mineralisation des Dentins unabdingbar sind, in der Pulpa der mit TheraCal LC überkappten Zähne fehlten beide Proteine<sup>45</sup>.

Im Hinblick auf die Hartgeweberegeneration ist jedoch anzumerken, dass deren Dicke und Vollständigkeit nach Pulpaüberkappung nicht eindeutig und positiv mit dem klinischen Erfolg korreliert sind<sup>73</sup>. Die reine Beurteilung der Hartgewebsbrückenbildung hat daher wenig Aussagekraft.

## KLINISCHE STUDIEN

In einer randomisierten klinischen Studie wurden 109 Milchzähne mit tiefen kariösen Läsionen und Symptomen einer reversiblen Pulpitis

5–9 Jahre alter Kinder überkappt. Als Überkappungsmaterialien wurden Dycal, Biodentine und TheraCal LC genutzt. Wenngleich sich die klinischen Erfolgsquoten der drei Materialien kaum voneinander unterschieden, konnte in den histologischen Untersuchungen für TheraCal LC die signifikant geringste Erfolgsquote in Bezug auf die Integrität der Odontoblastenschicht, der pulpalen Entzündungsreaktion und anderer histologischer Veränderungen der Pulpa ermittelt werden<sup>61</sup>. Im Rahmen einer randomisierten klinischen Studie wurde an 27 dritten Molaren eine Pulpotomie mit anschließender Überkappung der Pulpa mit Biodentine, MTA oder TheraCal LC durchgeführt. Klinisch stellten sich alle Zähne nach 8 Wochen symptomfrei dar, die histologische Untersuchung ergab jedoch bei allen mit Biodentine behandelten Zähnen eine vollständige Hartgewebebrückenbildung, während dies bei TheraCal LC nur bei 11 % der Fall war<sup>9</sup>.

An dieser Stelle muss einschränkend bemerkt werden, dass sich die Eignung eines Überkappungsmaterials lediglich anhand von klinischen Befunden nicht beurteilen lässt. Der tatsächliche Gesundheitszustand oder die Pathologie der Pulpa lässt sich nicht anhand von klinischen Zeichen, Symptomen oder Röntgenbildern feststellen. Der tatsächliche, d. h. histologische, Zustand der Pulpa bleibt unklar, da alle derzeit verfügbaren klinischen Tests nicht in der Lage sind, diesen abzubilden. Nur eine histologische Analyse kann den tatsächlichen Zustand des Pulpagewebes nach einer Überkappung beurteilen<sup>22,33</sup>. Die Studien, bei denen eine histologische Untersuchung der überkappten Zähne erfolgte<sup>9,61</sup>, zeigten eindeutig, dass die lichthärtenden Überkappungsmaterialien den HKSZ signifikant unterlegen und daher nicht für die Überkappung der Pulpa geeignet sind.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Überkappung der exponierten Pulpa hat eine Hartgewebebrückenbildung zwischen dem exponierten Areal und dem zur Überkappung genutzten Material zum Ziel. Dadurch sollen Vitalität und Funktionalität der Pulpa erhalten werden. Dabei wird ein entzündungsfreier Zustand der Pulpa angestrebt. Für die Induktion einer Hartgewebebrückenbildung ist die Fähigkeit des verwendeten Materials zur Freisetzung von Kalzium- und Hydroxidionen essenziell<sup>28,50</sup>, für den Erhalt der regelhaften Funktion der Pulpa und physiologischer Gewebeverhältnisse ist eine ausgeprägte Biokompatibilität der genutzten Materialien wichtig.

Bei der Überkappung der exponierten Pulpa mit adhäsiven Materialien wurden in histologischen Untersuchungen mitunter starke Entzündungsreaktionen der Pulpa, zytotoxische Eigenschaften der adhäsiven Materialien und das Ausbleiben der Bildung einer hartgewebigen Brücke festgestellt<sup>2,17–19,31,34,40</sup>. Es konnte zudem nachgewiesen werden, dass Kompositmaterialien vor allem im unpolymersierten Zustand aufgrund der freien Monomere zytotoxisch auf pulpalen Zellen einwirken<sup>7,38</sup>.

Die Polymerisationszeit<sup>7,36</sup> und die Art der benutzten Polymerisationslampe<sup>72</sup> haben zusätzlichen Einfluss auf die zytotoxische Wirkung der Kompositmaterialien. Auch die lichthärtenden Kalziumsilikatzemente geben Monomere an ihre Umgebung ab<sup>53</sup>; darüber hinaus ist die Datenlage hinsichtlich der Freisetzung von Kalzium- und Hydroxidionen aus dieser Materialgruppe und der Überlebens- und Erfolgsraten einer Behandlung der exponierten Pulpa mit ebendiesen Materialien sehr heterogen.

Die Autoren einiger systematischer Reviews über die Thematik der lichthärtenden Überkappungsmaterialien konstatieren noch beträchtlichen weitergehenden Forschungsbedarf hinsichtlich der *In-vivo*- und *In-vitro*-Eignung der lichthärtenden Kalziumsilikatzemente zur Pulpaüberkappung<sup>6,15,41,44</sup>. Resümierend ist also festzustellen, dass zum jetzigen Zeitpunkt keine Empfehlung zur Verwendung der sogenannten lichthärtenden Kalziumsilikatzemente für eine indirekte oder direkte Überkappung der exponierten Pulpa ausgesprochen werden kann. Die lichthärtenden Kalziumsilikatzemente haben zwar eine geringere Löslichkeit und höhere Festigkeit sowie eine offensichtlich kürzere Aushärtungszeit als die HKSZ, sind diesen jedoch im Hinblick auf ihre Biokompatibilität deutlich unterlegen. Deshalb sollte bei vitalerhaltenden Maßnahmen einer Behandlung der Zähne mit einem HKSZ wie Biodentine oder MTA der Vorzug gegeben werden.

## INTERESSENKONFLIKT

Laurentia Schuster erklärt, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht. Till Dammaschke gibt an, dass er Honorare der Firma Septodont für Vorträge erhalten hat.

## LITERATUR

1. About I (Hrsg): Biodentine™: Properties and Clinical Applications. Springer, Cham (Schweiz) 2022
2. Accorinte MLR, Loguerio AD, Reis A, Muench A: Adverse effects of human pulps after direct pulp capping with the different components from a total-etch, three-step adhesive system. *Dent Mater* 2005; 21: 599–607
3. Aksoy MK, Oz FT, Orhan K: Evaluation of calcium (Ca<sup>2+</sup>) and hydroxide (OH<sup>-</sup>) ion diffusion rates of indirect pulp capping materials. *Int J Artif Organs* 2017; 40: 641–646
4. Al Tuwiriq AA, El Ashiry EA, Alzahrani AY, Bamashmous N, Bakhsh TA: Tomographic evaluation of the internal adaption for recent calcium silicate-based pulp capping materials in primary teeth. *Biomed Res Int* 2021; E-Pub: doi.org/10.1155/2021/5523145
5. Anthrayose P, Aggarwal A, Yadav S, Naval RR, Talwar S: Microscopic and elemental characterization of hydrated dental pulp capping agents. *J Conserv Dent* 2021; 24: 496–501
6. Arandi NZ, Rabi T: TheraCal LC: from biochemical and bioactive properties to clinical applications. *Int J Dent* 2018; 26
7. Aranha AMF, Giro EMA, Hebling J, Lessa FCR, Costa CAS: Effects of light-curing time on cytotoxicity of a restorative composite on odontoblast-like cells. *J Appl Oral Sci* 2010; 18: 461–466
8. Arias-Moliz MT, Farrugia C, Lung CYK, Wismayer PS, Camilleri J: Antimicrobial and biological activity of leachate from light curable pulp capping materials. *J Dent* 2017; 64: 45–51

