

# Dentista



copyright by  
all rights reserved

WISSENSCHAFT | PRAXIS | LEBEN

01/24

## FOKUS

Moderne  
Kunststoffe

Praxisgründung:  
Mein Weg in die  
Selbstständigkeit

Beschäftigungs-  
verbote während  
der Stillzeit

# Die Tetric®-Linie

## Die Lösung für alle Kavitäten\*



Jede Sekunde wird eine Tetric Füllung gelegt<sup>[1]</sup>

Mehr als **730** Millionen gelegte Füllungen weltweit<sup>[1]</sup>



Basiert auf Tetric EvoCeram, das seit mehr als 15 Jahren klinisch erfolgreich eingesetzt wird.



Natürliche Ästhetik

für den Front- und Seitenzahnbereich. Zaubern Sie Ihren Patienten ein schönes Lächeln.



Bis zu **51%** Zeitersparnis

mit den 4-mm-Composites im Vergleich zur konventionellen Schichttechnik.

**Tetric® Prime**  
Modellierbares Universalcomposite

**Tetric® EvoFlow**  
Fließfähiges Universalcomposite

**Tetric® PowerFlow**  
Fließfähiges Composite für den Seitenzahnbereich

**Tetric® PowerFill**  
Modellierbares Composite für den Seitenzahnbereich



Bis zu **2** mm

Ab **5** Sekunden bei einer Lichtintensität von 1800–2200 mW/cm<sup>2</sup>

Front- und Seitenzahn

Bis zu **4** mm

Ab **3** Sekunden bei einer Lichtintensität von 2700–3300 mW/cm<sup>2</sup>

Seitenzahn



## Stoffe, aus denen Kunst im Mund wird

Zahnärzte und Zahnärztinnen aus der Generation der Baby-boomer haben wie ich einige kleine und manche großen Trends erlebt, jede Form der Reparatur im Mund ist der Einbau eines künstlichen Stoffes.

In der heutigen Praxis sind Kunststoffe nicht wegzudenken, zu vielfältig ist deren Auftreten, zu universell ihr Einsatzgebiet. Sie finden sich in allen Patientenmündern, vom ersten Moment an, wenn ein kleiner oder großer Mensch Karies hat, und manchmal sogar schon vorher in Form von „Zahnspangen“ oder Versiegelungen.

Die Verarbeitungsweisen haben sich neben der Zusammensetzung der Resine und Acrylate, Uretane und Komposite stark verändert, ihre Verwendung ist in so gut wie alle Bereiche der Zahnmedizin ausgedehnt: von Kieferorthopädie über konservative Behandlung bis zu herausnehmbarer Prothetik und Okklusionsschienen. Zwischendurch hören wir die Idee, Kunststoffe könnten in verschiedenen Bereichen Keramik ersetzen.

Und so wie in den 80er-Jahren die zunehmende Verwendung von Kompositen als Füllungsmaterial die Ablösung des Amalgams als Seitenzahnfüllung einzuläuten begann, ist heute mit der Herstellung von Kompositkronen die Tür aufgemacht für definitiven Zahnersatz.

Wie mit den meisten neuen Techniken und Verfahren könnte es aber auch hier nach der ersten Euphorie noch zu einer gewissen Desillusionierung kommen, ehe ausreichend Langzeitstudien und Untersuchungen genaue Empfehlungen abgeben und das Plateau der Produktivität einläuten.

Zusammen mit dem Megatrend der künstlichen Intelligenz entsteht eine neue faszinierende Kombination: Dreidimensional gedruckte, von KI designte zahntechnische Werkstücke machen einfache, haltbare Versorgungen zu sehr geringen Kosten erschwinglich für weite Teile der Weltbevölkerung, die bisher in dieser Form nicht mit Zahnersatz versorgt werden konnten. Was man dazu braucht, sind digitale Zahnabdrücke und geeignete Resine.

Gleichzeitig entstehen am anderen Ende High-End-Produkte für ästhetisch anspruchsvolle Patienten/-innen, deren Zahnersatz z. B. auf 3-D-Modellen gefertigt wird, die die exakt gleiche Farbe wie die Zahnstümpfe haben. Ideal designte Lächelsituationen werden künstlich umgesetzt und vorprobiert, dabei kann KI in Windeseile vorgaukeln, was noch vor wenigen Jahren mühsam mit Zahnschablonen, Lippenkurven und Smiledesign gezeichnet wurde. Äußerst dünne gedruckte Schalen verführen als schneeweiße Veneers auf scheinbar makellos kieferorthopädisch vorbehandelten oberen Schneidezähnen. Social-Media-Trends erschaffen Wellen, in denen die Zahnmedizin baden gehen kann.

Für uns Zahnärzte/-innen und Techniker/-innen entstehen neue Herausforderungen: sich immer schneller entwickelnde Prozesse und Verfahren bei im Wesentlichen gleichen zahnmedizinischen Problemen, aber sich rasant ändernden sozioökonomischen Rahmenbedingungen.

Es wird spannend, wie meine Töchter und ihre Generation diesen Wandel erleben werden, den ich sicher mit Interesse beobachten werde.



Ihre,  
Dr. Gertrud Fabel

# Work-Life-Balance muss kein Traum bleiben



AdobeStock\_LIGHTFIELDSTUDIOS

Hier Gratisgeschenk  
und mehr Infos sichern



**DKV**  
**goDentis**

Ihr Partner für Zahngesundheit  
und Kieferorthopädie



6 FOKUS



39 DENTISTA VERBAND



49 PRAXISGRÜNDUNG



DENTISTA FOKUS

MODERNE KUNSTSTOFFE

- 6 Füllungstherapie – Was ist die beste Amalgamalternative?
- 10 Polymere in der festsitzenden zahnärztlichen Prothetik – Eine klinische Übersicht
- 17 Polymere für die subtraktive und additive Anwendung
- 22 Unverträglichkeiten auf dentale Kunststoffe – Erläuterung und Überblick
- 29 Additive Fertigung im Bereich der Kunststoffe
- 36 Okklusionsbehelfe 2024: Gefräst oder gedruckt?

DENTISTA VERBAND

- 39 Neues aus dem Vorstand
- 40 Neumitglied
- 40 Dentista-Akademie
- 42 dentista:kongress 2024: Gegenseitig stärken – gemeinsam wachsen

- 44 19. Dentalkongress: Wir (l)i(e)ben Zahnmedizin! Gemeinsam wachsen für die Zukunft

INTERNATIONALE ZAHNÄRZTINNEN

- 47 Cleopatra Nacopoulos, Athen, Griechenland



Auf dem Cover dieser Dentista: Dr. Amelie Hartmann, Stuttgart Dentista-Mitglied [Porträt auf S. 46]

PRAXISGRÜNDUNG

- 49 „Mein Weg in die Selbstständigkeit“ Dr. Verena Fabel, Mamming

PRAXISORGA

- 51 4,5 ist das neue 2,3 Neues KZBV-Jahrbuch zeigt: GOZ-Spielräume werden nur unzureichend genutzt

PRAXIS & RECHT

- 53 Beschäftigungsverbote während der Stillzeit und Strafbarkeit unrichtiger Gesundheitszeugnisse

SERVICE

- 56 Pateninfo
- 58 Impressum

## DENTISTA FOKUS

# MODERNE KUNSTSTOFFE

Liebe Leserinnen,

im Fokus unserer ersten Dentista-Ausgabe in diesem Jahr stehen moderne Kunststoffe und ihr Einsatz in der Zahnmedizin. In den vergangenen Jahren wurden die Materialien stetig weiterentwickelt. Damit stehen den Behandlern/-innen in der Praxis verschiedenste Möglichkeiten zur Verfügung und es lohnt sich, einmal zu schauen, was alles möglich ist.

Also werfen wir einen Blick auf Kunststoffe in der Füllungstherapie, Prothetik und Werkstoffkunde. Wo werden sie eingesetzt, wie werden sie verarbeitet und worauf ist zu achten?

Ein wichtiger Aspekt ist zudem die Unverträglichkeit von Kunststoffen, da es sowohl im Patientenmund als auch bei der Bearbeitung des Materials zur Freisetzung von Substanzen kommen kann.

Und schließlich beschäftigen wir uns etwas spezieller mit additiven Fertigungsverfahren und den traditionellen und neueren Herstellungsvarianten von Okklusionsbehelfen.

Wir hoffen, Ihnen damit einen umfangreichen und auch etwas spezielleren Überblick zu modernen Kunststoffen in der Zahnmedizin bieten zu können und wünschen Ihnen viel Gewinn beim Lesen.



Ihre  
**Susann Lochthofen**

## Füllungstherapie – Was ist die beste Amalgamalternative?

**Die direkte restaurative Versorgung eines Zahns gewinnt aufgrund steigender Qualitätsmerkmale der Füllungsmaterialien in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung. Obwohl das Amalgam längst nicht mehr alleiniges Material der Wahl ist, so ist es aus dem Therapieangebot nicht wegzudenken, da es immer noch die einzige Kassenleistung für eine Füllung im Seitenzahnbereich ohne Zuzahlung der gesetzlichen Krankenkassen ist. Dieser Artikel stellt im Überblick die Vor- und Nachteile dieses Werkstoffs dar und diskutiert, welche Alternativen verfügbar sind.**

### Patientenwunsch und Versorgungsmöglichkeiten

Der Patientenwunsch beeinflusst maßgeblich die Behandlung und Therapie eines Patienten und somit der Zähne und ist deshalb mit einem besonderen Augenmerk zu betrachten. Jeder Patient ist individuell und kommt mit verschiedensten Vorerfahrungen und Erwartungen zum Zahnarzt. Ebenfalls spielt die Zahnarzt-Patient-Beziehung eine wichtige Rolle, da eine gute Vertrauensbasis meist zu einer schnelleren Entscheidung hinsichtlich der The-

rapiemöglichkeiten und einer besseren Qualität der Behandlung beiträgt<sup>1</sup>. Zusammengefasst beschäftigen sich die Erwartungen eines Patienten an die Behandlung häufig mit folgenden Punkten: Es soll wenn möglich eine maximale Ästhetik bei nicht sichtbaren Restaurationen erzielt werden – und dies ohne Schmerzen bei der Behandlung. Des Weiteren spielt die Langlebigkeit der Füllung eine Rolle und dabei ein so geringer Verlust der Zahnhartsubstanz wie möglich. Als Wunsch sind ebenfalls eine kurze Behandlungsdauer und niedrige Kosten zu nennen.



All diese Erwartungen werden von Zahnärzten/-innen tagtäglich in die Therapieentscheidung mit einbezogen. Aber nicht allzu selten sind mehrere Punkte nicht mit der Erwartungshaltung des Patienten zu verknüpfen. Um eine erfolgreiche Versorgung zu gewährleisten, muss zur Therapieentscheidung sowohl der Patient als auch der zu therapierende Zahn individuell betrachtet werden. So ist es von großer Wichtigkeit, den Gesundheitszustand des Patienten und das Patientenalter ebenso wie die Fähigkeiten und Präferenzen des Patienten mit einzubeziehen. Die häusliche Mundhygiene und finanzielle Situation müssen berücksichtigt werden. In Betrachtung der oralen Situation spielt die Ursache des Zahndefekts, die Kariesanfälligkeit insgesamt und das Ausmaß des Defekts für die Wahl der Restauration eine wichtige Rolle. Ebenfalls wird die parodontale Situation und die restliche Zahnhartsubstanz mit einbezogen. Unter allen genannten Gesichtspunkten in Verbindung mit der Erwartungshaltung des Patienten trifft der behandelnde Zahnarzt tagtäglich die Restaurationswahl für einen Zahndefekt.

## Amalgam

Als Vorteile für das Amalgam sind zunächst einige Punkte aufzuführen, weswegen dieses Material seit vielen Jahren zum Einsatz in der Füllungstherapie kommt. Amalgam ist in der Verarbeitung weitgehend fehlertolerant und weist eine Langlebigkeit der Füllung auf. Zudem ist es leicht und mit geringerem Zeitaufwand im Vergleich zur Kompositfüllung zu verarbeiten. Es ist subgingival anwendbar und hat eine karieshemmende Wirkung. Es gilt insgesamt als verlässliches Restaurationsmaterial<sup>2</sup>.

Um die Langlebigkeit einer Amalgamfüllung zu sichern, ist eine Widerstands- und Retentionsform als Kavitätenprä-

paration zu wählen. Dies hat meist eine größere Substanzopferung als die Defektgröße zur Folge. Die Verarbeitung erfolgt nach gelegtem Unterfüllungsmaterial in schichtweisem Stopfen und Kondensieren. Die Ausarbeitung und Ausformung kann mit Handinstrumenten vorgenommen werden und eine Politur ist nach 24 Stunden möglich. Seit dem 1. Januar 2019 ist die Anwendung von Dentalamalgam ausschließlich in vordosierter und verkapselter Form zugelassen und darf von Zahnärzten/-innen nicht mehr in loser Form eingesetzt werden<sup>3</sup>.

Insgesamt ist das Dentalamalgam mit Augenmerk auf den Ausschluss der Kontraindikationen zu verwenden. Zu den Kontraindikationen zählen Nierenfunktionsstörungen mit stark eingeschränkter Kreatinin-Clearance, das Vorliegen einer Allergie (Cave: Allergiepass) sowie die Applikation in der eine Nähe einer Wunde oder ein (amalgambedingter) oraler Lichen Planus<sup>4</sup>. Amalgam ist bei Kinder unter 15 Jahren und bei Schwangerschaft und Stillzeit ebenfalls kontraindiziert.

Amalgam ist in Deutschland bis zum heutigen Tag das Füllungsmaterial ohne Zuzahlung bei gesetzlich versicherten Patienten ohne Kontraindikation. Dies beruht im Sinne der zahnärztlichen Basisversorgung auf wirtschaftlichen (kostengünstig) und zweckmäßigen (relativ einfache Verarbeitung) Gründen, zudem auf der Dauerhaftigkeit und Robustheit gegenüber Kontamination<sup>5</sup>.

Seit einigen Jahren steht der Werkstoff vermehrt im Diskussionsfokus und die Frage nach einer Alternative ist präsenter denn je. Das Minimata-Überkommen (Quecksilber-Konvention) beschäftigte sich 2013 mit diesem Thema. Es wurde die Grundproblematik von Amalgam mit dem Hintergrund von multiplen biologischen, klinischen und gesundheitlichen Aspekten skizziert<sup>2</sup>. Seit Juli 2023 ist bekannt, dass die EU-Kommission die Verwendung von Zahn-Amalgam ab dem Jahr 2025 gänzlich verbieten möchte<sup>6</sup>.

Vor diesem Hintergrund ist die genaue Betrachtung der weiteren Materialien im Hinblick auf eine Alternative wichtig.

## Glasionomerzement

Die Werkstoffklasse der Glasionomerzemente hat im zahnmedizinischen Alltag ebenfalls eine große Bedeutung. Als Unterscheidung sind hier zunächst die konventionellen und weiterführend die metallverstärkten, kunststoffmodifizierten oder hochviskosen Glasionomerzemente zu nennen. Als Antwort auf die Frage der Indikation stehen provisorische Füllungen, Aufbaufüllung für indirekte Restaurationen sowie Befestigung dieser als Füllungstherapie im Milchzahngebiss im Vordergrund.