9. Bakhtiar H, Nekoofar MH, Aminishakib P et al.: Human pulp responses to partial pulpotomy treatment with TheraCal as compared with Biodentine and ProRoot MTA: a clinical trial. *J Endod* 2017; 43: 1786–1791
10. Bakir EP, Süsgün Yildirim Z, Bakir S, Ketani A: Are resin-containing pulp-capping materials as reliable as traditional ones in terms of local and systemic biological effects? *Dent Mater* 2022; 41: 78–86
11. Bortoluzzi EA, Niu LN, Palani CD et al.: Cytotoxicity and osteogenic potential of silicate calcium cements as potential protective materials for pulpal revascularization. *Dent Mater* 2015; 31: 1510–1522
12. Buonavoglia A, Lauritano D, Perrone D et al.: Evaluation of chemical-physical properties and cytocompatibility of TheraCal LC. *J Biol Regul Homeost Agents* 2017; 31: 1–9
13. Camilleri J: Hydration characteristics of Biodentine and TheraCal used as pulp capping materials. *Dent Mater* 2014; 30: 709–715
14. Camilleri J, Laurent P, About I: Hydration of Biodentine, TheraCal LC, and a prototype tricalcium silicate-based dentin replacement material after pulp capping in entire tooth cultures. *J Endod* 2014; 40: 1846–1854
15. Chen L, Suh BI: Cytotoxicity and biocompatibility of resin-free and resin-modified direct pulp capping materials: a state of the art review. *Dent Mater* 2017; 36: 1–7
16. Clapham DE: Calcium signaling. *Cell* 1995; 80: 259–268
17. Costa CAS, Lopes do Nascimento AB, Teixeira HM, Fontana UF: Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dent Mater* 2001; 17: 230–240
18. Costa CAS, Oliveira MF, Giro EMA, Hebling J: Biocompatibility of resin-based materials used as pulp-capping agents. *Int Endod J* 2003; 36: 831–839
19. da Silva LAB, de Freitas AC, de Carvalho FK, de Queiroz AK, Nelson-Filho P, Porto-Neto ST: Direct pulp capping with a self-etching adhesive system: histopathologic evaluation in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108: e34–40
20. Dammaschke T, Stratmann U, Fischer RJ, Sagheri D, Schäfer E: Proliferation of rat molar pulp cells after direct pulp capping with dentine adhesive and calcium hydroxide. *Clin Oral Investig* 2011; 15: 577–587
21. Dammaschke T, Stratmann U, Wolff P, Sagheri D, Schäfer E: Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: an immunohistologic comparison with calcium hydroxide in rodents. *J Endod* 2010; 36: 814–819
22. Donnermeyer D, Dammaschke T, Lipski M, Schäfer E: Effectiveness of diagnosing pulpitis: a systematic review. *Int Endod J* 2022; 55: doi: 10.1111/iej.13762. Epub ahead of print.
23. Fahanna Beegum MS, George S, Anandaraj S, Isaac JS, Nubesh Khan S, Habibullah MA: Comparative evaluation of diffused calcium and hydroxyl ion release from three different indirect pulp capping agents in permanent teeth - an in vitro study. *Saudi Dent J* 2021; 33: 1149–1153
24. Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Riccitiello F, Prati C: Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *J Appl Biomater Funct Mater* 2015; 13: 43–60
25. Gandolfi MG, Siboni F, Prati C: Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *Int Endod J* 2012; 45: 571–579
26. Giraud T, Jeanneau C, Bergmann M, Laurent P, About I: Tricalcium silicate capping materials modulate pulp healing and inflammatory activity in vitro. *J Endod* 2018; 44: 1686–1691
27. Giraud T, Jeanneau C, Rombouts C, Bakhtiar H, Laurent P, About I: Pulp capping materials modulate the balance between inflammation and regeneration. *Dent Mater* 2019; 35: 24–35
28. Goldberg M, Smith AJ: Cells and extracellular matrices of dentin and pulp/a biological basis for repair and tissue engineering. *Crit Rev Oral Biol Med* 2004; 15: 13–27
29. Hanks CT, Strawn SE, Wataha JC, Craig RG: Cytotoxic effects of resin components on cultured mammalian fibroblasts. *J Dent Res* 1991; 70: 1450–1455
30. Hardan L, Mancino D, Bourgi R et al.: Bond strength of adhesive systems to calcium silicate-based materials: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Gels* 2022; 8: 311
31. Hebling J, Giro EMA, Costa CAS: Human pulp response after an adhesive system application in deep cavities. *J Dent* 1999; 27: 557–564
32. Hebling J, Lessa FCR, Nogueira I, Carvalho MR, Costa CAS: Cytotoxicity of resin-based light-cured liners. *Am J Dent* 2009; 22: 137–142
33. Hilton TJ: Keys to clinical success with pulp capping: a review of the literature. *Oper Dent* 2009; 34: 615–625
34. Hörsted-Bindslev P, Vilkinis V, Sidlauskas A: Direct capping of human pulps with a dentin bonding system or with calcium hydroxide cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96: 591–600
35. Issa Y, Watts DC, Brunton PA, Waters CM, Duxbury AJ: Resin composite monomers alter MTT and LDH activity of human gingival fibroblasts in vitro. *Dent Mater* 2004; 20: 12–20
36. Ito Y, Kaga M, Oguchi H: Correlation between the illumination time and cytotoxicity of light-cured composite resins. *Shoni Shikagaku Zasshi* 1989; 27: 854–863
37. Jeanneau C, Laurent P, Rombouts C, Giraud T, About I: Light-cured tricalcium silicate toxicity to the dental pulp. *J Endod* 2017; 43: 2074–2080
38. Jontell M, Hanks CT, Bratell J, Bergenholtz G: Effects of unpolymerized resin components on the function of accessory cells derived from the rat incisor pulp. *J Dent Res* 1995; 74: 1162–1167
39. Karadas M, Atici MG: Bond strength and adaption of pulp capping materials to dentin. *Microsc Res Tech* 2020; 83: 514–522
40. Kitasako Y, Inokoshi S, Tagami J: Effects of direct resin pulp capping techniques on short-term response of mechanically exposed pulps. *J Dent* 1999; 27: 257–263
41. Komabayashi T, Zhu Q, Eberhart R, Imai Y: Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth. *Dent Mater* 2016; 35: 1–12
42. Koutroulis A, Kuehne SA, Cooper PR, Camilleri J: The role of calcium ion release on biocompatibility and antimicrobial properties of hydraulic cements. *Sci Rep* 2019; 9: 19019
43. Küden C, Karakas SN, Batmaz SG: Comparative chemical properties, bioactivity, and cytotoxicity of resin-modified calcium silicate-based pulp capping materials on human dental pulp stem cells. *Clin Oral Investig* 2022; 26: 6839–6853
44. Kunert M, Lukomska-Szymanska M: Bio-inductive materials in direct and indirect pulp capping – a review article. *Materials (Basel)* 2020; 13: 1204
45. Lee H, Shin Y, Kim SO, Lee HS, Choi HJ, Song JS: Comparative study of pulpal responses to pulpotomy with ProRoot MTA, RetroMTA, and TheraCal in dogs' teeth. *J Endod* 2015; 41: 1317–1324
46. Lopez-Cazaux S, Bluteau G, Magne D, Lieubeau B, Guicheux J, Alliot-Licht B: Culture medium modulates the behaviour of human dental pulp-derived cells: technical note. *Eur Cell Mater* 2006; 11: 35–42
47. Maeno S, Niki Y, Matsumoto H et al.: The effect of calcium ion concentration on osteoblast viability, proliferation and differentiation in monolayer and 3D culture. *Biomaterials* 2005; 26: 4847–4855
48. Manaspon C, Jongwannasiri C, Chumprasert S et al.: Human dental pulp stem cell responses to different dental pulp capping materials. *BMC Oral Health* 2021; 21: 209
49. Mizuno M, Banzai Y: Calcium ion release from calcium hydroxide stimulated fibronectin gene expression in dental pulp cells and the differentiation of dental pulp cells to mineralized tissue forming cells by fibronectin. *Int Endod J* 2008; 41: 933–938
50. Modena KC, Casas-Apayco LC, Atta MT et al.: Cytotoxicity and biocompatibility of direct and indirect pulp capping materials. *J Appl Oral Sci* 2009; 17: 544–554
51. Moghaddame-Jafari S, Mantellini MG, Botero TM, McDonald NJ, Nör JE: Effect of ProRoot MTA on pulp cell apoptosis and proliferation in vitro. *J Endod* 2005; 31: 387–391
52. Nielsen MJ, Casey JA, VanderWeele RA, Vandewalle KS: Mechanical properties of new dental pulp-capping materials. *Gen Dent* 2016; 64: 44–48
53. Nilsen BW, Jensen E, Örtengren U, Michelsen VB: Analysis of organic components in resin-modified pulp capping materials: critical considerations. *Eur J Oral Sci* 2017; 125: 183–194
54. Poggio C, Arciola CR, Beltrami R et al.: Cytocompatibility and antibacterial properties of capping materials. *ScientificWorldJournal* 2014; E-Pub: doi.org/10.1155/2014/181945
55. Poggio C, Beltrami R, Colombo M, Ceci M, Dagna A, Chiesa M: In vitro antibacterial activity of different pulp capping materials. *J Clin Exp Dent* 2015; 7: e584–e588
56. Poggio C, Ceci M, Dagna A, Beltrami R, Colombo M, Chiesa M: In vitro cytotoxicity evaluation of different pulp capping materials: a comparative study. *Arh Hig Rada Toksikol* 2015; 66: 181–188
57. Poggio C, Lombardini M, Colombo M, Beltrami R, Rindi S: Solubility and pH of direct pulp capping materials: a comparative study. *J Appl Biomater Funct Mater* 2015; 13: e181–e185
58. Rashid F, Shiba H, Mizuno N et al.: The effect of extracellular calcium ion on gene expression of bone-related proteins in human pulp cells. *J Endod* 2003; 29: 104–107