Die Haltbarkeit beträgt ca. 3 bis 5 Jahre und der Werkstoff besitzt im Vergleich zu Kunststofffüllungen eine geringere Bruch- und Biegefestigkeit sowie eine geringere Abrasionsstabilität. Die Bruchfestigkeit nimmt proportional zur Füllungsgröße ab. Zudem ist das Material sehr schlecht polierbar aufgrund der Partikelgröße der Silikateilchen. Bei den Glasionomerzementen ist keine Klebertechnik erforderlich und es findet keine Polymerisationsschrumpfung statt. Der Werkstoff besitzt einen kariesprotektiven Effekt durch die Freisetzung von Fluoridionen. Ein weiterer Vorteil ist die schnelle Applikation im Vergleich zur Adhäsivtechnik. Um den Nachteile des konventionellen Glasionomerzements entgegenzuwirken, wurde zur Verbesserung die Werkstoffklasse mit weiteren Materialien versetzt.

Die metallverstärkten Glasionomerzemente mit Zusatz von Silber haben als Grundgedanken die Langlebigkeit und Beständigkeit des Amalgams. Dieses hat zu einer Verminderung der Fluoridabgabe geführt und zeigte keine Verbesserung der werkstoffkundlichen Para-

meter, sodass die Produkte mittlerweile nur noch als Auslaufprodukte erhältlich sind.

Die kunststoffmodifizierten Glasionomerzemente (KGIZ) haben als Idee eine Verlängerung der Verarbeitungszeit und das Anfügen einer Methacrylatgruppe an die Polyacrylsäure die Möglichkeit der Photopolymerisation. Als Vorteil ist hier die doppelt höhere Biegefestigkeit zu den konventionellen Glasionomerzementen zu nennen. Diese ist jedoch um den Faktor 2 geringer als bei Komposit. Es besteht ein steuerbarer Aushärtemodus und eine vergleichbare Fluoridabgabe. Die Polierbarkeit ist weiterhin als Nachteil zu sehen, da die Größe der Füllkörper bei bis zu 20 µm liegt. Durch Einführung der Kompomere ist der Einsatzbereich der KGIZ heute fast ausschließlich auf die Milchzahnfüllungstherapie und zum Befestigen indirekter Restaurationen limitiert.

Die hochviskosen Glasionomerzemente wurden für die ART-Technik („Atraumatic restorative treatment“) konzipiert und ermöglichen eine Behandlung ohne Elektrizität und ohne differenzierte instrumentelle Möglichkeiten. Der Einsatz liegt in vielen zahnärztlichen Programmen in Entwicklungsländern. Die Werkstoffklasse besitzt eine höhere Viskosität durch eine feinere Körnung. Diese entsteht durch das Beimischen von Polyacrylsäure als Pulver. Das Material ist hinsichtlich der Verarbeitung dem Amalgam sehr ähnlich.

## Kompomer

Der Kombinationswerkstoff setzt sich aus Komposit und Glasionomerzement zusammen. Dieser dient als Alternative vor allem bei zeitlich begrenzten Versorgung. Ebenfalls ist hier die Füllungstherapie an Milchzähnen zu nennen. Zu den Vorteilen zählen die leichte Verarbeitbarkeit, die höhere Stabilität als bei reinem Glasionomerzement, die un-

auffällige Ästhetik und die geringe Verlustquote. Die Nachteile des Materials ergeben sich aus der geringen Abriebfestigkeit und dem damit höheren Verschleiß als bei Kompositen. Somit besitzen Kompomere ebenfalls eine relativ geringe Lebensdauer von ca. 3 bis 5 Jahren. Die Biegefestigkeit verhält sich bei Kompomeren schwächer als bei Komposit, aber stärker als bei Glasionomerzement. Eine Adhäsivtechnik ist beim Legen einer Kompomerfüllung notwendig, da sonst die Gefahr der Randspaltbildung durch Materialschrumpfung entsteht, die wiederum eine Sekundärkaries bedingt.

## Komposit

Bei der Füllungstherapie mit Kompositen sind mehrere Dinge im Vorhinein mit Wichtigkeit zu betrachten.

Die Kavitätendesinfektion spielt eine entscheidende Rolle. Das Säubern der Kavität mit Chlorhexidin hat keinen verschlechternden Effekt auf den Haftverbund des Komposits<sup>7</sup>. Dem entgegen ist bei Wasserstoffperoxid Vorsicht geboten, da die Umsetzung des Wasserstoffsperoxids in Sauerstoff zu einer Behinderung der Polymerisation des Adhäsivs führt und somit eine Reduktion des Haftverbunds um 20 % stattfindet<sup>7</sup>. Im Rahmen der Kavitätendesinfektion ist die Phosphorsäure zu nennen, da diese ebenfalls einen desinfizierenden Effekt mit sich bringt.

Bei der Füllungstherapie mit Kompositen ist als Behandlungsschritt die Adhäsivtechnik von großer Wichtigkeit. Diese besteht im Einzelnen aus der Säure-Ätz-Technik, dem Priming und dem Bonding. Dadurch ist die Retention an der Zahnhartsubstanz ohne Unterschnitte durch Haftung gewährleistet. Es gibt verschiedenste Adhäsivsysteme, die diesen Behandlungsschritt abdecken. Beim Komposit als Werkstoff spielt die Schrumpfung bei Polymerisation eine entscheidende Rolle, deshalb

ist die Schichtstärke und die Schichttechnik des Materials zu beachten. Komposite sind relativ technik-sensitiv in der Verarbeitung. Es ist eine relative oder absolute Trockenlegung notwendig. Bei Feuchtigkeit verringern sich Haltbarkeit und Adhäsion an Schmelz und Dentin. Ein großer Vorteil des Komposits ist das gute ästhetische Ergebnis. Eine Auswahl aus mehreren Farben sowie eine individuelle Anpassung an die Zahnfarbe ist möglich. Der Zahn kann durch eine defektorientierte Präparation behandelt werden. Durch die Anhaftung an den Zahn mit dem adhäsiven Verbund entsteht eine zusätzliche Stabilisierung der restlichen Zahnhartsubstanz. Die Nachteile des Komposits sind in der Zeit- und Kostenintensivität zu nennen. Als Kassenleistung werden Füllungen aus Komposit an den Schneide- und Eckzähnen übernommen. Dies allerdings ausschließlich in Einschichttechnik. Bei einer Mehrschichttechnik sind Mehrkosten abzurechnen<sup>5</sup>.

## Fazit

Eine wirkliche Alternative in allen Gesichtspunkten zum Werkstoff Amalgam gibt es nicht. Der Abrechnungskatalog wird bei dem Verbot des Werkstoffs Amalgam ein neues Material als Leistung aufnehmen. Welches Material als zukünftige Kassenleistung gilt, ist noch unklar. Dabei ist weiterhin zu berücksichtigen, dass die Materialwahl individuell auf den Patienten und die Situation abzustimmen ist. Es ist von Wichtigkeit, die Aufklärung und Abklärung aller Eventualitäten zu gewährleisten. Verschiedene Materialien sind bei gleicher Situation verwendbar und dies hängt maßgeblich von dem Erfahrungswert des Behandlers ab. Als Abschluss ist in diesem Zusammenhang zu nennen, dass suffiziente Füllungen aus Amalgam nur unter einer eindeutigen Indikation entfernt werden sollten.



## Literatur

1. Nünning A, Zierold M. Kommunikationskompetenzen: Erfolgreich kommunizieren in Studium und Berufsleben. Stuttgart: Klett, 2008.
2. Frankenberger R, Winter J, Schmalz G. [Amalgam and alternatives-discussions on mercury reduction in the environment]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2021;64(7):847–855.
3. Bundeszahnärztekammer (BZÄK). Amalgam. EU-Quecksilberverordnung (EU) 2017/852. BZÄK 2024. Internet: <https://www.bzaek.de/service/positionen-statements/einzelsicht/amalgam-eu-quecksilberverordnung-eu-2017-852.html>. Abruf: 11.02.2024.
4. Dunsche A, Kästel I, Terheyden H et al. Oral lichenoid reactions associated with amalgam: improvement after amalgam removal. Br J Dermatol 2003;148(1):70–76.
5. Zieringer A. Kassenleistung? Mehrkosten? Privatleistung? ZMK-aktuell 2009. Internet: [https://www.zmk-aktuell.de/management/abrechnung/story/kassenleistung-mehrkosten-privatleistung\\_\\_72.html](https://www.zmk-aktuell.de/management/abrechnung/story/kassenleistung-mehrkosten-privatleistung__72.html). Abruf: 11.02.2024.
6. Europäische Union (EU). Giftiges Quecksilber: EU-Kommission verbietet Verwendung von Zahn-Amalgam ab 2025. EU 2023. Internet: [https://germany.representation.ec.europa.eu/news/giftiges-quecksilber-eu-kommission-verbietet-verwendung-von-zahn-amalgam-ab-2025-2023-07-14\\_de](https://germany.representation.ec.europa.eu/news/giftiges-quecksilber-eu-kommission-verbietet-verwendung-von-zahn-amalgam-ab-2025-2023-07-14_de). Abruf: 11.02.2024.
7. Strobel S, Hellwig E. The effects of matrix-metallo- proteinases and chlorhexidine on the adhesive bond. Swiss Dent J 2015;125(2):134–145.



**Dr. Thekla J. Grötz**

Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung  
Augustusplatz 2  
55131 Mainz  
E-Mail: [thekla.groetz@outlook.de](mailto:thekla.groetz@outlook.de)



# GOLDSTANDARD

Fouad Khoury (Hrsg.)

## Knochen- und Weichgewebeaugmentation in der Implantologie

1. Auflage 2024, Hardcover, 768 Seiten, 2.837 Abb.

Artikelnr. 14890

Einführungspreis € 249,-

(gültig bis 30.06.2024, danach € 289,-)



Der Autor beschreibt in seinem neuen Buch die aktuellen Methoden der vertikalen und horizontalen Knochenaugmentation mit autologem Knochen sowie das entsprechende Weichgewebemanagement. Der Schwerpunkt liegt vor allem auf Techniken, die in den letzten drei Jahrzehnten entwickelt, modifiziert und langfristig nachuntersucht wurden. Damit vermittelt das Buch ein grundlegendes Verständnis der biologischen Reaktion auf Knochentransplantate ebenso wie wissenschaftliche Hintergrundinformationen und technische Details zu anspruchsvollen chirurgischen Techniken und stellt ein einzigartiges Nachschlagewerk für alle auf diesem Gebiet tätigen Personen dar.



[www.quint.link/](http://www.quint.link/)

[knochen-und-weichgewebeaugmentation](http://knochen-und-weichgewebeaugmentation)



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



+49 (0)30 761 80 667

 **QUINTESSENZ PUBLISHING**

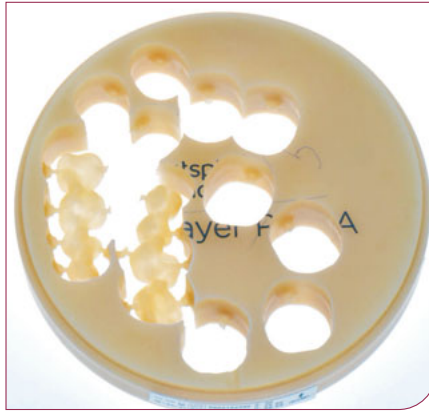
# Polymere in der festsitzenden zahnärztlichen Prothetik – Eine klinische Übersicht

Polymer-basierte Füllungsmaterialien gelten heutzutage als Standard im Bereich der direkten plastischen Versorgung von Kavitäten. Insbesondere die Weiterentwicklung der Polymere hin zu CAD/CAM-basierten Hochleistungspolymeren in den letzten Jahren ermöglichte die Nutzung Polymer-basierter Materialien auch zur Herstellung indirekter Restaurationen. In diesem Zusammenhang entwickelten sich durch die Anwendung von Polymeren innovative Behandlungskonzepte, die mehr und mehr Einfluss auf dem Gebiet der festsitzenden zahnärztlichen Prothetik – insbesondere bei ausgedehnten Vorbehandlungen komplexer Fälle – gewannen.

Inwiefern diese Hochleistungspolymere als Material für definitive Versorgungen geeignet sind, ob sie eine Alternative zur Keramik darstellen und welche Indikationen und Limitationen es gibt, wird im folgenden Artikel diskutiert. Dabei werden die grundlegenden Materialuntergruppen beleuchtet und mögliche Anwendungsgebiete anhand klinischer Fallbeispiele präsentiert.

## Überblick: Materialien

Bei Polymer-basierten CAD/CAM-Materialien handelt es sich um Werkstoffe, die im Gegensatz zu direkten, plastischen Füllungsmaterialien unter industriellen Bedingungen hergestellt werden. Diese industrielle Fertigung ermöglicht optimale Herstellungsbedingungen (z. B. konstante Druck- und Temperaturverhältnisse), was zu verbesserten mechanischen Eigenschaften, verglichen mit im Mund oder Labor, der chemisch oder



**Abb. 1** Ceramill A-Temp (Fa. Amann Girsbach AG, Koblach, Österreich) Multilayer Blank mit hergestellten Restaurationen.

lichthärtend polymerisierten Materialien führt<sup>1,2</sup>.

Hinsichtlich Polymer-basierter Materialien für die Herstellung indirekter Restaurationen existiert eine große Auswahl verschiedener Produkte verschiedener Hersteller. Weiter lassen sich mittlerweile Polymer-basierte Materialien, neben der subtraktiven Bearbeitung, auch additiv herstellen. Zu den Polymeren, die im subtraktiven Verfahren hergestellt werden, gehören z. B. die Polymethylmethacrylat (PMMA)-Materialien, CAD/CAM-Komposite und Polymer-infiltrierte Keramiken (PICN). Zu den additiv gefertigten Polymeren gehören die 3-D-gedruckten Hybridkeramiken.

## Subtraktiv gefertigte Polymere

### PMMA-Materialien

PMMA-Materialien sind in Form von Ronden oder Blöcken als monochrome Blanks oder Multilayer Blanks in diver-

sen Farben erhältlich. Das Hauptanwendungsgebiet der PMMA-Materialien ist zumeist die Herstellung langzeitprovisorischer Einzelzahnrestorationen und Brücken (meist bis maximal 2 Zwischenglieder) sowie die Verwendung als Schienenmaterial oder die Nutzung als Prothesenkunststoff. Hier sei auf die Hersteller-spezifischen Zulassungen und Indikationen hingewiesen.

Im Hinblick auf eine Nutzung als langzeitprovisorische Einzelzahnversorgung orientiert sich die Befestigung von PMMA-Zahnersatz an der restlichen geplanten Behandlungsstrecke. Bei einer geplanten Verweildauer von mehreren Monaten, bei defektorientierter Präparation mit geringer Retention oder bei Non-Prep-Versorgungen, beispielweise zur Bisshebung- und Stabilisierung, können mit entsprechender Vorbehandlung auch PMMA-Restaurationen adhäsiv befestigt werden. Die PMMA-Versorgungen werden dann bei der Umsetzung in definitiven Zahnersatz im Rahmen der Präparation, ggf. auch rotierend, entfernt.

Bei kürzerer geplanter Tragezeit, beispielsweise als provisorische Versorgung überkronungsbedürftiger Zähne vor Parodontaltherapie, kann bei retentiver Präparation eine provisorische Befestigung mit gängigen Materialien erfolgen.

### CAD/CAM-Komposite/ Hybridkeramiken

Subtraktiv gefertigte CAD/CAM-Komposite (oder Hybridkeramiken) bestehen aus organischen Polymeren (z. B. Bis-GMA, UDMA etc.) und anorganischen Füllstoffen (z. B. Siliziumoxid, Kieselsäure etc.). Der Anteil der anorganischen Füllstoffe ist bei diesen Werkstoffen

deutlich höher als bei PMMA-Materialien und die Zusammensetzung ist vergleichbar mit der direkter Füllungsmaterialien.

Es existieren diverse Produkte auf dem Markt, die in diese Materialgruppe einzuordnen sind. Abhängig von der prozentualen Zusammensetzung von Polymeren und Füllkörpern gilt dabei grundsätzlich, dass ein höherer Füllstoffanteil zu einer verbesserten Abrasionsbeständigkeit, geringeren Wasseraufnahme und einer geringeren Schrumpfung führt<sup>3-5</sup>.

Trotz ähnlicher Zusammensetzung wie direkte Füllungsmaterialien liegt der entscheidende Unterschied zu diesen in der industriellen Polymerisation der subtraktiv gefertigten CAD/CAM-Komposite. Dies bewirkt eine geringere Schrumpfung durch den Wegfall der intraoralen Polymerisation, einen höheren Vernetzungsgrad der einzelnen Polymere sowie einen geringeren Restmonomergehalt<sup>6-9</sup>.

Durch die gute Vernetzung und den hohen Polymerisationsgrad ist die Reaktivität dieser Materialgruppe jedoch eingeschränkt, was in einer geringeren chemischen Anbindung zu Befestigungskompositen resultiert<sup>10</sup>. Um dies zu kompensieren, sollte bei der Eingliederung den spezifischen Herstellerangaben – insbesondere bezüglich der Vorbehandlung – gefolgt werden. Klinische Dreijahresdaten weisen eine Überlebensrate von CAD/CAM-Kompositen im Bereich von 87,9 % und Erfolgsraten im Bereich von 55,6 % auf<sup>11</sup>.

### Polymerinfiltrierte Keramiken

Die Struktur der PICN besteht aus einem keramischen Anteil, welcher ca. bei 86 Vol.-% liegt, sowie aus organischen Stoffen.

Das einzige, aktuell auf dem Markt verfügbare Material, welches dieser Kategorie zugeordnet werden kann, ist die PICN-Keramik Vita Enamic (Fa. Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Bad



**Abb. 2** Exemplarische Darstellung verschiedener fräsbarer CAD/CAM-Polymere, von links nach rechts: Cerasmart 270 (GC Corporation, Tokyo, Japan), Vita Enamic (Fa. Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Bad Säckigen), Lava Ultimate (3M Corporation, Minnesota, Vereinigte Staaten).

Säckigen). Diese PICN ist als mono- und multichrome Variante und in 3 Transluzenzstufen erhältlich. Vita Enamic ist zur Herstellung von definitiven Einzelzahnrestorationen (Inlay, Onlay, Teilkronen, Kronen) freigegeben. Dabei werden in der Literatur Schmelz- und Dentin-ähnliche Eigenschaften des Materials (Biegefestigkeit, Härte, E-Modul) beschrieben<sup>12,13</sup>, die 3-Jahres-Überlebensraten liegen im Bereich von 93 %<sup>14</sup>. Bisher existieren jedoch noch keine klinischen Langzeitdaten zum intraoralen Verbleib und zur Performance der PICN.

### Additiv gefertigte Polymere

#### 3-D-gedruckte Hybridkeramiken

Das Indikationsspektrum 3-D-gedruckter Polymere ähnelt – individuell nach Zusammensetzung und Hersteller – weitgehend dem subtraktiv verarbeiteter CAD/CAM-Komposite. Im Gegensatz zur subtraktiven Fertigung von CAD/CAM-Kompositen wird durch die additive Fertigung der 3-D-gedruckten Polymere ein optimierter Materialverbrauch ermög-

licht. Ziele sind dabei eine Ressourcenoptimierung und eine Erhöhung der Kosteneffizienz<sup>15</sup>.

Die Herstellung 3-D-gedruckter Polymere erfolgt in der Regel mithilfe der Stereolithografie (SLA), des „Digital light processing“ (DLP), der „PolyJet“-Technik oder des Filamentdrucks. Die Wahl des Verfahrens richtet sich dabei nach der entsprechenden Indikation. Während die SLA, das DLP und der „PolyJet“ feine Details abbilden, dafür aber etwas langsamer sind, ermöglicht der Filamentdruck eine schnellere Vorgehensweise mit einer geringeren Detailtreue<sup>16,17</sup>.

Grundsätzlich lassen sich die additiv gefertigten Polymere ebenso – je nach Komposition – in Materialien für die provisorische und definitive Anwendung einteilen.

Auch bei dieser Materialgruppe unterscheiden sich je nach Füllkörpergehalt und Zusammensetzung die mechanischen Eigenschaften der polymeren Werkstoffe. Dies führt zu einem breiten Einsatzgebiet. Neben einer Freigabe für Einzelzahnrestorationen existieren hierbei auch Werkstoffe mit einer Herstellerfreigabe für Brücken. Trotz erster In-vitro-Studienergebnisse der

**Tab. 1** Materialbeschreibungen einiger Polymer-basierter Werkstoffe, alle Informationen beruhen auf den entsprechenden Herstellerangaben.

Eigenschaften	Cerasmart 270 *	Vita Enamic multiColor **	Bego VarseoSmile Crown Plus ***	Ceramill A-Temp Multi-layer ****
Fertigung	subtraktiv	subtraktiv	additiv	subtraktiv
Zusammensetzung	77 Gew-% Füllstoffe (Barium-Borosilikatglas, Siliziumdioxid)	(86 Gew-% Keramiknetzwerk, 14 Gew-% Polymernetzwerk)	Keramisch gefülltes Hybridmaterial, 30–50 Massenprozent anorganische Füllstoffe	> 98 % PMMA, < 1 % MMA
Biegefestigkeit	246 MPa	15–160 MPa	> 116 MPa	> 135 MPa
Tragedauer	laut Hersteller möglich zur definitiven Einzelzahnversorgung	Laut Hersteller möglich zur definitiven Einzelzahnversorgung	laut Hersteller möglich zur definitiven Einzelzahnversorgung	maximal 1 Jahr laut Hersteller
Wasseraufnahme	22,7 µg/mm <sup>3</sup>	5,7 µg/mm <sup>3</sup>	3,6 µg/mm <sup>3</sup>	< 25 µg/mm <sup>3</sup>
Befestigung	Adhäsive Befestigung wird vom Hersteller empfohlen.	Adhäsive Befestigung wird vom Hersteller empfohlen.	Adhäsive Befestigung wird vom Hersteller empfohlen.	provisorische Zemente, definitive Zemente, adhäsive Befestigung
Indikationen	Einzelkronen, Inlays, Veneers, Onlays, Implantatkronen	Einzelkronen, Inlays, Tabletops	Einzelkronen, Inlays, Onlays, Veneers im Front- und Seitenzahnbereich	temporäre Front- und Seitenzahnkronen + temp. Brücken (maximal 2 Zwischenglieder)
Limitationen	Brückenversorgungen	Brückenversorgungen, Bruxismus	Brückenversorgungen	definitive Restaurationen, Brücken mit mehr als 2 Zwischengliedern
Mindestschichtstärke	1,5 mm	okklusal 1 mm, zirkulär 0,8 mm	1 mm	okklusal 1,5 mm, zirkulär 0,8 mm

\* GC Corporation, Tokyo, Japan), \*\* (Fa. Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Bad Säckingen), \*\*\* (Fa. Bego GmbH & Co. KG, Bremen), \*\*\*\* (Fa. Amann Girrbach AG, Koblach, Österreich)

jeweiligen Hersteller sei darauf hingewiesen, dass bisher keine unabhängigen Daten zum klinischen Langzeitverhalten für 3-D-gedruckte Polymere existieren.

Tabelle 1 bietet einen exemplarischen Überblick über die Materialeigenschaften einiger Polymere zur indirekten Restaurationsherstellung im additiven und subtraktiven Verfahren.

## Indikationen

Das Hauptanwendungsgebiet von Polymeren in der festsitzenden Prothetik ist die Herstellung von langzeitprovisorischen Restaurationen. Diese langzeitprovisorischen Restaurationen können als Einzelzahnrestauration eingesetzt

werden, beispielsweise im Rahmen der Hygienephase vor geplanter Parodontaltherapie zur provisorischen Überkronung eines Zahns bei vorhandener, insuffizienter Restauration. Eine weitere Indikation ist die Umsetzung von Wax-ups/Mock-ups zur provisorischen Bisshebung<sup>18</sup>. Mittlerweile existieren aber auch Polymer-basierte Materialien, die zur definitiven Versorgung herstellerseitig freigegeben sind.

## Befestigung

Zur Eingliederung von Restaurationen aus Polymeren können indikationsabhängig verschiedene Befestigungsmaterialien gewählt werden. Bei einer Verwendung

als provisorischer Zahnersatz sollte ein eugenolfreies Befestigungsmaterial gewählt werden, um einen möglichen adhäsiven Verbund einer nachfolgenden definitiven Restauration nicht negativ zu beeinflussen.

Bei Versorgungen aus Polymer-basierten Werkstoffen für definitiven Zahnersatz sollte eine adhäsive Befestigung erfolgen. Dies kann auch im Rahmen einer Komplettsanierung oder Bisshebung indiziert sein. Die jeweiligen Herstellerangaben sollten bei der Befestigung der Polymere stets beachtet werden<sup>19</sup>. Der entsprechende orientierende Workflow zur adhäsiven Befestigung findet sich in Tabelle 2 (bitte unbedingt ggf. abweichende Herstellerangaben beachten).

**Tab. 2** Workflow zur adhäsiven Befestigung verschiedener Polymergruppen.

<b>adhäsive Befestigung</b>			
PMMA	subtraktiv gefertigte CAD/CAM-Komposite 10	Polymer-infiltrierte Keramiken (Vita Enamic)	
<b>Vorbehandlung Werkstück</b>			
Sandstrahlung (Aluminiumoxid, 50 µm, 1 bar)		Ätzen mit Flusssäure (6 %) für 60 Sek.	
Reinigung im Ultraschallbad in aceton- und ethanolfreier Lösung		Reinigung mit 37%iger Phosphorsäure für 60 Sek. + Abspülen mit Wasser und Ultraschallbad (aceton- und ethanolfreie Lösung)	
<b>Trocknen mit dem Luftbläser</b>			
Auftragen eines geeigneten Haftvermittlers	Auftragen eines geeigneten Haftvermittlers	Auftragen eines geeigneten Haftvermittlers	-
<b>Vorbehandlung Zahn</b>			
adäquate Trockenlegung			
Reinigung mit fluoridfreier Polierpaste und Prophylaxekegel			
selektive Schmelzätzung	selektive Schmelzätzung	selektive Schmelzätzung	
Anwendung eines Adhäsivsystems			-
<b>Eingliederung</b>			
Einbringen von Befestigungskomposit auf Restauration			
Restauration sicher positionieren, Entfernung grober Zementreste			
ggf. „tack-cure“ (1 Sek.), Entfernung Zementüberschüsse mit Scaler und Zahnseide			
Auftragen von Glycerin-Gel auf Zementfuge			
Aushärtung, 20 Sek. von jeder Seite			
Kontrolle, Politur, Auftragen von Fluorid-Gel			

## Fallbeispiel

Die Patientin stellte sich initial mit einer extern durchgeführten „Full-mouth“-Versorgung vor (Abb. 3). Im Bereich der Seitenzähne befanden sich PMMA-Langzeitprovisorien, wobei eine Non-Okklusion zwischen den Seitenzähnen des zweiten und dritten Quadranten bestand. Die Oberkieferfrontzähne waren mit vollkeramischen Veneers versorgt, an den Eckzähnen zeigten sich dabei dezementierte Veneers, sodass keine suffiziente Front-/Eckzahnführung vorhanden war. Eine eingehende Diagnostik und Funktionsanalyse leiteten die präprothetische Vorbehandlungsphase ein, in der Zahn 26 extrahiert wurde, insuffiziente Füllungen erneuert wurden und eine Physiothera-

pie durchgeführt wurde. Anschließend wurde eine Unterkiefer-Zentrikschiene aus PMMA hergestellt (Optimill crystalign, Fa. Dentona AG, Dortmund), um die Vertikaldimension um 2 mm (inzisal) anzuheben und eine harmonische Okklusion mit Front-/Eckzahnführung zu etablieren sowie funktionelle Beschwerden zu therapieren (Abb. 4). Erst nach einer sechsmonatigen Phase mit deutlicher Beschwerdereduktion wurde die Behandlung fortgeführt. Für die weitere Versorgung wurde die Vertikaldimension auf ästhetischen Wunsch der Patientin um einen zusätzlichen Millimeter angehoben. Diese „neue“ Vertikaldimension wurde nach Herstellung eines Zentriregistrats in finaler Höhe mithilfe eines Vestibulär-Scans mit dem Intraoralscan

festgehalten. Basierend auf den gedruckten 3-D-Modellen fertigte das Dentallabor ein Wax-up (Abb. 5) an, welches intraoral als Mock-up (Abb. 6) evaluiert und nach Feinjustierung als Vorlage für die langzeitprovisorische prothetische Restauration diente. Mit Beginn der prothetischen Behandlungsphase wurden die Seitenzahnrestaurationen entfernt, die Zahnstümpfe konservierend versorgt und entsprechend den Anforderungen für die neuen Versorgungen präpariert. Nach einem Intraoralscan erfolgte die Herstellung der Langzeitprovisorien für den Seitenzahnbereich in der neu bestimmten Vertikaldimension (Abb. 7). Als Material wurde hierbei PMMA (Ceramill A-Temp) verwendet. Die Eingliederung der Langzeitprovisorien erfolgte adhä-



**Abb. 3** Ausgangszustand, Teilverlust der Vertikaldimension + insuffiziente Restaurationsränder, Zustand nach Ex 26. (Bildrechte verbleiben beim Autorenteam.)



**Abb. 4** Unterkieferschiene, Probephase der neuen Vertikaldimension. (Bildrechte verbleiben beim Autorenteam.)



**Abb. 5** Wax-up auf 3-D-gedruckten Modellen. (Bildrechte verbleiben beim Autorenteam.)



**Abb. 6** Mock-up. (Bildrechte verbleiben beim Autorenteam.)



**Abb. 7** Umsetzung der neuen Vertikaldimension mithilfe von langzeitprovisorischen Restaurationen. (Bildrechte verbleiben beim Autorenteam.)



**Abb. 8** Die Unterkieferfront wurde mithilfe von Kompositaufbauten der Schneidekanten versorgt. (Bildrechte verbleiben beim Autorenteam.)

siv, da ein längerer intraoraler Verbleib zu erwarten war. Anschließend wurde die Unterkieferfront, ebenfalls gemäß der neuen Vertikaldimension mit direkten, plastischen Kompositfüllungen (Filtek Supreme, 3M Corporation, Minnesota, Vereinigte Staaten) versorgt (Abb. 8).

Im nächsten Schritt wurden die bestehenden keramischen Veneers in der Oberkieferfront [13–23] entfernt, die Zähne aufgrund des Zerstörungsgrades für 360°-Veneers präpariert und Restaurationen aus einem subtraktiv gefertigten CAD/CAM-Komposit (Brilliant

Crios [Fa. Coltène, Altstätten, Schweiz], hergestellt (Abb. 7). Die Eingliederung der Veneers erfolgte adhäsiv (Vario-link Esthetic DC, Fa. Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Die definitive Überführung in Keramikrestorationen wird erst nach mehrmonatiger Be-

schwerdefreiheit und positiver Evaluation der Ästhetik und Funktion durch die Patientin vorgenommen.