59. Rodríguez-Lozano FJ, López-García S, García-Bernal D et al.: Cytocompatibility and bioactive properties of the new dual-curing resin-modified calcium silicate-based material for vital pulp therapy. *Clin Oral Investig* 2021; 25: 5009–5024
60. Saber SM, Gomaa SM, Elashiry MM, El-Banna A, Schäfer E: Comparative biological properties of resin-free and resin-based calcium silicate-based endodontic repair materials on human periodontal ligament stem cells. *Clin Oral Investig* 2023; 27: 6757–6768
61. Sahin N, Saygili S, Akcay M: Clinical, radiographic, and histological evaluation of three different pulp-capping materials in indirect pulp treatment of primary teeth: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig* 2021; 25: 3945–3955
62. Sangwan P, Sangwan A, Duhan J, Rohilla A: Tertiary dentinogenesis with calcium hydroxide: a review of proposed mechanisms. *Int Endod J* 2013; 46: 3–19
63. Sanz JL, Soler-Doria A, López-García S et al.: Comparative biological properties and mineralization potential of 3 endodontic materials for vital pulp therapy: Theracal PT, Theracal LC, and Biodentine on human dental pulp stem cells. *J Endod* 2021; 47: 1896–1906
64. Savas S, Botsali MS, Kucukyilmaz E, Sari T: Evaluation of temperature changes in the pulp chamber during polymerization of light-cured pulp-capping materials by using a VALO LED light curing unit at different curing distances. *Dent Mater J* 2014; 33: 764–769
65. Schröder U: Effects of calcium hydroxide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation, and differentiation. *J Dent Res* 1985; 64: 541–548
66. Schuster L, Dammaschke T, Fici A: Oberflächenbeschaffenheit und pH-Wert lichtpolymerisierbarer Überkappungsmaterialien. Posterpräsentation auf der 5. Gemeinschaftstagung Zahnerhaltung am 24.11.2023 in München 2023
67. Schuster L, Dammaschke T, Sielker S: Wirkung von lichtpolymerisierbaren Überkappungsmaterialien auf humane Odontoblasten in vitro. Posterpräsentation auf der 36. Jahrestagung der DGZ am 23.09.2022 in Würzburg 2022
68. Takita T, Hayashi M, Takeichi O et al.: Effect of mineral trioxide aggregate on proliferation of cultured human dental pulp cells. *Int Endod J* 2005; 31: 415–422
69. Tohidkhal S, Ahmadi E, Abbasi M, Farimani RM, Omrani LR: Effect of bio-inductive cavity liners on shear bond strength of dental composite to resin. *Biomed Res Int* 2022; 18
70. von Arx T: Mineral Trioxide Aggregate (MTA) – eine Erfolgsgeschichte in der apikalen Chirurgie. *Swiss Dent J* 2016; 126: 573–584
71. Yalcin M, Arslan U, Dundar A: Evaluation of antibacterial effects of pulp capping agents with direct contact test method. *Eur J Dent* 2014; 8: 95–99
72. Yap AUJ, Saw TY, Cao T, Ng MML: Composite cure and pulp-cell cytotoxicity associated with LED curing lights. *Oper Dent* 2004; 29: 92–99
73. Zhu C, Ju B, Ni R: Clinical outcome of direct pulp capping with MTA or calcium hydroxide: a systematic review and meta-analysis. *Int J Clin Exp Med* 2015; 8: 17055–17060

## Light-curing pulp capping materials: an overview

**Keywords:** calcium silicate cements, light-curing pulp capping materials, pulp, pulp capping, vital pulp therapy

If accidental exposure of the pulp occurs due to dental trauma or during caries excavation, vitality-preserving measures are required. Hydraulic calcium silicate cements (HCSC) are the gold standard for this treatment. However, their relatively long curing time appears to be a disadvantage, which is why a number of manufacturers offer light-curing or dual-curing capping materials, more precisely flowable composites with the addition of Portland cement, calcium silicate, or MTA powder. These products are advertised as biocompatible and bioactive. However, a look at the literature on these materials reveals the opposite. Not only do the light-curing capping materials exhibit significantly poorer material properties than HCSC, but they have also been shown to have pronounced cytotoxic effects. In clinical studies, these materials also perform significantly worse than HCSC. It is well known that composite materials contain noxious monomers and have cytotoxic effects. Due to the many scientifically proven disadvantages of flowable, light-curing or dual-curing composites with the addition of Portland cement, calcium silicate or MTA powder, no recommendation can be given regarding their suitability as pulp capping materials, despite their shorter curing time. In dentistry, there is generally no indication for the use of light-curing or dual-curing materials containing calcium silicate.



**Laurentia Schuster**

**Dr. med. dent. Laurentia Schuster** Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung, Universität Münster

**Prof. Dr. med. dent. Till Dammaschke** Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung, Universität Münster

**Kontakt:** Dr. med. dent. Laurentia Schuster, Universitätsklinikum Münster, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung, Waldeyerstraße 30, 48149 Münster, E-Mail: Laurentia.Schuster@ukmuenster.de

Porträtfoto: Universitätsklinikum Münster

# Digitale Zahnheilkunde - Ein Gamechanger

copyright by  
all rights reserved  
Quintessenz



**SALZBURG 21.-23. NOVEMBER 2024**  
58. Jahrestagung der NEUEN GRUPPE – SALZBURG CONFERENCE CENTRE

## Fachkongress für Zahnmedizin & Zahntechnik

Referenten:

**Prof. Dr. Florian Beuer, MME**, Berlin  
**Dr. Marcus Engelschalk**, München  
**Dr. Lukas Fürhauser**, Wien  
**Ralph Georg**, Miami  
**Dr. Martin Gollner**, Bayreuth  
**Prof. Dr. Jan-Frederik Güth**, Frankfurt  
**PD Dr. Arndt Happe**, Ulm  
**Dr. Christian Leonhardt**, Augsburg  
**Dr. Henriette Lerner**, Baden-Baden  
**Dr. Nazariy Mykhaylyuk**, Kiew  
**Enrico Steger**, Gais  
**Christian Vordermayer**, Chiemsee

### TAGUNGSORT:

**Salzburg Conference Centre**  
Fanny-von-Lehnert-Straße 7, 5020 Salzburg, Österreich

### INFO UND ANMELDUNG:

[www.neue-gruppe.com](http://www.neue-gruppe.com)



boeld communication GmbH  
Reitmorstraße 25, 80538 München  
congress@bb-mc.com  
Tel. +49 89 1890460  
Fax +49 89 18904616

### KOOPERATIONSPARTNER:



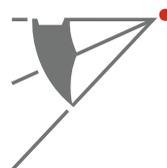
Deutsche Gesellschaft  
für Ästhetische  
Zahnmedizin e.V.



Gnathologischer Arbeitskreis Stuttgart  
Wissenschaftliche Gesellschaft für funktionsbezogene Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde



MEDIEN  
PARTNER



## NEUE GRUPPE

Wissenschaftliche zahnärztliche Vereinigung

Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung e. V.

# S3-Leitlinie Komposit: Erste breite Evidenzaufbereitung für ein multifunktionales Restaurationsmaterial

Unter Federführung der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung e. V. (DGZ) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V. (DGZMK) ist im Mai 2024 die S3-Leitlinie „Direkte Kompositrestaurationen an bleibenden Zähnen im Front- und Seitenzahnbereich“ publiziert worden. Mit der S3-Leitlinie existiert für die Anwendung

von Komposit jetzt erstmals eine fundierte Aufbereitung der vorliegenden Evidenz auf der Grundlage einer systematischen Literaturrecherche und -auswertung. Die bisherige S1-Handlungsempfehlung aus dem Jahr 2016 ist um die Themen Komposit im Front- und Seitenzahnbereich, in allen Kavitätenklassen und für alternative Indikationen wie Höckerersatz und Zahnformkorrekturen erweitert worden.

## S3-Leitlinie

### „Direkte Kompositrestaurationen an bleibenden Zähnen im Front- und Seitenzahnbereich“

#### Autorinnen:

Prof. Dr. Diana Wolff, Leitlinienkoordinatorin und Mitautorin.  
Ärztliche Direktorin der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde am Universitätsklinikum in Heidelberg

Prof. Dr. Cornelia Frese, Mandatsträgerin für die Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin (DGPZM) und Mitautorin der Leitlinie. Leitende Oberärztin in der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde in Heidelberg

Priv.-Doz. Dr. Caroline Sekundo, Methodikerin in der Leitliniengruppe, Oberärztin in der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde in Heidelberg

#### Federführende Gesellschaften:

DGZ, DGZMK

**AWMF-Registernummer:** 083-028

**Version:** 2.0

**Stand:** 26.01.2024

**Gültig bis:** 25.01.2029

#### Link/Download Langfassung:

<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/083-028>

## KOMPOSITMATERIALIEN IM SEITENZAHNBEREICH: ERKENNTNISSE UND DATEN-GAP

In den letzten drei Jahrzehnten wurden in Deutschland bei kariesbedingten und nicht kariesbedingten Defekten zunehmend zahnfarbene Kompositmaterialien verwendet. Die klinischen Erfahrungen von Zahnärztinnen und Zahnärzten mit dem Füllungswerkstoff sind groß. „Die Aufbereitung der Daten hat allerdings gezeigt, dass sich die langjährige klinische Erfahrung mit Komposit nicht unbedingt in der Datenlage zu Komposit als Werkstoff für direkte Restaurationen im Seitenzahnbereich widerspiegelt“, sagt die Leitlinienkoordinatorin und Mitautorin Prof. Dr. Diana Wolff aus Heidelberg. Komposit schnitt über viele Studien hinweg für die direkte Versorgung bei Klasse-I- und -II-Kavitäten „nur“ gleichwertig gegenüber Amalgam, Keramik und teilweise auch Glasionomermaterial ab. Einschränkend muss jedoch angemerkt werden, dass die verglichenen Kriterien Retention, Fraktur und Sekundärkaries waren, nicht jedoch Ästhetik oder Invasivität der Restauration. Zudem hatte die Zusammensetzung der Kohorten in den vorhandenen Studien – immerhin elf systematische Reviews, inklusive neun Meta-Analysen – einen Einfluss. Oft waren Kinder einbezogen, deren Compliance für den techniksensiblen Werkstoff Komposit manchmal nachteilig war. Bei „reinen Kompositstudien“ an Erwachsenen ohne Vergleichsrestaurationsmaterial waren die Ergebnisse deutlich besser. Dieser „Daten-Gap“ führte zur evidenzbasierten Kann-Empfehlung: „Kompositrestaurationen können für die direkte Versorgung bei Klasse-I- und -II-Kavitäten verwendet werden“, heißt es daher in der Leitlinie.