## Aktuelle Studiendaten – Limitationen und Ausblick

Zurzeit sind diverse Polymer-basierte Werkstoffe zur Herstellung indirekter Restaurationen auf dem Markt verfügbar. Im Hinblick auf eine Nutzung dieser Werkstoffe als Material für definitiven, festsitzenden Zahnersatz besteht aktuell allerdings nur eine limitierte Studienlage. Eine In-vitro-Studie untersuchte die mechanischen Eigenschaften von subtraktiv gefertigten CAD/CAM-Kompositen, PICN- und Lithiumdisilikatkeramiken im Hinblick auf eine Nutzung als definitive, festsitzende Einzelzahnrestauration. Dabei zeigten sich für alle drei Materialgruppen akzeptable Ergebnisse, die eine Erfüllung der ISO-Norm für vollkeramische Einzelzahnrestaurationen nachwiesen, allerdings mit besseren Ergebnissen für Lithiumdisilikatkeramik<sup>20</sup>.

Bezüglich klinischer Erfolgs- und Überlebensraten subtraktiv gefertigter CAD/CAM-Komposite zeigten Vanoorbeek et al. in einer klinischen Studie, dass diese nach 3 Jahren lediglich eine Erfolgsrate von 55,6 % und eine Überlebensrate im Bereich von 87,9 % aufwiesen<sup>11</sup>. Verglichen mit in der Literatur beschriebenen Daten für Lithiumdisilikat- und Zirkoniumdioxidkeramiken deutet dies bisher auf deutlich geringere klinische Überlebens- und Erfolgsraten von subtraktiv gefertigten CAD/CAM-Kompositen hin<sup>21</sup>.

Ähnliche Daten wurden von weiteren Autoren erhoben<sup>22</sup>. Die Abrasionsbeständigkeit subtraktiv gefertigter CAD/CAM-Komposite bei „Full-mouth“-Restaurationen wurde von Güth et al. untersucht<sup>23</sup>. Dabei zeigten sich erhöhte Abrasionsraten für CAD/CAM-Komposite

verglichen mit Lithiumdisilikatkeramikrestaurationen.

Auch für PICN besteht aktuell nur eine dünne Datenlage. Für Vita Enamic werden 3-Jahres-Überlebensraten im Bereich von 93,9 % angegeben<sup>14</sup>, was ebenfalls auf eine verminderte klinische Performance der PICN verglichen mit Daten für Lithiumdisilikat- oder Zirkoniumdioxidkeramiken hindeutet<sup>21</sup>. Dabei zeigen einige Studien jedoch ein geringeres Verschleißverhalten von PICN an antagonistischem Schmelz, als dies bei Lithiumdisilikat- oder Zirkoniumdioxidkeramiken der Fall ist<sup>24</sup>.

Für 3-D-gedruckte Materialien existieren zurzeit ebenfalls keine abgeschlossenen klinischen Studien, die das Langzeitverhalten dieser Polymere untersuchen<sup>25</sup>. Weitere klinische Untersuchungen bezüglich des Langzeitverhaltens sind somit dringend zu fordern. Herstellerfreigaben und bisherige Studien zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass viele der am Markt verfügbaren Polymer-basierten Werkstoffe im Hinblick auf festsitzenden Zahnersatz nur als langzeitprovisorische Versorgung herstellerseitig freigegeben sind. Sind Materialien für definitive, festsitzende Prothetik zugelassen, so sind deren Indikationen meist auf Einzelzahnrestaurationen limitiert.

Die bisher eingeschränkte Indikationsbreite deutet bereits an, dass Polymer-basierte Werkstoffe bisher nicht als universelle Alternative zu Keramiken verstanden werden können, sondern ihr Einsatz individuell fallbezogen evaluiert werden muss.

## Literatur

1. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res* 2014;93(12):1232–1234.
2. Laborie M, Naveau A, Menard A. CAD-CAM resin-ceramic material wear: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2022;S0022–3913(22)00076–2.
3. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties of new composite restorative materials. *J Biomed Mater Res* 2000;53(4):353–361.
4. Poticzny DJ, Klim J. CAD/CAM In-office technology: Innovations after 25 years for predictable, esthetic outcomes. *J Am Dent Assoc* 2010;141 Suppl 2:5S–9S.
5. Stawarczyk B, Özcan M, Trottmann A et al. Two-body wear rate of CAD/CAM resin blocks and their enamel antagonists. *J Prosthet Dent* 2013;109(5):325–332.
6. G.nçü Başaran E, Ayna E, Vallittu PK, Lassila LVJ. Load-bearing capacity of handmade and computer-aided design-computer-aided manufacturing-fabricated three-unit fixed dental prostheses of particulate filler composite. *Acta Odontol Scand* 2011;69(3):144–150.
7. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: An overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* 2008;204(9):505–511.
8. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: Current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009;28(1):44–56.
9. Polydorou O, Trittler R, Hellwig E, Kümmerer K. Elution of monomers from two conventional dental composite materials. *Dent Mater* 2007;23(12):1535–1541.
10. Reymus M, Roos M, Eichberger M et al. Bonding to new CAD/CAM resin composites: Influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy. *Clin Oral Invest* 2019;23(2):529–538.
11. Vanoorbeek S, Vandamme K, Lijnen I, Naert I. Computer-aided designed/computer-assisted manufactured composite resin versus ceramic single-tooth restorations: a 3-year clinical study. *Int J Prosthodont* 2010;23(3):223–230.
12. Della Bona A, Corazza PH, Zhang Y. Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater* 2014;30(5):564–569.
13. Facenda JC, Borba M, Corazza PH. A literature review on the new polymer-infiltrated ceramic-network material (PICN). *J Esthet Restor Dent* 2018;30(4):281–286.





14. Spitznagel F, Scholz K, Vach K, Gierthmühlen P. Monolithic polymer-infiltrated ceramic network cad/cam single crowns: Three-year mid-term results of a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2020;33(2):160–168.
15. El-Sabbagh B, Gutmann P, Holzrichter H, Güth J F, Graf T. Zahnersatz aus dem 3D-Drucker. *DFZ* 2022;9.
16. Kim SY, Shin YS, Jung HD et al. Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018;153(1):144–153.
17. Rouzé l'Alzit F, Cade R, Naveau A et al. Accuracy of commercial 3D printers for the fabrication of surgical guides in dental implantology. *J Dent* 2022;117:103909.
18. Edelhoff D, Beuer F, Schweiger J, Brix O, Stimmelmayer M, Guth J-F. CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: A case report. *Quintessenz Int* 2012;43(6):457–467.
19. Keul C, Müller-Hahl M, Eichberger M et al. Impact of different adhesives on work of adhesion between CAD/CAM polymers and resin composite cements. *J Dent* 2014;42(9):1105–1114.
20. Goujat A, Abouelleil H, Colon P et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent* 2018;119(3):384–389.
21. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dent Mater* 2015;31(6):603–623.
22. Komine F, Honda J, Kusaba K et al. Clinical outcomes of single crown restorations fabricated with resin-based cad/cam materials. *J Oral Sci* 2020;62(4):353–355.
23. Güth JF, Erdelt K, Keul C et al. In vivo wear of CAD-CAM composite versus lithium disilicate full coverage first-molar restorations: A pilot study over 2 years. *Clin Oral Investig* 2020;24(12):4301–4311.
24. Tokunaga J, Ikeda H, Nagamatsu Y, Awano S, Shimizu H. Wear of polymer-infiltrated ceramic network materials against enamel. *Materials (Basel)* 2022;15(7):2435.
25. Aini T, Herguth P, Güth JF. Polymere in der modernen Prothetik. *DFZ* 2024;68(1):60–67.



#### **Dr. Philipp Herguth**

Carolinum Zahnärztliches Universitäts-Institut gGmbH

Theodor-Stern-Kai 7, Haus 29

60596 Frankfurt am Main

E-Mail: herguth@med.uni-frankfurt.de

#### **Dr. Kathrin Seidel**

#### **Prof. Dr. Jan-Frederik Güth**

#### **Dr. Tuba Aini**

alle:

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik,  
Zentrum der Zahn-,Mund- und Kiefer-  
heilkunde (ZZMK-Carolinum) der Johann  
Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt  
am Main



# Polymere für die subtraktive und additive Anwendung

Zahnärzten, Zahntechnikern und nicht zuletzt Patienten steht heutzutage eine breite Palette an zahnfarbenen polymerbasierten CAD/CAM-Materialien für die Fertigung von Zahnersatz zur Verfügung. Die Restaurationen werden entweder von Zahnärzten chairside oder labside in Zusammenarbeit mit einem zahntechnischen Labor subtraktiv oder additiv gefertigt. Die unterschiedlichen Materialien unterscheiden sich hier erheblich in ihren Eigenschaften und Indikationen sowie in den Möglichkeiten ihrer Herstellung und Verarbeitung.

Polymere können in Werkstoffklassen eingeteilt werden und bieten unterschiedliche Vorteile und Einsatzmöglichkeiten. Einige Polymere zeichnen sich durch ihre hohe Festigkeit aus (z. B. Polyaryletherketone, PAEK) und eignen sich daher besonders gut für stark kaulasttragende Bereiche wie die restaurative Versorgung von Seitenzähnen. Andere Polymere sind wiederum besonders ästhetisch ansprechend und kommen daher vor allem im sichtbaren Bereich zum Einsatz. Auch die Tragedauer dieser Werkstoffe ist unterschiedlich. So werden Polymethylmethacrylat (PMMA)-Kunststoffe oft als provisorische Lösung eingesetzt, während Komposit-basierte Werkstoffe für permanente Einzelzahnkronen zum Einsatz kommen. Einige Materialien eignen sich besser für die Fertigung von Kronen und Brücken, während andere eher für Inlays oder Veneers bzw. für herausnehmbare Prothetik geeignet sind. Zudem sollten auch die individuellen Bedürfnisse und Wünsche des Patienten berücksichtigt werden. Bei diesem Aspekt ist das un-



Abb. 1 Subtraktive vs. additive Fertigung.

terschiedliche allergene Potenzial der unterschiedlichen Polymere zu berücksichtigen.

Die Herstellung der zahnfarbenen Restaurationen aus Polymeren kann entweder subtraktiv oder additiv mit computergesteuerten Fräsmaschinen oder 3-D-Druckern erfolgen (Abb. 1). Auch bei der Nachbearbeitung gibt es erhebliche Unterschiede in der Abhängigkeit der Herstellungstechnologie.

## Grundlegende Aspekte zu polymerbasierten Restaurationswerkstoffen

Polymerbasierte Materialien für die subtraktive und additive Verarbeitung können je nach Indikation in verschiedene Kate-

gorien eingeteilt werden. Dazu gehören Materialien für temporäre Restaurationen wie Provisorien und Schienen, aber auch für permanente Restaurationen wie Abutments, Inlays, Onlays, Kronen sowie Brücken mit maximal zwei Brückengliedern. Darüber hinaus werden polymerbasierte CAD/CAM-Materialien auch für Hilfsstrukturen wie Modelle, Bohrschablonen, Positionierungshilfen und Mock-ups verwendet. Schließlich finden sie auch Anwendung bei der Herstellung von Prothesenbasen, Prothesenzähnen und Klammern.

Für temporäre Restaurationen wird in der Regel PMMA verwendet. Zudem können zahnfarbene Polycarbonate (Abb. 2), wie sie beispielsweise für Funktionsschienen eingesetzt werden, dieser Gruppe zugeordnet werden.

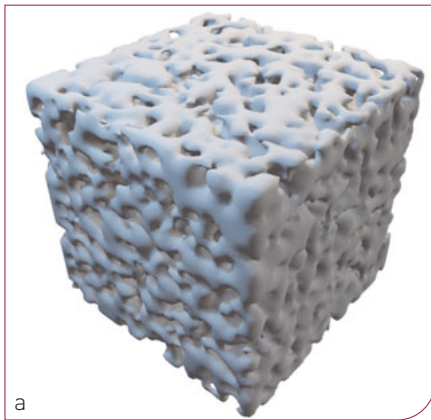


a

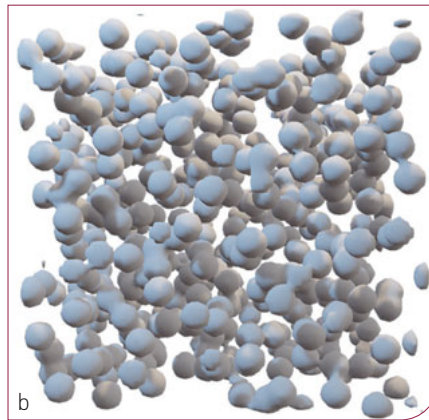


b

**Abb. 2a und b** Polycarbonat-Schienen für Ober- (a) und Unterkiefer (b) zur Austestung einer gehobenen Vertikaldimension.



a



b

**Abb. 3a und b** Anorganische Strukturen innerhalb der Materialien PICN (a) und Komposit (b).

Bei permanenten Restaurationen unterscheidet man zwischen Kompositen und Polymer-infiltrierter Keramik (PICN) (Abb. 3). Wenn von Nano- oder Hybridkeramiken gesprochen wird, handelt es sich in der Regel um mit keramischen Partikeln hochgefüllte polymerbasierte Komposite. Bei der polymerinfiltrierten Keramik ist im Gegensatz zu den Kompositen ein keramischer Grundkörper mit Polymer durchzogen:

- PICN = keramisches Netzwerk,
- Komposit = kein keramisches Netzwerk.

Eine Gemeinsamkeit der genannten Materialien ist, dass sie nicht im Keramikofen gebrannt werden, da Polymer im Gegensatz zu Keramik eine niedrige Hitzebeständigkeit aufweist und entsprechend schmelzen oder sich zersetzen würde. Ausschließlich das PICN-Material ist eine Keramik, welche mit Polymer infiltriert ist und deshalb mit verdünnter Flusssäure in Gelform für die adhäsive Befestigung geätzt werden kann.

Zu den polymerbasierten CAD/CAM-Werkstoffen gehören auch Thermoplaste aus der Familie der PAEK. Im Dentalbereich werden Polyetheretherketone

(PEEK), Polyetherketonketone (PEKK) und Arylketonpolymere (AKP) verarbeitet (Abb. 4).

Alle polymerbasierten Restaurationswerkstoffe setzen sich primär aus einer Kombination von organischen und anorganischen Bestandteilen zusammen und können folgenden Hauptgruppen zugeteilt werden:

- PMMA-Kunststoffe,
- Komposite, die aus Methylmethacrylat (MMA) und anorganischen Füllstoffen bestehen,
- polymerinfiltrierte Keramiken, bei denen ein keramisches Netzwerk mit Methacrylaten infiltriert ist,
- PAEK, die mit Titanoxid dotiert sein können.

PMMA-Kunststoffe basieren auf MMA und werden auch als Monomethacrylate bezeichnet. Diese Monomere polymerisieren durch eine radikalische Reaktion zu einem Polymer. Oft werden den Monomethacrylaten weitere Präpolymerisate zugesetzt, um deren mechanische Eigenschaften zu verbessern. Das industrielle Herstellungsverfahren von CAD/CAM-Polymeren ähnelt grundsätzlich dem Verfahren zur Herstellung von Prothesenzähnen. Der E-Modul von MMA liegt typischerweise zwischen 2 und 3 GPa, während die Biegefestigkeit zwischen 90 und 150 MPa liegt.