**Abb. 1 Vorher.** Für Zahnformungen empfehlen die Leitlinienautorinnen zahnhartsubstanzschonende, direkte Verfahren mit Komposit, beispielsweise zum Verschließen eines Diastemas. Foto: UKHD



**Abb. 2 Nachher.** Diastema-Schluss mit direkt aufgetragenem Komposit anstelle von invasiveren Verfahren wie Keramik-Veneers, Behandlerin: Prof. Dr. Diana Wolff. Foto: UKHD

## HÖCKERERSATZ AUS KOMPOSIT – STABILITÄT BESCHEINIGT

Die S3-Leitlinie enthält in Erweiterung zu der bisherigen S1-Handlungsempfehlung nun auch eine evidenzbasierte Empfehlung den Höckerersatz betreffend: „Kompositrestaurationen können bei Kavitäten mit Höckerersatz im Seitenzahnbereich angewendet werden“ – eine Empfehlung, die von den Mandatierten aller beteiligten Fachgesellschaften im Konsens verabschiedet wurde. Die Literatur bescheinigt modernen Kompositmaterialien eine adäquate Frakturresistenz und Abrasionsstabilität. Indirekte Restaurationen kommen dann in Betracht, wenn die Verlagerung eines Teils des Fertigungsprozesses nach extraoral zum Beispiel aufgrund eingeschränkter Compliance, schlechter Zugänglichkeit oder komplexer Rehabilitation vorteilhaft ist.

## SOLL-EMPFEHLUNG: KOMPOSIT IM FRONTZAHNBEREICH

Für die Versorgung von Klasse-III- und -IV-Defekten sollen evidenzbasiert ausschließlich direkte Komposite verwendet werden. „Kompositrestaurationen zeigen bei guter bis exzellenter klinischer Qualität evident hohe Überlebensraten“, sagt die Methodikerin der Leitlinie Priv.-Doz. Dr. Caroline Sekundo, die mit ihrem Team die vorhandene Literatur systematisch durchsucht und bewertet hat. Zusätzlich sind adhäsiv verankerte Restaurationen aufgrund ihrer geringen Invasivität gegenüber retentiv verankerten oder indirekten Alternativen zu bevorzugen.

## SOLL-EMPFEHLUNG ZU MINIMALINVASIVEM VORGEHEN BEI ELEKTIVEN EINGRIFFEN

Zur Zahnformkorrektur im Frontzahnbereich sollen evidenzbasiert bevorzugt minimal- oder noninvasive direkte Kompositrestaurationen

eingesetzt werden, mit der Option auf indirekte Keramikveneers als Alternative. „Neben dem minimal- oder noninvasiven Vorgehen verlängert nicht zuletzt die Reparaturfähigkeit von Kompositen das Restaura-tionsüberleben“, erläutert Prof. Dr. Cornelia Frese aus Heidelberg als Mitautorin und Mandatsträgerin für die Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin e. V. (DGPZM).

## KOMPOSIT BEI KLASSE-V-KAVITÄTEN: AUF DAS ADHÄSIVPROTOKOLL KOMMT ES AN!

Für die Retention von Komposit in Klasse-V-Kavitäten ist das Adhäsivprotokoll maßgeblich. Daher heißt es in der Leitlinie, dass bei Gewährleistung adäquater Kontaminationskontrolle und Adhäsivtechnik direkte Kompositmaterialien evidenzbasiert zur Anwendung kommen können. Werden direkte Kompositrestaurationen zur Restauration von Klasse-V-Defekten verwendet, sollten 2-Schritt-Self-Etch-, 3-Schritt-Etch-and-Rinse-Adhäsivsysteme oder neuere Universaladhäsive verwendet werden.

## VON KARIOSEXKAVATION BIS LICHTPOLYMERISATION

In der S3-Leitlinie sind weitere Punkte mit konsensbasierten Empfehlungen ausgewiesen, die den Erfolg einer Kompositrestauration maßgeblich mitbestimmen.

### ■ Pulpanah: selektive, einzeitige Kariesexkavation

Bei der Kariesentfernung sollte bei **pulpanahen Dentinläsionen eine einzeitige selektive Kariesentfernung** der schrittweisen oder nonselektiven Kariesentfernung vorgezogen werden. Das heißt, in pulpanahen Kavitätenarealen wird die kariös veränderte Zahnhartsubstanz nicht oder nur teilweise exkaviert, während sie in anderen peripheren Kavitätenbereichen bis zur harten (gesunden) Zahnhartsubstanz entfernt wird.

## ■ Schmelzätzung und Approximalkontakte

Zur langfristigen Verbesserung der Schmelzrandqualität und zur Vermeidung von Randverfärbungen sollte ein **Anätzen des Schmelzes** bei allen direkten Kompositrestaurationen mit Phosphorsäure erfolgen. Zwei-Schritt-Self-Etch-, 3-Schritt-Etch-and-Rinse-Adhäsivsysteme oder Universaladhäsive sollten für direkte Kompositrestaurationen bevorzugt werden. Für die Formgestaltung von Approximalkontakten empfehlen die Leitlinienautorinnen, dass für Klasse-II-Kavitäten **anatomisch vorgeformte Teilmatrizen zusammen mit Keil und Ringsystem** verwendet werden sollten.

## ■ Korrekte Handhabung bei der Lichtpolymerisation

Da die überwältigende Mehrheit der heute verwendeten Kompositmaterialien rein lichthärtend ist, kommt der korrekten Handhabung des Polymerisationsgeräts und der regelmäßigen Prüfung seiner Energieleistung eine besondere Bedeutung für die vollständige Durchhärtung der Kompositrestauration zu. Ein **konsensbasiertes Statement** erachtet die Punkte **Polymerisationsrichtung, Abstand, Durchmesser des Lichtkegels und die eingebrachte Energie (Leistung x Zeit)** sowie die **Berücksichtigung der Opazität und Farbe des Komposits bei der Dauer der Lichtpolymerisation** als wichtige Faktoren, die bei der direkten Restaurationstechnik mit Komposit berücksichtigt werden müssen.

## ANWENDUNG VON KOMPOSIT: ENDLICH AUFBEREITETE EVIDENZ ANSTATT BAUCHENTSCHEIDUNG

Die Indikationen für Komposit sind derart vielfältig, dass eine Entscheidung für die beste Vorgehensweise in der konkreten klinischen Situation patientenzentriert und, wann immer möglich, präventionsorientiert erfolgen kann. Die Leitlinienautorinnen stellen die wichtigsten Neuerungen auf der **gemeinsamen Jahrestagung von DGZ und DGPro (14. bis 15. Juni 2024, Leipzig)** in einer interaktiven Session vor. Nähere Informationen unter: <https://dgpro-dgz-tagung.de/>

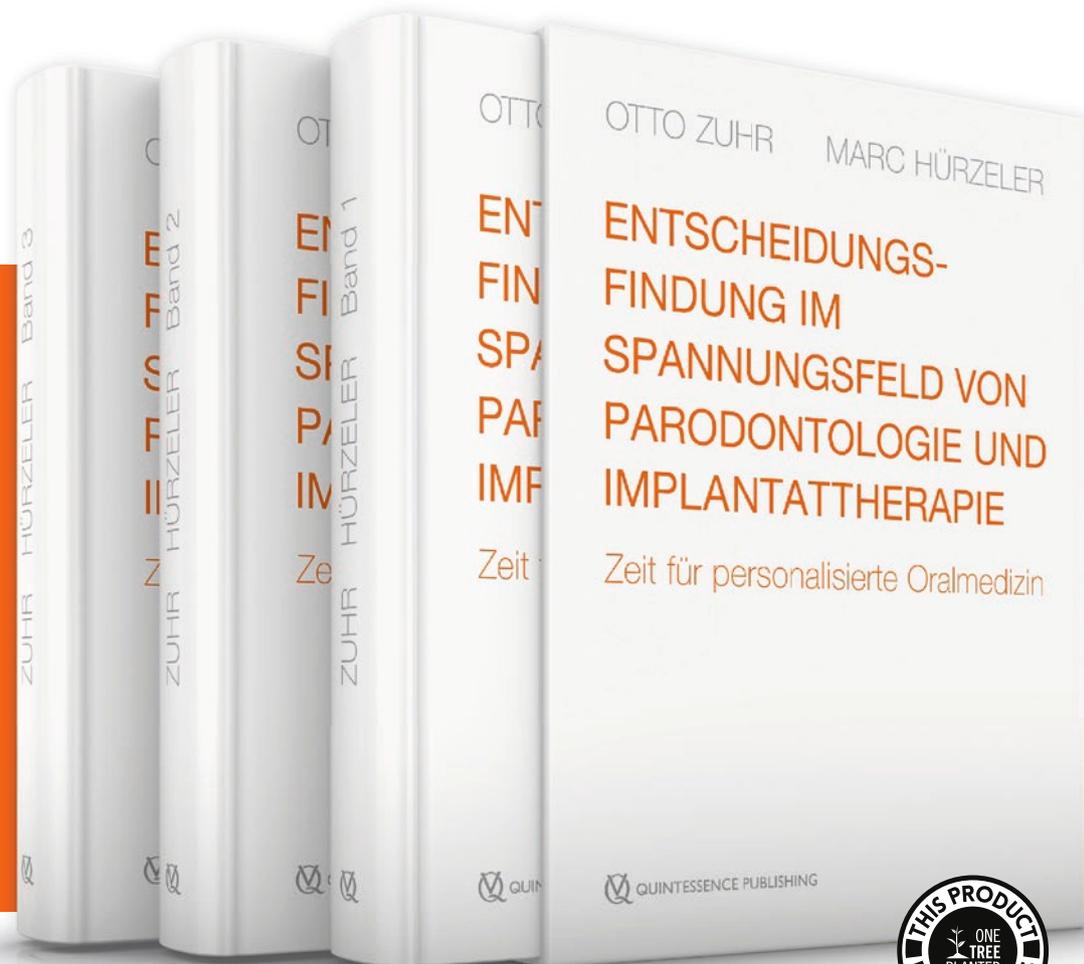
*Kerstin Albrecht*



**Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung e. V.**

**Kontakt:** DGZ Geschäftsstelle, Pfaffenwiese 3, 65931 Frankfurt a. M., Tel.: +49 (0) 69 30060473, E-Mail: [info@dgz-online.de](mailto:info@dgz-online.de)

# KOMPENDIUM DER SUPERLATIVE



Otto Zuhr | Markus B. Hürzeler

## Entscheidungsfindung im Spannungsfeld von Parodontologie und Implantattherapie

Zeit für personalisierte Oralmedizin

3 Bände im Hardcover im Schuber  
ca. 1.900 Seiten, ca. 4.900 Abb.,  
19 Videos

ISBN 978-3-86867-625-9

Artikelnr.: 21070

**Vorbestellpreis € 398,-**

(gültig bis 3 Monate nach Erscheinen,  
danach € 498,-)

**Erscheint September 2024**



Ohne einen patientenorientierten Behandlungsansatz sind in der Implantologie und Parodontalchirurgie vorhersagbar erfolgreiche Behandlungsergebnisse nicht mehr erreichbar. Ziel des dreibändigen Kompendiums ist daher die Verbindung von aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen der *evidenzbasierten Zahnmedizin* mit der auf das Risikoprofil betroffener Patienten fokussierten *individualisierten Oralmedizin* sowie der an den individuellen Patientenbedürfnissen orientierten *personalisierten Oralmedizin*. Das renommierte

Autorenteam erbringt in dieser sensationellen Publikation den Transfer von Faktenwissen über die klinische Entscheidungsfindung bis zur tatsächlichen Behandlung zur Erzielung gesunder und stabiler gingivaler und periimplantärer Weichgewebe. Dafür werden alle biologischen und technischen Grundlagen (Band 1) sowie sämtliche chirurgischen Techniken (Band 2 und 3) in herausragender Form und brillant illustriert dargestellt – ohne Zweifel ein Superlativ in der zahnmedizinischen Fachliteratur!



[www.quint.link/zuhr-buch-neu](http://www.quint.link/zuhr-buch-neu)



[buch@quintessenz.de](mailto:buch@quintessenz.de)



+49 (0)30 761 80 667

 **QUINTESSENZ PUBLISHING**

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V./  
Akademie Praxis und Wissenschaft



# Therapiekorridore für eine moderne Zahnmedizin

## DGZMK/APW-Jahreskongress 2024: Wenn wissenschaftliche Empfehlungen auf die Versorgungsrealität treffen



**Abb. 1** Im September wird sich die zahnmedizinische Fachwelt zum Deutschen Zahnärztetag in Düsseldorf versammeln. Der DGZMK-/APW-Vorstand hat im Jubiläumsjahr der APW ein facettenreiches wissenschaftliches Programm auf die Beine gestellt.  
© DGZMK/Katrin Hauter

Im Jubiläumsjahr des 50-jährigen Bestehens der Akademie Praxis und Wissenschaft (APW) findet der Deutsche Zahnärztetag in Kooperation mit der DGZMK/APW-Jahrestagung vom 12. bis 14. September 2024 in Düsseldorf statt. Das wissenschaftliche Programm bietet ein umfassendes Update des modernen zahnärztlichen Therapiespektrums.

Die wissenschaftlichen Fachgesellschaften unter dem Dach der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V. (DGZMK) tragen laufend neue Forschungsergebnisse für eine moderne Patientenbehandlung aus ihren jeweiligen Fachbereichen zusammen. In einem aufwendigen Prozess entstehen aus diesen Erkenntnissen systematisch entwickelte Entscheidungshilfen für Zahnärztinnen und Zahnärzte wie auch für Ärztinnen und Ärzte in spezifischen Situationen: die Leitlinien. Diese evidenzbasierten Therapieempfehlungen sind Gegenstand zahlreicher Fortbildungen. Doch nicht jede Therapie, die für eine Behandlungssituation wünschenswert wäre, kann kostendeckend und wirtschaftlich erbracht werden. „In der Zahnmedizin haben

wir enorme Fortschritte erzielt und zahlreiche wirksame Therapien entwickelt. Doch angesichts der ökonomischen Rahmenbedingungen müssen wir uns die Frage stellen, ob es überhaupt möglich ist, diese hohe Qualität der Zahnmedizin in die Realität der Versorgung zu übertragen“, sagt DGZMK-Präsident Prof. Dr. Dr. Jörg Wiltfang.

### THERAPIEKORRIDOR: WAS SOLLTE – WAS IST NÖTIG?

Der DGZMK/APW-Jahreskongress in Kooperation mit dem Deutschen Zahnärztetag möchte für dieses Dilemma Lösungen vorstellen. In Vorträgen des wissenschaftlichen Hauptprogramms werden daher nicht nur Therapien präsentiert, die in bestimmten Indikationen idealerweise erfolgen sollten, sondern die Refentinnen und Referenten wollen einen Therapiekorridor eröffnen, innerhalb dessen moderne Zahnmedizin und Wirtschaftlichkeit zusammengehen können, gemäß dem Tagungsmotto: „Zahnmedizin 2024: Welche Qualität müssen wir uns leisten?“

## FORTBILDUNG UND GESUNDHEITSPOLITISCHE DEBATTE

Der Kongress ist daher nicht nur eine Fortbildungsveranstaltung, sondern eröffnet auch den Raum für eine gesundheitspolitische Debatte. Am Freitag, dem 13. September 2024, werden Vertreter der Bundeszahnärztekammer (BZÄK), der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung (KZBV) und der DGZMK auf dem Podium darüber diskutieren, was die Zahnärzteschaft gemäß dem wissenschaftlichen Fortschritt den Patientinnen und Patienten anbieten sollte – trotz in manchen Indikationen engen Kostenrahmens.

## APW: 50 JAHRE FORTBILDUNG IN HÖCHSTER QUALITÄT

Bei allen Herausforderungen ist die zahnmedizinische Versorgung in Deutschland seit Jahrzehnten von hoher Qualität geprägt. Gerade im Bereich der Prävention hat dies erwiesenermaßen dazu geführt, dass zwölfjährige Kinder heute in großer Mehrheit kariesfrei sind – ein Präventionserfolg, der im Ländervergleich einzigartig ist. Diese Errungenschaft ist nicht zuletzt dem steten Weiterbildungswillen der Zahnärzteschaft zu verdanken, die die Transformation von einer auf Reparatur ausgerichteten hin zu einer präventionsorientierten Zahnmedizin konsequent verfolgt. Verlässlicher Begleiter ist dabei die Akademie Praxis und Wissenschaft (APW), das traditionsreiche Fortbildungsinstitut der DGZMK. In diesem Jahr feiert es sein 50-jähriges Bestehen. Der APW-Vorstand, der die wissenschaftliche Tagungsorganisation übernommen hat, konnte für die DGZMK/APW-Jahrestagung hochkarätige

Referentinnen und Referenten gewinnen. Die Teilnehmenden dürfen ein umfassendes Update evidenzbasierter Therapien in den unterschiedlichen zahnmedizinischen Disziplinen erwarten.