Komposite bestehen aus einer Kombination von organischen (Polymere) und anorganischen (Füllstoffe) Bestandteilen. Die Eigenschaften der Polymersysteme werden durch die verwendeten Monomere bestimmt. Auch die Art, Form und Größe der anorganischen Füllstoffe beeinflussen die Materialeigenschaften. Silane werden verwendet, um die verschiedenen Bestandteile miteinander zu verbinden. Aufgrund des höheren Füllstoffanteils im Vergleich zu PMMA-Materialien weisen Komposite einen höheren E-Modul auf und zeigen einen spröderen Charakter als PMMA-Kunststoffe. Als

Füllstoffe werden anorganische Partikel in verschiedenen Größen und Formen wie  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  und Füllstoffcluster verwendet.

Der E-Modul liegt typischerweise zwischen 9 und 15 GPa, während die Biegefestigkeit zwischen 90 und 180 MPa liegt.

PICN sind Materialien, die trotz ihrer Bezeichnung als „Keramik“ den Polymeren zugeordnet werden. Sie basieren auf einer aus Feldspatkeramik porös gesinterten Netzwerkstruktur. Diese keramische Grundstruktur ähnelt einem Schwamm. In die porösen Zwischenräume wird eine Polymermischung aus Triethylenglycoldimethacrylat (TEGDMA) und Urethandimethacrylat (UDMA) infiltriert und polymerisiert. Der keramische Anteil macht etwa 86 Gew.-% aus, während der Anteil der organischen Komponente etwa 14 Gew.-% beträgt. Der E-Modul liegt bei 30 GPa und die Biegefestigkeit bei 150 MPa.

PMMA, Komposite und kunststoff-infiltrierte Keramiken sind Polymer-basierte Werkstoffe, die mithilfe der CAD/CAM-Technologie subtraktiv hergestellt werden. Im Gegensatz zu konventionellen polymerbasierten Materialien wie Verblendkunststoffen werden CAD/CAM-Rohlinge in einer industriellen Umgebung unter optimierten Bedingungen produziert. Dies beinhaltet beispielsweise eine Polymerisation bei erhöhter Temperatur und höherem Druck, was zu einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften führt. Zudem ist die Konversionsrate im Vergleich zu konventionell polymerisierten kunststoffbasierten Materialien höher. Das industrielle Herstellungsverfahren von PMMA-Blöcken und Discs ähnelt grundsätzlich dem Verfahren zur Herstellung von Prothesenzähnen, während die CAD/CAM Komposite von der Zusammensetzung her den direkten Füllungskompositen ähneln. Diese Komposit- und Kunststoff-infiltrierten Keramikrestorationen eignen



Abb. 4 Timeline der PAEK-Materialien in der Zahnheilkunde.



sich für festsitzenden Zahnersatz wie Kronen, Inlays und Onlays. PMMA-Blöcke werden hingegen für provisorische Restauration bis zu zwei Zwischengliedern sowie Schienen eingesetzt.

### 3-D-Druck-Harze

Hier werden häufig ungefüllte bis wenig gefüllte Acrylate eingesetzt. Bei den gefüllten Materialien handelt es sich um Komposite. Es gibt einzelne Materialien, die für permanente Restaurationen bereits zugelassen sind. Diese Harze werden häufig mithilfe der „Vat Photopolymerisation“ verarbeitet. Unter dem Oberbegriff „Vat Photopolymerisation“ sind mehrere Verfahren eingruppiert. Bei diesen Verfahren wird flüssiges Harz aus lichtaktivierbaren Polymeren (Photopolymere) in einer Wanne (engl. Vat) gelagert und schichtweise ausgehärtet. Zum jetzigen Zeitpunkt werden die Harze von manchen Herstellern auch als Kartuschen angeboten, wodurch das Arbeiten im Labor bzw. in der Praxis ein wenig sauberer wird. Die „Vat Photopolymerisation“ ist in der Zahnmedizin momentan die am weitesten verbreitete additive Technologie. Sie wird nach den Verfahren der Lichtpolymerisation unterteilt in die Stereolithographie (punktuelle Lichtquelle) und das Beam-Verfahren (flächige Lichtquelle).

Allgemein kommt es bei der „Vat Photopolymerisation“ zu einer Überpolymerisation (Overcuring), auf deren Basis sich die aktuelle Druckschicht mit der vorangegangenen Schicht verbindet und so Schicht für Schicht eine Restauration entsteht.

PAEK ist ein Begriff, der in der zahnmedizinischen Welt schon lange bekannt ist und seit einiger Zeit die Werkstoffvielfalt zur Herstellung von dentalen Restaurationen ergänzt. PAEK-Werkstoffe sind teilkristalline thermoplastische Polymere. Thermoplaste zeichnen sich

dadurch aus, dass sie sich bei einer bestimmten Temperatur verformen lassen. PAEK-Materialien haben einen Schmelzpunkt von etwa 360 °C und bleiben bis zu dieser Temperatur formstabil. Zur Familie der PAEK-Materialien gehören Hochleistungspolymere wie PEEK, PEKK und das AKP. PEEK ist in verschiedenen Modifikationen erhältlich und wird von verschiedenen Herstellern angeboten. Ungefülltes PEEK eignet sich für herausnehmbaren Zahnersatz, während mit Oxiden gefülltes PEEK, welches meist mit Titanoxid versetzt ist, auch für festsitzenden Zahnersatz verwendet werden kann. PEKK ist mit bis zu 20 bis 30 Gew.-% Titanoxid gefüllt und ist sowohl für herausnehmbaren als auch für festsitzenden Zahnersatz zugelassen. AKP ist seit 2017 auf dem Markt und wird für Teilprothesen empfohlen. Woraus dieses Material besteht, ist noch immer unbekannt. Der E-Modul von PAEK-Werkstoffen liegt zwischen 2,8 und 4,5 GPa, während die Biegefestigkeit zwischen 140 und 250 MPa liegt.

PAEK-Werkstoffe können heute nicht nur konventionell durch Verpressen, sondern auch subtraktiv sowie additiv verarbeitet werden. Die zu subtraktiv verarbeitenden Ronden sind meistens mit Titanoxid gefüllt, während die 3-D-Druck-Filamente hochtemperierte (bis ca. 400 °C), teure 3-D-Drucker benötigen und im Moment noch ungefüllt sind.

### Hinweise zur Bearbeitung

Die subtraktiv zu bearbeitenden CAD/CAM-Materialien werden direkt aus dem Endmaterial mit hohem Materialverschleiß subtraktiv verarbeitet. Die CAM-Fertigung umfasst hier das Herausfräsen/Schleifen der Restauration aus industriell hergestellten Rohlingen. Aufgrund der „schmierenden“ Eigenschaften des Materials (Polymers) und der damit verbundenen Temperaturent-

wicklung während des Schleifprozesses können sich die rotierenden Werkzeuge zusetzen. Daher sollte eine geeignete Kühlflüssigkeit verwendet werden. Beim Schleifen oder Fräsen entstehen zusätzlich Stäube und Späne, weswegen die Fertigungseinheit regelmäßig gereinigt werden sollte. Es ist ratsam, verschiedene Spültanks für unterschiedliche Werkstoffe bereitzuhalten und das Schleifmedium auszutauschen. Im Gegensatz zu keramischen Werkstoffen entfällt die Notwendigkeit einer abschließenden Sinterung oder Brennung. Theoretisch ist das gefräste oder geschliffene Objekt somit nach dem Ausarbeiten und Polieren einsatzbereit. Optional können Restaurationen aus bestimmten Werkstoffen wie Komposit oder PICN individualisiert werden, z. B. durch Verblendung oder Maltechniken.

Die additive Fertigung ermöglicht eine größere Freiheit bei der Reproduktion von Geometrien. Aus diesem Grund wird dieses Verfahren oft als WYSIWYG-Prinzip bezeichnet: „What you see is what you get.“ Dies soll betonen, dass das Objekt theoretisch genauso hergestellt werden kann, wie es in der CAD-Software geplant wurde. Der 3-D-Druck bietet eine größere Gestaltungsfreiheit beispielsweise bei der Herstellung von Hinterschnitten oder Hohlkörpern. Dieser Vorteil gegenüber dem subtraktiven Verfahren ergibt sich aus dem schichtweisen Aufbau. Es ist hier also keine Materialentfernung erforderlich, um die gewünschte Geometrie zu erreichen. Stattdessen wird das Material punktuell aufgetragen. Diese Strategie ermöglicht somit auch die Reproduktion von untereinander liegenden Bereichen oder Hohlräumen. Darüber hinaus lassen sich auch dünne Ränder gut darstellen. Bei der additiven Fertigung entfällt die aufwendige Berechnung von Fräsbahnen. Die CAD-Datei muss lediglich in eine Vielzahl einzelner Schichten umgewandelt werden (Slicing). Je nach Techno-

logie müssen Stützstrukturen für das zu druckende Objekt hinzugefügt werden, um es stabil auf der Bauplattform zu halten und Überhänge zu stützen. Nach dem eigentlichen Fertigungsprozess müssen die meisten gedruckten Objekte nachbearbeitet und finalisiert werden.

**Reinigung:** Bei der additiven Fertigung mit harzbasierten Materialien (DLP- oder SLA-Technologie) muss das Objekt zunächst von anhaftender Flüssigkeit gereinigt werden. Die meisten Hersteller empfehlen ein Bad in medizinischem Alkohol oder einem Alkoholgemisch wie Isopropanol. Dieses Bad kann auch mit Ultraschall aktiviert werden, um den Reinigungsprozess zu verbessern. Es ist hier wichtig, die potenzielle Brand- und Explosionsgefahr bei der Verwendung von Isopropanol in größeren Mengen zu beachten. Lösungen mit Isopropanol und andere leicht entflammbare Alkohole müssen nach Gebrauch darüber hinaus ordnungsgemäß entsorgt werden. Die Verwendung von Isopropanol zur Reinigung birgt auch das Risiko einer Beschädigung der Oberfläche des gedruckten Objekts und einer Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften. Aus diesem Grund empfehlen einige Hersteller, auf Ultraschall zu verzichten und stattdessen Magnetrührer oder die Zentrifugalkraft zur Reinigung einzusetzen sowie langkettige Alkohole (wie InovaPrint wash oder HP Dent) zu verwenden, um die Oberfläche weniger zu belasten.

**Nachpolymerisation:** Nach der Reinigung folgt die Nachbelichtung. Hierbei sollten die Angaben des Materialherstellers genau befolgt werden, da das Lichtspektrum der Nachbelichtungsgeräte auf das Photoinitiatorsystem des Harzes abgestimmt ist. Es stehen Geräte mit LED-, UV- oder Stroboskop-Technologie zur Verfügung, die während der Belichtung mit einer inerten Atmosphäre oder im Vakuum betrieben werden können, um die Bildung einer Sauerstoff-

inhibitionsschicht auf der Oberfläche zu vermeiden. Einige Hersteller bieten sogenannte Fertigungsstraßen an, bei denen die einzelnen Geräte und Technologien aufeinander abgestimmt sind, um so den korrekten Post-Processing- und Nachbelichtungsprozess zu vereinfachen. In diesem Produktionsablauf kann die Bauplattform mit dem gedruckten Objekt direkt aus dem Drucker entnommen und einem Waschgerät sowie einem Nachbelichtungsgerät zugeführt werden. Das Objekt wird erst nach vollständiger Aushärtung von der Bauplattform gelöst. Grundsätzlich sollten die Stützstrukturen erst nach der Belichtung entfernt werden, um Verformungen des gedruckten Objekts zu verhindern.

Die Finalisierung additiv gefertigter Polymerobjekte kann mit den bekannten Vorgehen beim subtraktiven Verfahren verglichen werden. Das Objekt wird zunächst an den Stellen der Stützstrukturanhaftungen geglättet und anschließend poliert. Je nach Wunsch kann das Objekt dann mit Lack- und/oder Malfarben oder Verblendkunststoffen finalisiert werden.

## Fazit

Grundsätzlich können mit polymerbasierten Fräs- und 3-D-Druck Materialien funktionell-ästhetische und langzeitstabile Restaurationen hergestellt werden. Zudem kommt den polymerbasierten Materialien in der temporären (z. B. PMMA für Provisorien) sowie therapeutischen Phase (z. B. Polycarbonat für Aufbissschienen) eine wichtige Rolle zu. Polymerbasierte Materialien begegnen dem Zahnarzt und dem Zahntechniker immer häufiger. Aufgrund der großen Vielfalt dieser Werkstoffklasse ist es wichtig, sich mit diesen Materialien auseinanderzusetzen und deren unterschiedliche Eigenschaften zu kennen. Eine Vielzahl der Misserfolge bei der Arbeit mit Poly-

meren ist auf eine fehlerhafte Verarbeitung zurückzuführen, sei es bei der Konstruktion, dem Verblenden oder der Befestigung. Sei es PMMA, PICN, PAEK oder Komposit – die unterschiedlichen Materialien unterscheiden sich in vielen Punkten und sollten dementsprechend indikationsbedingt ausgewählt und verarbeitet werden.



**Prof. Dr. Dipl.-Ing. (FH)  
Bogna Stawarczyk, M.Sc.**

Professorin für Dentale Werkstoffwissenschaften und Dentaltechnologie  
Wissenschaftliche Leiterin der  
Werkstoffkundeforschung

### **Dipl.-Ing. (FH) Andrea Coldea, PhD**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der  
Werkstoffkundeforschung

### **Dr. Felicitas Mayinger**

alle:  
Klinikum der Universität München (LMU)  
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
Campus Innenstadt  
Goethestraße 70  
80336 München  
E-Mail: bogna.stawarczyk@med.uni-muenchen.de



# Unverträglichkeiten auf dentale Kunststoffe – Erläuterung und Überblick

In der Zahnmedizin finden Kunststoffe breite Anwendung als Komposite in Füllungen, als Fissurenversiegler, in kieferorthopädischen Befestigungsmaterialien, als Befestigungskomposite für Keramik- und Kompositinlays und Kronen, als Stumpfaufbaumaterialien, als Wurzelkanal-Sealer, als Werkstoff für provisorische Kronen und bei der Schienen- und Prothesenherstellung. Auch das Bestreben, Amalgam zu eliminieren und auf Metalllegierungen zu verzichten, hat dem Einsatz von Dentalkunststoffen Auftrieb gegeben. Solche Restaurationsmaterialien sollen möglichst dauerhaft und nachhaltig eingebracht werden, was wiederum bedeutet, dass diese Fremdstoffe im Vergleich zu anderen vorübergehenden exogenen Einflüssen aus der Luft oder Nahrung eine ununterbrochene und lange Einwirkzeit auf den menschlichen Organismus haben. Trotz zahlreicher In-vitro-Studien sind das Ausmaß und die medizinische Bedeutung der Fremdstofffreisetzung aus dentalen Kunststoffen in vivo und damit die Kunststoffexposition der Patienten bisher weitgehend unbekannt. Die Freisetzung von Acrylatmonomeren und -abbauprodukten aus kunststoffbasierten Materialien ist im Mund des Patienten nicht vollständig zu vermeiden. Durch Materialauswahl und Verarbeitung kann diese Belastung allerdings deutlich reduziert werden. Die Freisetzung von Substanzen während des Verarbeitungsprozesses stellt zusätzlich auch für das zahnärztliche und zahn-technische Personal ein Risiko dar, dem ebenfalls mehr Beachtung geschenkt werden muss („No-touch technique“). Neben potenziellen toxikologischen Effekten sollten immunologische Kunst-

stoffunverträglichkeiten in Betracht gezogen werden, die eine Verwendung verbieten. Die Labordiagnostik bietet hier nützliche Ansatzpunkte, sowohl die orale Acrylat-Exposition als auch etwaige allergische Sensibilisierungen zu detektieren.