Weitere Informationen zum Deutschen Zahnärztetag und DGZMK/APW-Kongress finden Sie unter: [www.dgzmk-apw-kongress.de](http://www.dgzmk-apw-kongress.de)



Alle Tagungsinformationen in kompakter Form und Anmeldung direkt unter [www.dgzmk-apw-kongress.de/tagungsinfos](http://www.dgzmk-apw-kongress.de/tagungsinfos)



**Deutsche Gesellschaft für Mund-, Zahn- und Kieferheilkunde e. V.**

**Kontakt:** DGZMK, Liesegangstr. 17a, 40211 Düsseldorf, Tel.: +49 (0) 211 610198-0, Fax: -11, E-Mail: [dgzmk@dgzmk.de](mailto:dgzmk@dgzmk.de)

**Akademie Praxis und Wissenschaft**

**Kontakt:** APW, Liesegangstr. 17a, 40211 Düsseldorf, Tel.: +49 (0) 211 669673-0; E-Mail: [apw.fortbildung@dgzmk.de](mailto:apw.fortbildung@dgzmk.de)

## Kostenlose Webseminare live und on demand

Im Vorfeld der DGZMK/APW-Jahrestagung 2024 in Kooperation mit dem Deutschen Zahnärztetag 2024 finden immer mittwochs kostenlose Webseminare mit Kooperationspartnern statt.

Das nächste Onlineseminar läuft am **Mittwoch, dem 17. Juli 2024, von 18.00 bis 20.30 Uhr**. In jeweils 30-minütigen Vorträgen stehen folgende Themen auf dem Programm:

- Professioneller Umgang mit privaten Kostenträgern
- Maximale Leistung, minimales Risiko: Die Vorzüge der FireWire® Wärmebehandlung von EdgeEndo® für die WSR
- chairside dentistry 2024 – personalisiert für Zahnärzt:innen und zugeschnitten auf die Patienten
- Optimierung der Ästhetik – Home-Bleaching im digitalen Workflow

Weitere Webseminare finden am **24. Juli** und am **28. August 2024** statt. Die bereits gelaufenen vier Webseminare stehen als Aufzeichnung zur Verfügung unter [www.dgzmk-apw-kongress.de/webseminare](http://www.dgzmk-apw-kongress.de/webseminare)



Weitere Informationen und Anmeldung finden Interessierte unter [www.dgzmk-apw-kongress.de/webseminare](http://www.dgzmk-apw-kongress.de/webseminare)

Arbeitskreis für Psychologie und Psychosomatik in der Zahnheilkunde

## 33. Jahrestagung des AKPP der DGZMK am 25. und 26. Oktober 2024

Unter dem Motto „Burnout – Warum Ich? Ursachen erkennen, richtig behandeln und sinnvoll vorbeugen“ findet am 25. und 26. Oktober an der Universität Witten/Herdecke die 33. Jahrestagung des Arbeitskreises für Psychologie und Psychosomatik in der Zahnheilkunde (AKPP der DGZMK) unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Jöhren statt. Eine Studie unter deutschen Zahnärztinnen und Zahnärzten aus dem Jahr 2021 zeigt, dass im Einklang mit internationalen Studien die Burnout-Quote unter ihnen bei 13 Prozent liegt und weitere 32 Prozent burnoutgefährdet sind. Während die praktische Arbeit allein überwiegend nicht als Stressfaktor empfunden wird, hinterlassen vor allem zunehmende Bürokratisierung mit ausufernden Verwaltungsaufgaben sowie Praxis- und Personalführung ihre Spuren. Wird der chronische Stress am Arbeitsplatz nicht erkannt und nicht erfolgreich verarbeitet, häufen sich Symptome wie emotionale Erschöpfung, geistige Distanz zur eigenen Arbeit und reduzierte berufliche Leistungsfähigkeit – zusammengekommen als Burnout-Syndrom bezeichnet (WHO: ICD-11).

### WEGE AUS DER STRESSSPIRALE

Vor diesem Hintergrund richtet sich der Kongress an angehende und praktizierende Zahnmedizinerinnen und Zahnmediziner und soll sowohl Symptome und Folgen von dauerhaftem Stress als auch mög-

liche prophylaktische und therapeutische Maßnahmen vorstellen. Es konnten namhafte Referenten gewonnen werden, die in Vorträgen und zwei Workshops für dieses Berufsrisiko sensibilisieren und Wege aus der Spirale aus Stress, Angst und Depression weisen.

In einem wissenschaftlichen Block am Freitagnachmittag können zusätzlich Arbeitsgruppen in Kurzvorträgen ihre Untersuchungen vorstellen. Der beste wissenschaftliche Kurzvortrag eines/einer Nichthabilitierten wird mit 500 Euro Preisgeld dotiert. Weitere Informationen finden sich auf der Homepage des AKPP unter: [www.akpp-online.de/](http://www.akpp-online.de/) aktuelles. Anmeldung: [wolowsk@uni-muenster.de](mailto:wolowsk@uni-muenster.de)

*Peter Jöhren (Tagungsleitung)*

*Anne Wolowski und Thomas Eger (Vorstand AKPP)*



**Arbeitskreis für Psychologie und Psychosomatik in der Zahnheilkunde**

**Kontakt:** AKPP der DGZMK, Liesegangstr. 17 a, 40211 Düsseldorf, Fax: +49 (0) 251 8347083, E-Mail: [wolowsk@uni-muenster.de](mailto:wolowsk@uni-muenster.de) (Prof. Dr. Anne Wolowski)

## Aufruf für Anträge an die Hauptversammlung der DGZMK

Die Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V. findet statt am

**Freitag, 13. September 2024, um 17:30 Uhr im Maritim Hotel Düsseldorf.**

Hierzu laden wir alle Mitglieder herzlich ein und bitten um zahlreiches Erscheinen.

Anträge an die Hauptversammlung sind bis zum **19. Juli 2024 per Einschreiben** zu richten an die **Geschäftsstelle der DGZMK, Liesegangstraße 17a, 40211 Düsseldorf**

Düsseldorf, 14. Juni 2024

Prof. Dr. Dr. Jörg Wiltfang, Präsident der DGZMK

# In memoriam Prof. Dr. Dr. Peter Tetsch

## Pionier der wissenschaftlichen Implantologie, Mentor und Freund

Mit tiefem Bedauern und großer Wertschätzung nehmen wir Abschied von Prof. Dr. Dr. Peter Tetsch, der am 4. April 2024 von uns gegangen ist, einem Pionier, einer treibenden Kraft und einer inspirierenden Persönlichkeit, die die Implantologie in Deutschland und weit darüber hinaus maßgeblich geprägt hat. Sein unermüdlicher Einsatz, seine visionäre Kraft und sein leidenschaftliches Engagement haben die zahnärztliche Implantologie vorangebracht und Generationen von Zahnärztinnen und Zahnärzten inspiriert und geprägt.

1984 übernahm Professor Tetsch den Arbeitskreis Implantologie innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), einen kleinen Verein, der unter seiner Führung zu einem wichtigen Forum für den fachlichen Austausch wurde. Sein erster großer Kongress in München legte den Grundstein für eine Erfolgsgeschichte in der Welt der zahnärztlichen Implantologie.

Als engagierter Wissenschaftler und leidenschaftlicher Lehrer nahm Professor Tetsch die Implantologie in den Vorlesungsplan auf, lange bevor dies gemeinhin üblich wurde. Er war Mentor und Inspiration für zahlreiche Studierende, Assistentinnen und Assistenten und leitete als gefragter Referent über 1.000 Fortbildungskurse. Seine Fähigkeit, Wissen zu vermitteln und andere für seine Ideen und Konzepte zu begeistern, war außergewöhnlich.

Mit der von ihm initiierten DFG-Studie zur „Verlaufskontrolle und Weiterentwicklung zahnärztlicher Implantate“, die er mit substanzieller finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft ins Leben rief, setzte Professor Tetsch einen Meilenstein. Diese Studie, an der fünf Universitäten beteiligt waren, legte den Grundstein für die wissenschaftliche Anerkennung der Implantologie in Deutschland und letztlich auch weltweit.

Professor Tetsch war nicht nur ein Visionär in der Wissenschaft; er wollte neues Wissen und neue Erkenntnisse auch in die Zahnärzteschaft tragen. Die von ihm begründete Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie, die Mitgliederzeitschrift der DGI, und seine zahlreichen Fachpublikationen haben wesentlich dazu beigetragen, das Wissen und die neuesten Techniken Kolleginnen und Kollegen zugänglich zu machen und die Anerkennung der Implantologie als wesentlicher Bestandteil der zahnärztlichen Behandlung voranzutreiben.

Die Weiterentwicklung des Arbeitskreises für Implantologie gehört zu den Wurzeln der Deutschen Gesellschaft für Implantologie (DGI), die heute mit 8.500 Mitgliedern zu den international führenden



Foto: Moritz Brilo

Organisationen in der Zahnmedizinischen Gemeinschaft zählt. Professor Tetsch hatte großen Anteil an dieser Entwicklung durch sein Engagement und seine Fähigkeit, andere zu inspirieren und zu fördern.

Wir verneigen uns vor Prof. Dr. Dr. Peter Tetsch, einem Großen in unserem Fach, dessen Wirken und Schaffen weiterleben wird in den vielen Menschen, die er unterrichtet, inspiriert und beeinflusst hat. Unsere Gedanken sind bei seiner Familie, seinen Freunden und all jenen, die das Glück hatten, seinen Weg zu kreuzen. Professor Tetsch wird uns fehlen, doch sein Erbe wird fortbestehen und die Zahnmedizinische Welt bereichern.

*Der Vorstand der DGI*

# Professor Gernet ist verstorben

## Nachruf der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e. V. (DGPro)

Am 15. April 2024 ist Prof. Dr. med. Wolfgang Gernet im Alter von 74 Jahren verstorben. Als anerkannte Größe seines Fachs hat er die universitäre prothetische Zahnmedizin auf vielfältige Weise entscheidend geprägt. Nach seinem Studium der Zahnmedizin und der Medizin in Freiburg begann er seine akademische Karriere an der prothetischen Abteilung der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Freiburg. Sein wissenschaftliches Interesse galt schon früh der Funktion und den Funktionsstörungen des Kauorgans. Auf diesem Forschungsgebiet habilitierte er und übernahm 1982 eine C3-Professur. 1984 erhielt er einen Ruf nach Regensburg auf die Position als Ordinarius und Direktor der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik in der dort neugegründeten universitären Zahnklinik. Seine besonnene, ausgleichende und gleichzeitig pragmatische wie zielführende Art führte ihn in die Funktionen des Dekans und des geschäftsführenden Direktors des Klinikums. Er war dort maßgeblich am Aufbau der heute international bekannten und renommierten medizinischen Fakultät der Universität Regensburg beteiligt. 1990 erhielt er den Ruf an die Universität München und übernahm dort als Direktor der Poliklinik für Prothetik die Leitung der größten Abteilung dieser Art in Deutschland. Bis zu seiner Emeritierung im September 2014 prägte er Generationen von Studentinnen und Studenten, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und pflegte stets auch internationale Kooperationen. Seine Werte und seine Sicht auf die Zahnmedizin hat er seinen Habilitandinnen und Habilitanden – inzwischen allesamt sehr erfolgreich – mitgegeben, sodass zukünftige Generationen von Kolleginnen und Kollegen diese Werte weitertragen werden. Mit großem Engagement betreute und versorgte er neben seinen vielfältigen Aufgaben und Verpflichtungen eine Vielzahl von Patientinnen und Patienten. Auch außerhalb der Universität war Wolfgang Gernet in zahlreichen Funktionen aktiv. Besonders erwähnenswert sind seine Arbeit im Vorstand der Arbeitsgemeinschaft für Hochschullehre in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde sowie seine Tätigkeit als Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (heute Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e. V. (DGPro)). Neben der Ehrenmitgliedschaft der DGPro im Jahr 2011 erhielt er zahlreiche weitere Ehrungen wie die Ehrendoktorwürde der Universität Istanbul. Er bewies stets Sorgfalt und Akribie mit einem angemessenen Quantum an Großzügigkeit und einem feinen Sinn für Humor. An erster Stelle stand für ihn immer der Mensch.



Foto: Pressestelle LMU Klinikum

Bei allem beruflichen Engagement und aller Professionalität hatte seine Familie für ihn stets einen ganz besonderen Stellenwert. Wir verlieren mit Wolfgang Gernet einen talentierten Wissenschaftler, einen großartigen Kollegen und Hochschullehrer, liebenswerten und humorvollen Menschen, Mentor und väterlichen Freund. Seine ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Doktorandinnen und Doktoranden, Weggefährtinnen und Weggefährten sowie Studenten und Studentinnen werden den Verstorbenen in ehrender Erinnerung behalten. Wir trauern mit seiner Frau und seiner Familie.

*Prof. Dr. Daniel Edelhoff,  
Prof. Dr. Florian Beuer,  
Prof. Dr. Jan-Frederik Güth,  
PD Dr. Dr. Oliver Schubert*

Akademie Praxis und Wissenschaft in der DGZMK

## Fortbildungskurse der APW

### Juni 2024

**15.06.2024 (Sa 09.00–16.00 Uhr)**

**Thema:** Prothetik und Funktion

**Referentin:** Prof. Dr. Ingrid Peroz

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 420,00 €, 380,00 €/Mitglied DGZMK,  
360,00 €/Mitglied APW, 360,00 €/Mitglied DGFDT

**Kursnummer:** ZF2024CF02

**Fortbildungspunkte:** 9

**29.06.2024 (Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Rote Ästhetik um Zahn und Implantat – chirurgische Perspektive

**Referent:** PD Dr. Kai Fischer

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 440,00 €, 410,00 €/Mitglied DGZMK,  
380,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CP01

**Fortbildungspunkte:** 8

### August 2024

**31.08.2024 (Sa 11.00–14.00 Uhr)**

**Thema:** Behandlungskonzepte, EFP-Leitlinie und PAR-Kassenrichtlinie – Konzepte für die Praxis

**Referent:** Dr. Markus Bechtold

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 230,00 €, 200,00 €/Mitglied DGZMK,  
180,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CP02

**Fortbildungspunkte:** 3

### September 2024

**07.09.2024 (Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Regenerative und plastisch-chirurgische Parodontalchirurgie – ein Update

**Referent:** Prof. Dr. Jamal M. Stein

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 450,00 €, 420,00 €/Mitglied DGZMK,  
390,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CP03

**Fortbildungspunkte:** 8

**20.–21.09.2024 (Fr 13.00–20.00 Uhr, Sa 09.00–18.00 Uhr)**

**Thema:** Bisshebung im Abrasions- und Erosionsgebiss mit Vollkeramik Hands-on-Kurs

**Referent:** Prof. Dr. Jürgen Manhart

**Ort:** München

**Gebühren:** 1.040,00 €, 995,00 €/Mitglied DGZMK,  
970,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CW01

**Fortbildungspunkte:** 18

**21.09.2024 (Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Das große 1×1 der professionellen Kommunikation in der zahnärztlichen Praxis

**Referent:** PD Dr. Michael Wicht

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 420,00 €, 390,00 €/Mitglied DGZMK,  
360,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CA04

**Fortbildungspunkte:** 8

**27.–28.09.2024 (Fr 14.00–18.00 Uhr, Sa 09.00–14.00 Uhr)**

**Thema:** Praktische Kinderzahnheilkunde

**Referentin:** Dr. Tania Roloff

**Ort:** Hamburg

**Gebühren:** 750,00 €, 720,00 €/Mitglied DGZMK,  
680,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CK02

**Fortbildungspunkte:** 10

**27.–28.09.2024 (Fr 14.00–18.00 Uhr, Sa 10.00–16.00 Uhr)**

**Thema:** Implantologie im 21. Jahrhundert

**Referent:** Prof. Dr. Christian Johannes Mehl

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 570,00 €, 540,00 €/Mitglied DGZMK,  
520,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CW03

**Fortbildungspunkte:** 13

## Oktober 2024

**11.–12.10.2024 (Fr 14.00–19.00 Uhr, Sa 09.00–16.30 Uhr)**

**Thema:** Function under your control

**Referent:** Dr. Marcus Striegel

**Ort:** Nürnberg

**Gebühren:** Teilnehmer, die diesen Kurs über die APW buchen,  
erhalten exklusiv einen Rabatt von 5 % auf die reguläre Kursgebühr  
von 1.650,00 € zzgl. der gesetzlichen USt. und zahlen 1.567,50 € zzgl.  
der gesetzlichen USt.