## Freisetzung von Acrylaten aus Adhäsiven und Kunststoffbestandteilen

Selbst bei sorgfältiger Aushärtung der Kunststoffe bleiben nichtpolymerisierte Restmonomere zurück, die in der Folge in den Speichel eluieren können<sup>1,14</sup>. In Abhängigkeit von den spezifischen Materialeigenschaften des verwendeten Komposits, der Schichtdicke der Füllung, der Leistungsfähigkeit des Polymerisationsgerätes, dem erzielten Polymerisationsgrad und dem zeitlichen Abstand vom Einbringen resultiert eine unterschiedlich hohe Belastung mit Restmonomeren. Auch chemische und enzymatische Abbauprozesse spielen hier mit großer Wahrscheinlichkeit eine Rolle, beeinflusst vom individuellen bakteriellen Mundmilieu<sup>7</sup>. Chemisch härten- de Polymere haben eine deutlich geringere Konversionsrate mit entsprechend hoher Monomer-Abgabe. Dentalkunststoffe geben nicht allein Restmonomere ab, sondern auch Abbauprodukte, deren Identität bisher weitgehend unbekannt ist<sup>4</sup>. So kann z. B. Bisphenol A (BPA) bei Inkubation von Bisphenol A-Dimethacrylat (BisDMA) mit Speichelenzymen entstehen<sup>2</sup>. BPA interagiert als endokriner Disruptor mit dem Östrogen-Signalweg und beeinträchtigt damit den Hormonstoffwechsel<sup>16</sup>. Im Tierversuch

wurde eine Assoziation von BPA und der Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH) beobachtet. Die European Food Safety Authority (EFSA) senkte 2015 den Referenzwert für die tolerierbare tägliche Aufnahme (TDI) von 50 auf 4 µg/kg Körpergewicht. Eine weitere Absenkung sollte aufgrund der tiefgreifenden fatalen Wirkungen im Organismus angestrebt werden.

## Analyse der oralen Acrylat-Exposition im Morgen- oder Basalspeichel

Die Möglichkeit, die Kunststoffbelastung eines Patienten in der klinischen Praxis zu messen, ist aufgrund der Komplexität erst seit Kurzem verfügbar. In einem Gemeinschaftsprojekt des IMD Berlin mit dem Bereich zahnärztliche Werkstoffkunde und Biomaterialforschung der Charité Berlin wurde eine neue Methode zur Acrylat-Analyse im Speichel etabliert. Die Belastung des Patientenspeichels mit bestimmten Kunststoffbestandteilen kann nun über ein Verfahren, basierend auf „Liquid chromatography mass spectrometry“ (LC-MS), quantifiziert werden. Die Messung umfasst die Acrylate Diurethan-Dimethacrylat (UDMA), Triethylenglykol-Dimethacrylat (TEGDMA), Bisphenol A-Glycidylmethacrylat (BisGMA), Methylmethacrylat (MMA) sowie das potenziell als Kontamination oder Abbauprodukt vorkommende BPA. Da Kauen die Freisetzung von Acrylaten nachweislich nicht steigert<sup>5</sup>, kann die Kunststoffanalyse im Morgenspeichel oder im tagsüber abgegebenen Basalspeichel erfolgen (Abb. 1).

Diese Speichelanalyse ermöglicht die Feststellung der in Lösung gegangenen Monomere bei bereits erfolgter Versorgung und dient somit der kurativen Abklärung z. B. aufgrund von aufgetretenen Symptomen. Die Herkunft der analysierten Substanzen kann dann durch den Abgleich mit den im Mund inkorporierten Materialien und den verfügbaren Sicherheitsdatenblättern (s. auch CAS-Registrierungsnummer; Chemical Abstract Service) eruiert werden. Eine Verfälschung des Speicheltests durch den Eintrag von Acrylat-Monomeren durch Gegenstände des alltäglichen Gebrauchs (z. B. Besteck) und über die Nahrung ist eher zu vernachlässigen.

Da Kunststoffe als organische Verbindungen von Speichelenzymen umgewandelt werden können<sup>4</sup>, lässt ein ausbleibender Nachweis eines Acrylates im Speichel grundsätzlich zwei Interpretationen zu:

1. Der betreffende Kunststoff wird nicht freigesetzt.
2. Der betreffende Kunststoff wird zwar freigesetzt, wird jedoch im Speichel rasch in andere Metabolite umgewandelt, sodass die Ausgangssubstanz nicht nachweisbar ist (Abb. 1).

Die Analytik der im Acrylat-Abbauprozess entstehenden Verbindungen wird dadurch erschwert, dass die Identität dieser Substanzen bisher weitgehend unbekannt ist. BPA als Abbauprodukt des BisDMA stellt hier eine Ausnahme dar. Methacrylsäure (MA) wiederum – nicht zu verwechseln mit Methylmethacrylat (MMA) – ist als gemeinsames Endprodukt des Abbaus verschiedener Acrylate bekannt. Die Grundlagenforschung spricht dafür, dass MA in der Leber in den hochtoxischen Metaboliten 2,3-Epoxy-MA umgewandelt wird<sup>21</sup>. Der Nachweis von MA ist jedoch mit LC-MS nicht möglich und wird daher aktuell ausschließlich in der Grundlagenforschung durchgeführt.

IMD Labor Berlin		Ärztlicher Befundbericht		
Untersuchung		Ergebnis	Einheit	Referenzbereich
<b>Kunststoffe im Speichel (LC-MS/HPLC)</b>				
UDMA	Urethandimethacrylat	<b>6.2</b>	µg/L	< 1.0
TEGDMA	Triethylenglycoldimethacrylat	<b>3.9</b>	µg/L	< 1.0
BisGMA	Bisphenolglycidylmethacrylat	< 2.0	µg/L	< 2.0
BPA	Bisphenol A	<b>1.7</b>	µg/L	< 1.0
MMA	Methylmethacrylat	< 50.0	µg/L	< 50.0
Interpretation Hinweis auf orale Belastung mit TEGDMA, UDMA und BPA.				

**Abb. 1** Nachweis einer oralen Exposition mit TEGDMA, UDMA sowie BPA. Die Untersuchung erfolgte im Basalspeichel.

## Kunststoffbelastung – Ein möglicher proentzündlicher Triggerfaktor

Die Grundlagenforschung zeigt, dass Acrylate im Darm effizient resorbiert werden<sup>18</sup>, Zellmembranen durchdringen und intrazelluläres Glutathion oxidieren<sup>10</sup>. Der resultierende Anstieg von Sauerstoffradikalen aktiviert die Produktion entzündungsfördernder Zytokine<sup>3</sup>. Es ist daher wahrscheinlich, dass Acrylate auch dann als lokale Entzündungsreize wirken, wenn keine allergische Sensibilisierung vorliegt. Wegen ihrer proentzündlichen Wirkung und weiten Verbreitung in der Umwelt liegt es nahe, Acrylate als klassische Triggerfaktoren chronisch entzündlicher Multisystemerkrankungen einzuordnen (Abb. 2). Dabei bleibt hervorzuheben, dass trotz ihrer effizienten Resorption und ihres belegten entzündungsfördernden Effekts bisher wenig über ihre systemische Wirkung bekannt ist.

## Kunststoffunverträglichkeit ist bei allergischer Sensibilisierung dosisunabhängig

Neben den erwähnten toxischen Effekten können Kunststoffe sowohl Typ-I- als auch Typ-IV-Allergien auslösen<sup>6,12</sup>. Jedoch können die freigesetzten allergenen Fremdstoffe im Unterschied zu toxischen Pathomechanismen bei sensibilisierten

(allergischen) Patienten schon in geringen Dosen lokale und systemische Entzündungen auslösen. Sensibilisierungen können hierbei sowohl auf Kunststoffmonomeren, aber auch auf andere Bestandteile von Kunststoffmaterialien wie Weichmacher oder Polymerisationsinitiatoren auftreten.

Die Zahl der Sensibilisierungen (und letztlich auch Allergien) nimmt dabei nicht nur bei Patienten, sondern vor allem auch beim zahnärztlichen Personal zu<sup>17</sup>. Es ist zu berücksichtigen, dass die üblichen Handschuhe keinen Schutz bieten, da die Monomere diese innerhalb kurzer Zeit penetrieren können<sup>15,13,9</sup>.

Zum überwiegenden Teil beruhen Sensibilisierungen auf Kunststoffbestandteile auf Typ-IV-Sensibilisierungen (Allergien vom Spättyp). Acrylat-Monomere können körpereigene Eiweiße verändern und diese dadurch zum Allergen machen (Hapten-Effekt). Bei einer Typ-IV-Sensibilisierung bilden sich spezifische T-Lymphozyten, die das Allergen bzw. allergenveränderte körpereigene Protein als fremd erkennen. Bei sensibilisierten Patienten reagiert das Immunsystem nach Kontakt mit dem entsprechenden Allergen mit einer Immunaktivierung (Abb. 3). Diese kann sich in einer Lokalsymptomatik äußern, aber auch systemische Entzündungsreaktionen verursachen oder verstärken.

Im Unterschied zu Metallen, wo allergische Unverträglichkeitsreaktionen ausschließlich auf T-Lymphozyten-vermittelte Typ-IV-Sensibilisierungen zurückzuführen

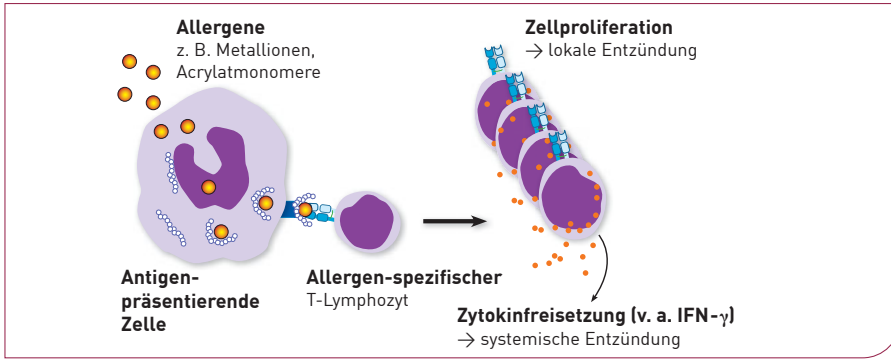


Abb. 2 Pathomechanismus einer Typ-IV-vermittelten Immunreaktion.

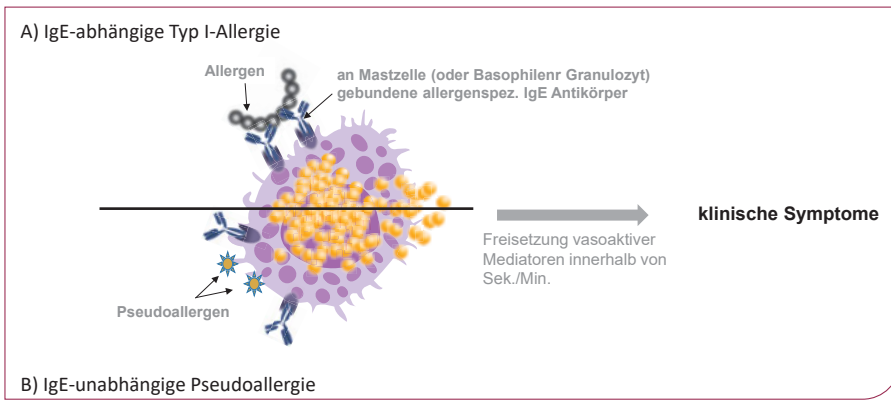


Abb. 3 Pathomechanismus einer Typ-I-vermittelten Immunreaktion (A) und einer Pseudoallergie (B).

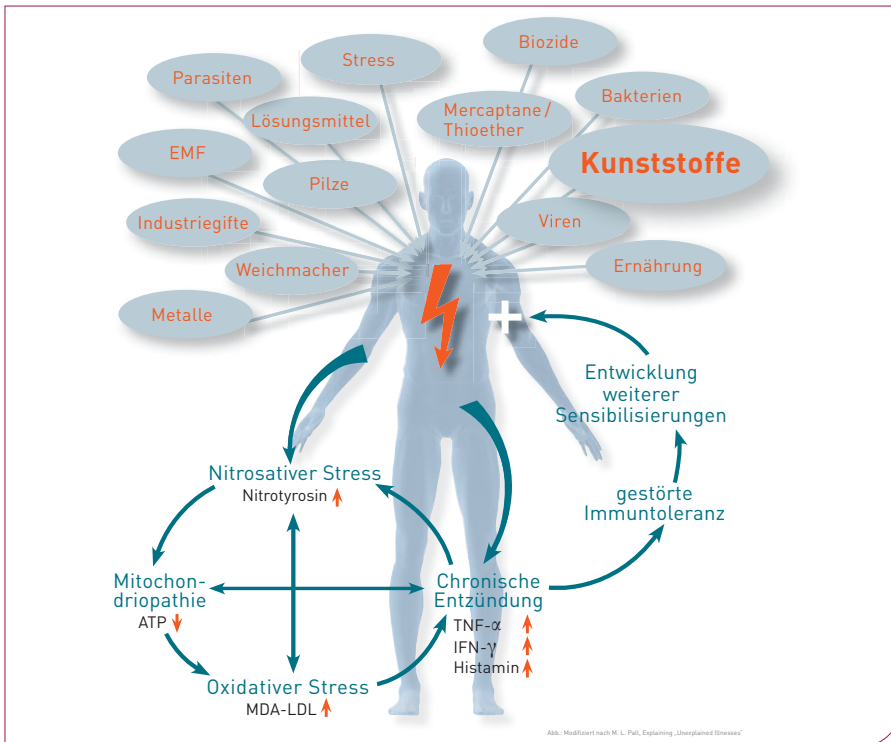


Abb. 4 Mögliche relevante Auslöser einer chronischen Entzündung (silent inflammation) und ihre Einwirkung auf die Regulationstetrade aus Immunaktivierung, oxidativem- und nitrosativem Stress sowie Mitochondrienfunktion (modifiziert nach Pall M. Dr. (PHD) Explaining „Unexplained illnesses“).

sind, kommen gegenüber acrylathaltigen Kompositmaterialien auch Allergien vom Soforttyp (Typ-I-Allergie) vor. Diese können IgE-vermittelt sein, aber auch auf sogenannten Pseudoallergien (IgE-unabhängig) beruhen (Abb. 4). Unmittelbar nach Vernetzung des Allergens mit den an Mastzellen oder basophilen Granulozyten gebundenen IgE-Antikörpern kommt es zur massiven Ausschüttung zahlreicher und breit wirksamer Mediatoren, die innerhalb von wenigen Minuten zu lokalen und/oder systemischen Symptomen führen. Aufgrund dieser schnellen Immunreaktion wird auch oft von einer „Soforttyp-Reaktion“ gesprochen. Pseudoallergene (z. B. einige Arzneistoffe) regen die Zellen hingegen direkt zur Mediator-Ausschüttung an, ohne Beteiligung des IgE/IgE-Rezeptor-Komplexes. Anhand der Mediatoren und der Symptomatik sind beide Typen nicht voneinander unterscheidbar.

### Systemische Manifestationen sind häufiger als Lokalreaktionen

Die Symptomatik einer allergischen Sensibilisierung auf Dentalwerkstoffe äußert sich vor allem bei der Typ-IV-Reaktion relativ selten als Kontaktallergie an der Mundschleimhaut. Wenn lokale Symptome auftreten, dann sind es Erytheme, Ödeme, Stomatitis oder Aphthen sowie bei chronischen Reaktionen auch lichenöide oder erosive Veränderungen. Allergisch bedingte Immunreaktionen in der Mundhöhle können außerdem auch ohne morphologisches Korrelat Geschmacksveränderungen, Zungenbrennen und gesteigerte oder verminderte Speichelflussraten auslösen. Die Ursache dafür, dass an der dem allergenen Material anliegenden Schleimhaut erkennbare Reaktionen eher selten sind, liegt in der gering ausgeprägten immunologischen





**Abb. 5 a bis c** Klinische Manifestationen: a) OLP der Wangenschleimhaut, b) periorales Ekzem und c) Lippenschwellung, Mundwinkelrhagade. (Fotos Dr. E. Jacobi-Gresser)

Reaktivität der Mundschleimhaut (geringe Dichte an Antigen-präsentierenden Zellen, starke Durchblutung).

Die Mundhöhle ist die Haupteintrittspforte für Fremdstoffe (Bakterien, Viren, Nahrungsmittel, Umweltschadstoffe), was die niedrige Entzündungsbereitschaft notwendig macht. Die Tatsache, dass Entzündungen nicht auf die Kontaktstelle selbst begrenzt sind, erklärt sich damit, dass die allergenen Fremdstoffe nach ihrer Freisetzung über den Speichel intraoral gleichmäßig verteilt und beim Schlucken in den Magen-Darm-Trakt gelangen.

Analog zu Metallsensibilisierungen geht man auch bei Acrylat-Sensibilisierungen von nicht selten auftretenden systemischen Manifestationen aus. Gut zuzuordnen sind dabei noch die hämatogen fortgeleiteten perioralen Ekzeme und Mundwinkelrhagaden. Aufgrund der schon erläuterten geringen immunologischen Reaktivität der Mundschleimhaut stellt der periorale Bereich quasi das nächstgelegene immunologisch aktive Manifestationsorgan dar (Abb. 5a-c).

Noch schwerer lässt sich bei der systemischen Kontaktdermatitis (Typ-IV) auf die Allergenquelle schließen. Diese wird zumindest bei Metallsensibilisierungen beschrieben als dermatologische Erkrankung sensibilisierter Patienten, bei der die Aufnahme des Allergens perkutan, transmukosal, intravenös, inhalativ oder auch endogen erfolgen kann. Hierbei kann die Haut des gesamten Organismus betroffen sein<sup>11,8</sup>.

Vor allem die transmukosale Aufnahme der Acrylate über den Gastrointestinaltrakt ist in der Zahnmedizin von Bedeutung. Erschwerend für die Diagnosestellung kommt hinzu, dass sich Entzündungsreaktionen durchaus auch an Stellen manifestieren können, die per Blickdiagnose nicht zu erfassen sind. Die Wirkung freigesetzter Acrylate auf den Gastrointestinaltrakt ist aufgrund der weitgehend unbekannten Abbaukinetik und der Abbauprodukte bisher unklar. Zu den möglichen unspezifischen Entzündungssymptomen zählen folgende: Abgeschlagenheit, Schlafstörungen, depressive Verstimmungen, Muskelschmerzen, Arthralgien (Fibromyalgie), Parästhesien, Kopfschmerzen, Migräne oder auch Neuralgien. An Typ-I-Soforttyp-Allergien sollte gedacht werden, wenn die heftige systemische Symptomatik innerhalb weniger Stunden (selten sogar Minuten) nach Einbringung der Kunststoffmaterialien auftritt.

### Labordiagnostischer Nachweis von Typ-IV-Sensibilisierungen

Eine Sensibilisierung vom Typ IV auf ein Allergen besteht dann, wenn der Patient allergenspezifische T-Lymphozyten entwickelt hat. Der Nachweis dieser Zellen im Patientenblut erfolgt im Lymphozytentransformationstest (LTT). Der LTT ist die derzeit einzige erprobte Labor-

methode zum In-vitro-Nachweis einer spezifischen zellulären Sensibilisierung. Er wurde erstmals 1960 beschrieben und hat sich seitdem durch Entwicklung der Zellkulturtechniken und der Analyseverfahren zu einem reproduzierbaren und hochsensitiven Verfahren für die medizinisch-biologische Forschung, aber auch für die Routinediagnostik entwickelt (RKI-Empfehlung 2002; RKI-Kommission 2008). Er basiert auf dem Prinzip der allergenspezifisch induzierten Zellteilung von Lymphozyten in der Zellkultur nach Kontakt mit ihrem „passenden Allergen“ (Abb. 6).

Zunächst werden hierfür die Lymphozyten und Monozyten des Patienten aus heparinisierendem Venenblut isoliert und anschließend in der Zellkultur mit den zur Frage stehenden Allergenen in Kontakt gebracht (Abb. 6). Im Falle einer bestehenden Sensibilisierung kommt es zur Allergen-induzierten Lymphozytenaktivierung und nachfolgender Zellteilung, die über den Einbau des radioaktiv markierten DNA-Bausteins Thymidin nachgewiesen wird.

Dargestellt wird das Ergebnis jeweils als Stimulationsindex (SI). Dabei wird die „Basal-Proliferation“ der Zellen (Ansatz ohne Allergen-Zugabe) zur Proliferationsrate nach Allergenkontakt ins Verhältnis gesetzt. Der Quotient ergibt dann den SI.

Die grundsätzliche Aktivierbarkeit und somit ausreichende Vitalität der T-Zellen wird durch zwei sogenannte Po-

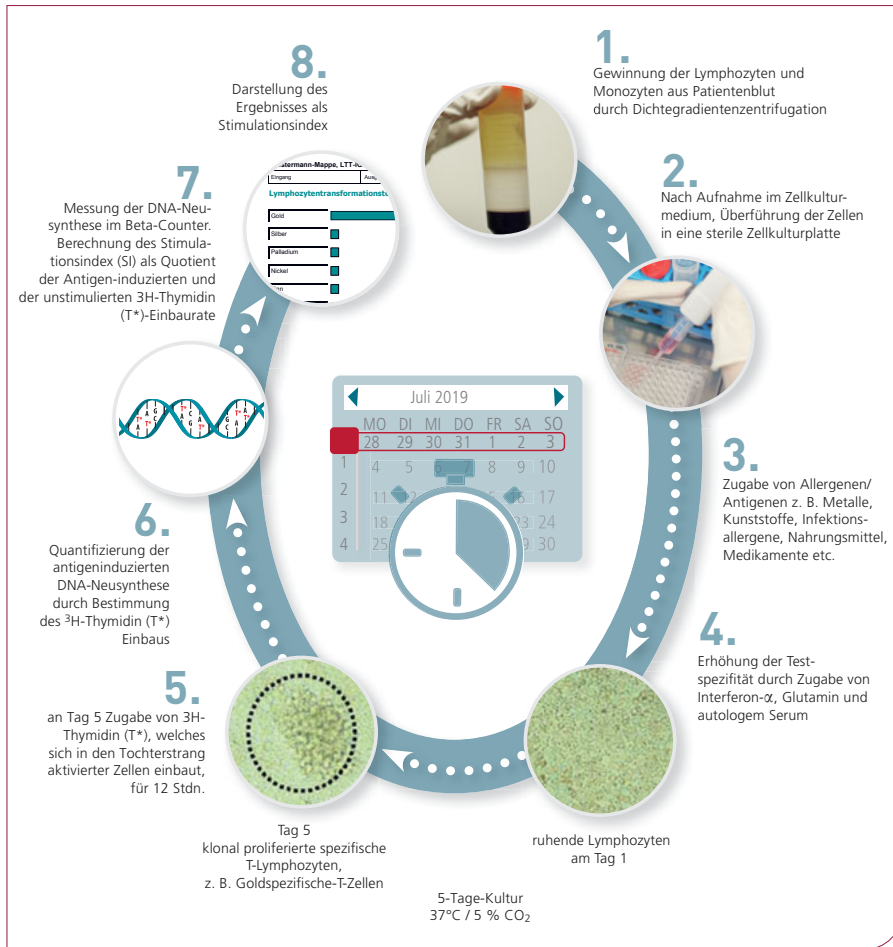


Abb. 6 Methodischer Ablauf eines Lymphozytentransformationstests (LTT).

sitivkontrollen gesichert. Hierbei werden Stimulanzen eingesetzt, die die T-Zellen einmal unspezifisch (Mitogene) sowie auch spezifisch über ihren T-Zell-Rezeptor (Recall-Antigene) aktivieren.

Eine positive Reaktion im LTT (SI > 3) beweist die Existenz von allergen-spezifischen

Lymphozyten im Blut des Patienten (Abb. 7). Die heute verwendeten optimierten LTT-Varianten haben durch Zusatz von rekombinanten Interferon-alpha zur Zellkultur eine gesteigerte Sensitivität und Spezifität erlangt<sup>22</sup>. Entsprechende Profile für Acrylate stehen für die Allergietestung

Untersuchung / Material: **Lymphozytentransformationstest Kunststoffe** (Heparinblut)

Material	SI
TEGDMA	3,6
BISGMA	1,0
HEMA	1,0
BDMA	1,3
Methylmethacrylate	1,0
EGDMA	1,0
UDMA	1,0

Material	SI
BISDMA	1,1
Bisphenol A	1,1
Benzoylperoxid	1,0
Methacrylsäure	1,0
Bisphenol A-diglycidyl-ether (BADGE)	1,0
Formaldehyd	1,0
Phthalate	1,3

Kategorie	Wert	Einheit	SI
Leerwert (Negativkontrolle)	1053	cpm	
Positivekontrolle (Antigen)	75706	cpm	71,9
Mitogenkontrolle (PWM)	93082	cpm	88,4

**Erläuterung der Abkürzungen:**  
 TEGDMA: Triethylenglycol-dimethacrylat  
 EGDMA: Ethylenglycoldimethacrylat  
 BDMA: Buthandiol-1-4-Methacrylat  
 BISGMA: 2,2-Bis-(4-[2-Hydroxy-3-methacryloxypropoxy]-phenyl)propane Methylmethacrylat (= MMA / PMMA)  
 UDMA: Diurethandimethacrylat  
 HEMA: 2-Hydroxyethylmethacrylat

Abb. 7 Beispielbefund eines LTT auf Kunststoffe. Nachweis einer Sensibilisierung auf TEGDMA.

zur Verfügung. Aufgrund der häufigen Unwissenheit über die exakte Zusammensetzung der Materialien ist eine Testung auf Nativmaterial durchaus sinnvoll (LTT-Nativmaterial). Dabei schickt der Zahnarzt/die Zahnärztin Materialproben zusammen mit dem Blut ins Labor und die Materialien werden, nachdem sie mit speziellen Verfahren in Lösung gebracht wurden, mit den Immunzellen kultiviert. Der LTT hat Vorteile gegenüber dem Epikutantest.

In der Dermatologie wird bis heute noch in vielen Fällen der Hauttest (Epikutantest) zum Nachweis von Typ-IV-Sensibilisierungen favorisiert. Im Unterschied zu Hautkontaktmetallen wie Nickel oder Chrom ist die Epikutantestung bei Schleimhaut-assoziierten Allergien aber weit weniger verlässlich. Die Diagnostik sollte bei diesen systemischen Sensibilisierungen wie z. B. bei Medikamentensensibilisierungen vorrangig mit dem LTT erfolgen. Von einer systemischen Sensibilisierung spricht man, wenn der Allergenkontakt nicht über die Haut stattfindet, sondern das Allergen endogen, z. B. über die Schleimhäute des Gastrointestinaltraktes oder direkt in die Blutbahn aufgenommen wird, so wie das bei allen aus Zahnersatz freiwerdenden Allergenen der Fall ist. Für den LTT als „In-vitro-Provokationstest“ spricht auch, dass der LTT keine Risiken für den Patienten birgt. Anders als beim Epikutantest sind bei dieser In-vitro-Labormethode eine Induktion einer Sensibilisierung oder eine Verstärkung der klinischen Symptome durch die Exposition nicht möglich.

## Labordiagnostischer Nachweis von Typ-I-Sensibilisierungen und Pseudoallergien

Für viele klassische Typ-I-Allergene (z. B. Baumpollen, Insektengifte etc.) kann das spezifische IgE automatisiert in nahezu jedem Labor über EAST- oder RAST-Ver-



fahren bestimmt werden. Acrylate sind allerdings bisher von keinem kommerziellen Anbieter etabliert worden. Die Diagnostik ist daher ausschließlich über zelluläre Testsysteme im Labor möglich. Der Basophilen-Aktivierungstest (BAT) ist eine In-vitro-Methode zum Nachweis Typ I-allergischer Sensibilisierungen sowie von Pseudoallergien (IgE-unabhängig). Der Test ist auch als Leukotrien-Release-Test oder CAST-Test bekannt. Vorteil dieses Testes ist, dass sowohl Standardallergene (z. B. Acrylat-Monomere) als auch native Materialproben nach Aufarbeitung im Labor getestet werden können. Dieses ermöglicht die Testung von Materialproben unbekannter Zusammensetzung (einschließlich von Prothesenmaterial oder in situ gewonnenen Kunststoffspänen).

Beim BAT werden die basophilen Granulozyten des Patienten mit Allergenextrakten oder auch nativen (miteingesendeten) Allergenen konfrontiert und anschließend entweder die Freisetzung vasoaktiver Mediatoren (aufgrund der Stabilität zumeist Leukotriene) ermittelt oder die Anzahl an aktivierten basophilen Granulozyten durchflusszytometrisch bestimmt. Der BAT ist gleichermaßen zum Nachweis von sogenannten Pseudoallergien geeignet, die nicht durch IgE-Antikörper vermittelt sind, was bei kleinen Allergenen wie Kunststoffmonomeren vermutlich sogar häufig der Fall ist.

Die Ergebnisse der Allergen-stimulierten Testansätze werden mit entsprechenden Positiv- und Negativkontrollen ins Verhältnis gesetzt. Ein resultierender Leukotrien-Wert über 200 pg/ml oder ein festgesetzter Prozentsatz an aktivierten basophilen Granulozyten bedeutet, dass eine Sensibilisierung vom Typ I oder aber auch eine Pseudoallergie vorliegt (Abb. 8). Ein negatives Resultat schließt eine Sofort-Typ-Sensibilisierung mit hoher Sicherheit aus.

Zwei Fragestellungen können mit dem Sensibilisierungsnachweis beantwortet werden:

IMD Labor Berlin		Ärztlicher Befundbericht		
Basophilenaktivierungstest (BAT)	Ergebnis	Einheit	Referenzbereich	
2-Hydroxyethylmethacrylat (HEMA)	55	pg/ml	< 200	
TEGDMA	1277	pg/ml	< 200	
Methylmethacrylat (MMA)	< 50	pg/ml	< 200	
Nativmaterial	1023	pg/ml	< 200	

**Abb. 8** Nachweis einer Sensibilisierung vom Typ I gegenüber TEGDMA. Dadurch bedingt liegt auch eine Sensibilisierung auf das TEGDMA-haltige Nativmaterial vor. Um die Produktneutralität zu wahren, wird der Produktname hier nicht genannt.

### 1. Ist ein Austausch des bereits eingebrachten Zahnersatzmaterials notwendig?

Mit dem LTT oder BAT kann ein symptomatischer Zusammenhang zum Materialkontakt ausgeschlossen bzw. wahrscheinlich gemacht werden, wenn nach dem Einbringen von Zahnersatzmaterial oder im späteren Verlauf Beschwerden auftreten (kurative Fragestellung). Beachtet werden muss allerdings, dass nicht jede Sensibilisierung automatisch zu klinischen Beschwerden führt. Der unmittelbare Beweis eines Zusammenhangs ist rein über Labordiagnostik nicht möglich, was allerdings nicht nur für Zahnersatzmaterialunverträglichkeiten gilt, sondern ein allgemeines Prinzip der Allergiediagnostik ist.