**Kursnummer:** ZF2024CF03

**Fortbildungspunkte:** 15

**18.10.2024 (Fr 09.00–14.30 Uhr)**

**Thema:** Chirurgische Endodontologie – Möglichkeiten und Grenzen  
aus der Praxis für die Praxis

**Referent:** Dr. Tom Schloss, M.Sc.

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 340,00 €, 310,00 €/Mitglied DGZMK,  
290,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CE02

**Fortbildungspunkte:** 6

**18.–19.10.2024 (Fr 14.00–19.00 Uhr, Sa 08.30–15.30 Uhr)**

**Thema:** Fit für die Kinderzahnheilkunde – Besondere Aspekte

**Referent/-in:** Prof. Dr. Dr. Norbert Krämer, Dr. Nelly Schulz-Weidner

**Ort:** Gießen

**Gebühren:** 720,00 €, 680,00 €/Mitglied DGZMK,  
650,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CK03

**Fortbildungspunkte:** 14

## November 2024

**06.11.2024 (Mi 14.00–18.00 Uhr)**

**Thema:** Periimplantitis! – Was tun?

**Referent:** Dr. med. dent. Florian Rathe

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 270,00 €, 240,00 €/Mitglied DGZMK,  
210,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CM01

**Fortbildungspunkte:** 4

**08.11.2024 (Fr 14.00–19.00 Uhr)**

**Thema:** Pulpotomie von bleibenden Zähnen Workshop

**Referent:** ZA Georg Benjamin

**Ort:** Frankfurt

**Gebühren:** 420,00 €, 390,00 €/Mitglied DGZMK,  
370,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CE03

**Fortbildungspunkte:** 6

**08.–09.11.2024 (Fr 14.00–19.00 Uhr, Sa 09.00–16.00 Uhr)**

**Thema:** Die Quintessenz einer erfolgreichen Kinderzahnmedizin  
für den Familienzahnarzt

**Referent:** Prof. Dr. Jan Kühnisch

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 580,00 €, 550,00 €/Mitglied DGZMK,  
530,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CK04

**Fortbildungspunkte:** 13

**15.–16.11.2024 (Fr 14.00–18.00 Uhr, Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Implantologie

**Referent:** Dr. Tobias Schneider

**Ort:** Seefeld

**Gebühren:** 625,00 €, 605,00 €/Mitglied DGZMK,  
580,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** CA20230004WK11

**Fortbildungspunkte:** 19

**16.11.2024 (Sa 10.00–18.00 Uhr)**

**Thema:** Moderne nicht-chirurgische Parodontaltherapie – Konzepte für die Praxis – INTENSIVKURS

**Referent:** Dr. Markus Bechtold

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 450,00 €, 420,00 €/Mitglied DGZMK,  
390,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CP04

**Fortbildungspunkte:** 8

**22.–23.11.2024 (Fr 14.00–19.00 Uhr, Sa 09.00–16.30 Uhr)**

**Thema:** Red Aesthetics under your control

**Referent:** Dr. Marcus Striegel

**Ort:** Nürnberg

**Gebühren:** Teilnehmer, die diesen Kurs über die APW buchen, erhalten exklusiv einen Rabatt von 5 % auf die reguläre Kursgebühr von 1.450,00 € zzgl. der gesetzlichen USt. und zahlen 1.377,50 € zzgl. der gesetzlichen USt.

**Kursnummer:** ZF2024CÄ03

**Fortbildungspunkte:** 15

**23.11.2024 (Sa 09.00–17.00 Uhr)**

**Thema:** Klinische Parodontaltherapie jenseits der Kurette: Antibiotika, Probiotika und Ernährungslenkung

**Referent:** Prof. Dr. Ulrich Schlagenhaut

**Ort:** Onlinekurs

**Gebühren:** 450,00 €, 420,00 €/Mitglied DGZMK,  
390,00 €/Mitglied APW

**Kursnummer:** ZF2024CP05

**Fortbildungspunkte:** 8



**Anmeldung/Auskunft:** Akademie Praxis und Wissenschaft, Liesegangstr. 17a,  
40211 Düsseldorf,  
Tel.: 0211 669673-0; E-Mail: apw.fortbildung@dgzmk.de

## DZZ – Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift

03/24 · 79. Jahrgang · Juni 2024

Copyright © by Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V., 2024

### Herausgebende Gesellschaft

DGZMK – Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e. V. (Zentralverein, gegr. 1859), Liesegangstr. 17a, 40211 Düsseldorf, Tel.: +49 211 610198-0, Fax: +49 211 610198-11

### Mitherausgebende Gesellschaften

Die Zeitschrift ist Organ folgender Gesellschaften und Arbeitsgemeinschaften:

- Deutsche Gesellschaft für Parodontologie e. V.
- Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e. V.
- Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung e. V.
- Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie in der DGZMK
- Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnmedizin e. V.
- Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie
- Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK
- Arbeitsgemeinschaft für Arbeitswissenschaft und Zahnheilkunde
- Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung in der DGZMK

### Chefredaktion

Prof. Dr. Werner Geurtsen, Elly-Beinhorn-Str. 28, 30556 Hannover  
Prof. Dr. Guido Heydecke, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Martinistr. 52, 20246 Hamburg

### Beirat

Nationaler Beirat: N. Arweiler, J. Becker, T. Beikler, K. Bitter, W. Buchalla, F. Cieplik, C. Dörfer, H. Dommisch, P. Eickholz, R. Frankenberger, P. Gierthmühlen, B. Greven, K. A. Grötz, J.-F. Güth, R. Haak, S. Hahnel, Ch. Hannig, M. Hannig, D. Heidemann, E. Hellwig, R. Hickel, S. Jepsen, B. Kahl-Nieke, M. Karl, M. Kern, N. Krämer, G. Krastl, D. Kraus, H. Lang, G. Lauer, A. Liebermann, J. Lisson, R. G. Luthardt, J. Meyle, P. Ottl, N. Passia, E. Schäfer, H. Schliephake, N. Schlüter, G. Schmalz, M. Schmitter, F. Schwendicke, H. Stark, M. Walter, D. Wolff, B. Wöstmann, A. Wolowski, A. Zenthöfer, D. Ziebolz

Internationaler Beirat: Th. Attin, T. Flemmig, A. Jokstad, A. M. Kielbassa, A. Mehl, E. Nkenke, J. C. Türp

ISSN 2190-7277 (online)

### Verlag

Quintessenz Verlags-GmbH  
Ifenpfad 2–4, 12107 Berlin; Postfach 42 04 52, 12064 Berlin  
Tel.: +49 (0) 30 76180-5, Fax: +49 (0) 30 76180-692  
www.quintessence-publishing.com

### Geschäftsführender Gesellschafter

Christian W. Haase

### Redaktionsleitung Zeitschriften

Dr. Marina Rothenbücher

### Koordinierende Redaktion

Susanne Neumann (neumann@quintessenz.de)  
Thomas Volmert (volmert@quintessenz.de)

### Anzeigen

Markus Queitsch (queitsch@quintessenz.de)  
Mobil: +49 (0) 172 9337133

### Layout/Herstellung

Juliane Geiger

### Leserservice

Adelina Hoffmann (abo@quintessenz.de)

Bei redaktionellen Einsendungen ohne besonderen diesbezüglichen Vermerk behält sich der Verlag das ausschließliche Recht der Vervielfältigung in jeglicher Form sowie das der Übersetzung in fremde Sprachen ohne jede Beschränkung vor. Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist die Verwertung ohne Einwilligung der DGZMK strafbar. Der Verlag haftet nicht für die Richtigkeit mitgeteilter Angaben. Als Originalarbeiten werden grundsätzlich nur Erstveröffentlichungen angenommen. Nach Annahme für eine Veröffentlichung dürfen diese Arbeiten nicht in gleichem oder ähnlichem Wortlaut an anderer Stelle angeboten werden. Die Redaktion behält sich vor, den Publikationszeitpunkt zu bestimmen.

Erscheinungsweise: sechsmal im Jahr  
(Februar/April/Juni/August/Oktober/Dezember)

Anzeigenpreisliste 75, gültig ab 1. Januar 2024

Erfüllungsort und Gerichtsstand: Berlin

### Titelbildhinweise: Abb. 1d und 1h aus Maffei et al., S. 157, aus Originalbeitrag:

Maffei SH, Fernandes GVO, Fernandes JCH, Orth C, Joly JC: Clinical and histomorphometric soft tissue assessment comparing free gingival graft and a collagen matrix as alveolar-sealer materials: a randomized controlled pilot clinical trial. *Quintessence Int* 2023 Oct 19; 54: 756–769, doi: 10.3290/j.qi.b4194253

# AKTUELL. INFORMATIV DENTAL.

copyright by  
all rights reserved  
Quintessenz

 QUINTESSENCE NEWS



QUINTESSENCE NEWS UND MEHR AUCH AUF FACEBOOK:



QuintessencePublishingDE

# QUINTESSENCE NEWS

DAS INFORMATIONSANGEBOT VON  
QUINTESSENCE PUBLISHING  
DEUTSCHLAND



- ▶ Kompakte, aktuelle Informationen für die tägliche Arbeit von Zahnärzten und Zahnärztinnen, Zahntechnikerinnen und Zahntechnikern sowie ihren Teams
- ▶ Hochwertige Fachinformationen und Fachbeiträge zu den Topthemen und Basics der Zahnmedizin und Zahntechnik von exzellenten Autorinnen und Autoren aus Praxis und Wissenschaft
- ▶ Experteninterviews, Statements, Kommentare
- ▶ Fortbildung im Blick – Vorankündigungen und Berichte
- ▶ Neues aus der internationalen Fachliteratur von Quintessence Publishing Deutschland und weltweit – Fachzeitschriften, Bücher, digitale Medien
- ▶ Informationen und Unterhaltung in Text, Bild und Video unter [www.quintessence-news.de](http://www.quintessence-news.de)

**Kostenfrei im Netz – 7 Tage die Woche, rund um die Uhr**  
**Überall verfügbar – auf PC, Tablet und Smartphone**



## DAMIT SIE NICHTS VERPASSEN:

Nutzen Sie den wöchentlichen Newsletter – einfach anmelden unter [quint.news/newsletter](http://quint.news/newsletter) oder über den QR-Code