### 2. Welche Materialien können verwendet bzw. nicht verwendet werden?

Mit dem LTT oder BAT können vor dem Einbringen neuer Zahnersatzmaterialien bestehende Sensibilisierungen auf alle enthaltenen Bestandteile ausgeschlossen werden (präventive Fragestellung). Allerdings muss beachtet werden, dass sich vor allem bei Kunststoffen, mit denen man im Alltag wenig Berührung hat, auch nach der Einbringung Sensibilisierungen entwickeln können. Jede Allergietestung kann nur die zum Untersuchungszeitpunkt bestehenden Sensibilisierungen nachweisen.

## Schlussfolgerung

Dentalkunststoffe stellen potenzielle Quellen einer permanenten oralen Belastung dar. Eine schädigende Wirkung ist angesichts der chronischen Exposition nicht auszuschließen. Im Labor können sowohl die Acrylat-Konzentrationen des Speichels als auch mögliche allergische Sensibilisierungen untersucht werden. Die zellulären Allergietestungen empfehlen sich präventiv zur Auswahl eines zumindest a priori verträglichen Materials sowie kurativ bei Verdacht auf allergische Reaktionen. Neben der Abschätzung der Acrylat-Belastung (im toxikologischen Kontext) spielt der Acrylat-Nachweis in einigen Fällen auch im Zusammenhang mit der Allergiediagnostik eine Rolle. Wie bereits ausführlich dargestellt, können Acrylate Typ-I- und Typ-IV-Sensibilisierungen induzieren, nachweisbar im BAT bzw. im LTT. Bei nachgewiesener allergischer Sensibilisierung stellt sich in einigen Fällen die Frage, ob tatsächlich auch eine orale Exposition mit dem gefundenen Acrylat vorliegt, denn nur dann ist eine Entfernung des Materials sinnvoll und gerechtfertigt. Vor allem bei älteren Kunststofffüllungen oder bei unvollständiger Material-Deklaration vonseiten des Herstellers ist die Zusammensetzung nicht immer umfassend bekannt.

Das an der LMU etablierte Internationale Beratungszentrum für die Verträglichkeit von Zahnmaterialien (BZVZ) bietet



Hilfe bei Unverträglichkeiten gegen alle Zahnmaterialien. Aufgrund langjähriger Forschung und Erfahrung in den Bereichen Dentaltoxikologie, Biokompatibilität und Verträglichkeit von Zahnmaterialien ist das Zentrum eine international führende Anlaufstelle für diese Fragestellungen. Das BVZV verfügt über die weltgrößte Datenbank zur Freisetzung von Inhaltsstoffen aus Zahnmaterialien.

## Literatur

1. Archegas LRP, Rached RN, Ignacio SA et al. Identification and quantification of monomers released from dental composites using HPLC, Braz Arch. Biol. Technol 2009;52(4):855–862.
2. Atkinson JC, Diamond F, Eichmiller F, Selwitz R, Jones G. Stability of bisphenol A, triethylene-glycol dimethacrylate, and bisphenol A dimethacrylate in whole saliva. Dent Mater 2002;18(2):128–135.
3. Bowie A, O'Neill LA. Oxidative stress and nuclear factor-kappaB activation: A re-assessment of the evidence in the light of recent discoveries. Biochem Pharmacol 2000;59(1):13–23.4. Delaviz Y, Finer Y, Santerre JP. Biodegradation of resin composites and adhesives by oral bacteria and saliva: A rationale for new material designs that consider the clinical environment and treatment challenges. Dent Mat 2014;30:16–32.
5. Durner J, Glasl B, Zaspel J et al. Release of TEGDMA from composite during the chewing situation. Dent Mater 2010;26:e197–e204.
6. Gjerdet NR, Askevold E. National reporting of adverse reactions to dental materials. The Norwegian registry. J Dent Res 1998;77:823.
7. Hansel C, Leyhausen G, Mai UE, Geurtsen W. Effects of various resin composite (co) monomers and extracts on two caries-associated micro-organisms in vitro. J Dent Res 1998;77:60–67.
8. Jensen CS. Systemic contact dermatitis after oral exposure to nickel: A review with a modified meta-analysis. Contact Dermatitis 2006;54:79–86.
9. Kanerva L, Jolanki R, Estlander T. 10 years of patch testing with the (meth)acrylate series. Contact Dermatitis 1997; 37:255–258.
10. Krifka S, Spagnuolo G, Schmalz G, Schweikl H. A review of adaptive mechanisms in cell responses towards oxidative stress caused by dental resin monomers. Biomaterials 2013;34: 4555–4563.
11. Kulberg A Schliemann S, Elsner P. Contact dermatitis as a systemic disease. Clin Dermatol 2014;32:414–419.
12. Lindstrom M, Alanko K, Keskinen H, Kanerva L. Dentist's occupational asthma, rhinoconjunctivitis, and allergic contact dermatitis from methacrylates. Allergy 2002;57:543545.
13. Merk KH. Allergische Berufsdermatosen. Stellungnahme zur in-vitro-Diagnostik. Hautarzt 2004;55:31–34.
14. Michelsen VB, Moe G, Skålevik R, Jensen E, Lygre H. Quantification of organic eluates from polymerized resin-based dental restorative materials by use of GC/MS. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci 2007;850(1–2): 83–91.
15. Munksgaard EC. Permeability of protective gloves to (di)methacrylates in resinous dental materials. Scand J Dent Res 1992; 100:189–192.
16. Olea N, Pulgar R, Perez P et al. Estrogenicity of resin-based composites and sealants used in dentistry. Environ Health Perspect 1996;104:298–305.
17. Örtengren U, Andreasson H, Karlsson S, Meding B, Barregard L. Prevalence of self-reported hand eczema and skin symptoms associated with dental materials among Swedish dentists Eur J Oral Sci 1999;107:496–505.
18. Reichl FX et al., Uptake, clearance and metabolism of TEGDMA in guinea pigs. Dent Mater 2002;18:581–589.
19. RKI-Empfehlung. Diagnostische Relevanz des Lymphozytentransformationstest in der Umweltmedizin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 2002;45(7): 45–49.
20. Kommission Robert Koch-Institut (RKI) „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“. „Qualitätssicherung beim Lymphozytentransformationstest“ (LTT) – Addendum zum LTT-Papier der RKI-Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 2008;51(9): 1070–1076.
21. Schmalz G, Arenholt-Bindslev D. Biocompatibility of dental materials. Berlin: Springer, 2009.
22. von Baehr V, Mayer W, Liebenthal C et al. Improving the in vitro antigen specific T cell proliferation assay: The use of interferon-alpha to elicit antigen specific stimulation and decrease bystander proliferation. J Immunol Methods 2001;251:63–71.



**Dr. rer. nat. Anne Schönbrunn**  
Biologin

**Dr. rer. nat. Katrin Huesker**  
Biologin

beide:  
Institut für Medizinische Diagnostik, IMD  
Berlin

**Dr. Elisabeth Jacobi-Gresser**  
ZÄ-Oralchirurgie, Implantologie,  
Umweltzahnmedizin  
GP Dres. Knierim, Igiel und Kollegen  
Heidesheimer Straße 20  
55124 Mainz  
E-Mail: mail@jacobi-gresser.de



# Additive Fertigung im Bereich der Kunststoffe

**Additive Fertigungsverfahren sind komplexe und innovative Produktionsverfahren. Die verschiedenen Verfahren bieten großes Potenzial für die wirtschaftliche Fertigung einer Vielzahl von dentalen Konstruktionen wie Schienen oder Prothesen, bergen aber auch Gefahren der unsachgemäßen Fertigung und des Materialversagens. Ungeachtet dessen, welches Material für die jeweilige Konstruktion verwendet werden soll, spielt daher die profunde Kenntnis des Werkstoffs und dessen Fertigung eine entscheidende Rolle für das klinische Ergebnis. Diese Kenntnisse sind für Zahnarzt und Zahn-techniker heute unerlässlich.**

## Einleitung

Die additive Fertigung nimmt in der zahnmedizinischen Anwendung auch aus wirtschaftlichen Gründen immer breiteren Raum ein<sup>3,5</sup>. Daher erscheint es für Zahn-techniker und Zahnarzt durchaus sinnvoll, sich mit den Grundlagen dieser Fertigungsmethoden vertraut zu machen. Und die Entwicklung in den additiven Fertigungsverfahren oder -technologien (AF oder AFT) bleibt nicht stehen: Es deuten sich zum Beispiel bereits 4-D-Druck-Varianten an, die als zusätzlichen Aspekt eine gezielte Wirkstoffabgabe über einen definierten Zeitraum beinhalten. Durch die additive Fertigung können sich neue Anwendungen und Synergien für die bisherige klinische Anwendung ergeben. Prinzipiell eignen sich additive Fertigungstechniken für die Verarbeitung unterschiedlicher Werkstoffe wie Kunststoffe, Metalle oder Keramiken<sup>15,16</sup>. Schwerpunkt der vorliegenden Übersicht ist die additive Fertigung im Bereich der Kunststoffe.

## Arbeitsablauf

Während die Restaurationen bei der subtraktiven Fertigung (SF) im „Computer aided design/Computer aided manufacturing“ (CAD/CAM)-Verfahren aus einem Materialblock (Rohling, Ronde) herausgearbeitet (nass oder trocken geschliffen oder gefräst) werden, handelt es sich bei additiven Fertigungstechnologien um einen computergestützten Fertigungsprozess, bei dem das Objekt Schicht für Schicht aufgebaut wird<sup>6</sup>. Die Prozesskette zur Herstellung der Konstruktion besteht dabei aus mehreren Schritten. Im ersten, rein digitalen Schritt werden die Daten generiert, beispielsweise über einen extra- oder intraoralen 3-D-Scan, eine Computertomografie (CT) oder eine Magnetresonanztomografie (MRT). Anschließend wird eine Datei (zum Beispiel STL-File) des 3-D-Objekts mit der entsprechenden Konstruktionssoftware (CAD) gestaltet. Dieses Vorgehen entspricht soweit dem subtraktiven Standardverfahren der CAD/CAM-Fertigung. STL-Files können also sowohl für die additive als auch die subtraktive Fertigung verwendet werden. Nach dem Transfer der konstruierten Form und der Bestimmung der Druckschichten sowie der Definition der Fertigungsoptionen in einen entsprechenden Maschinencode erfolgt in einem zweiten Schritt die eigentliche Fertigung (CAM). Der Fertigungsprozess wird meist durch eine Reinigung und die manuelle Aus- und Endbearbeitung wie Adaptieren oder Polieren abgeschlossen. Der Arbeitsablauf (Workflow; Abb. 1) ist bei der additiven Fertigung also ähnlich wie bei subtraktiven Verfahren (meist „Computerized numerical control“ (CNC)-Fräsen) gekennzeichnet durch die

- Digitalisierung der klinischen Situation (z. B. Scan intraoral oder im Labor),
- Gestaltung und Design des Objekts (CAD),
- Positionierung des Objekts, Umsetzung in die Fertigungsabläufe (CAD),
- digitale Fertigung (CAM).

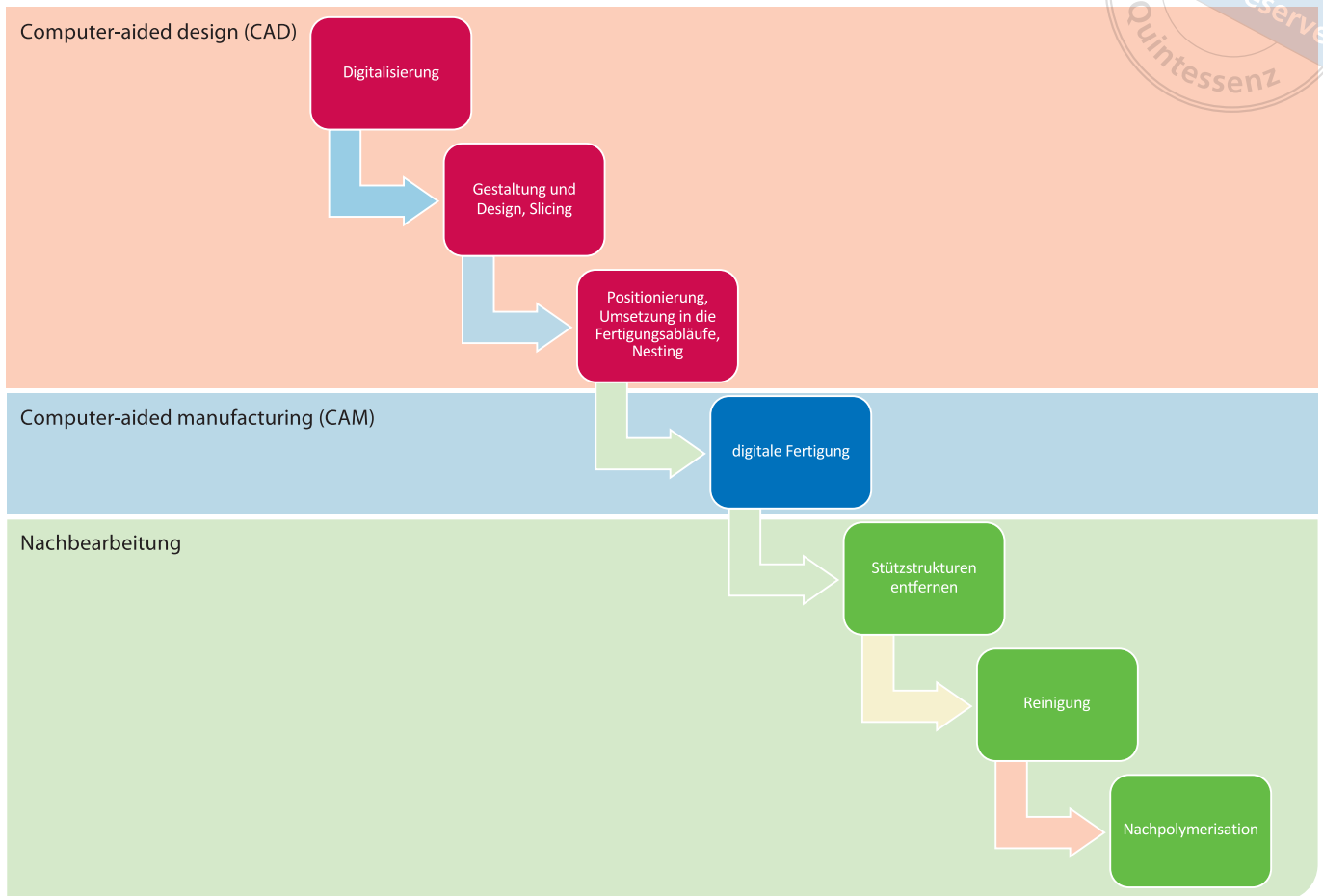
Die Software ermöglicht nicht nur, die Restauration zu designen und in Schichten aufzuteilen („Slicing“), sondern sie erleichtert auch, die Konstruktion zu platzieren und auszurichten sowie die Druckkapazität optimal auszunutzen („Nesting“). Darüber hinaus können die benötigten Stützstrukturen platziert und optimiert werden (Abb. 2), die verhindern, dass die noch nicht ausreichend stabile Konstruktion während des Drucks zusammenbricht. Das Stützdesign kann wie vom Programm vorgeschlagen übernommen oder individuell an die Konstruktion angepasst werden. Über die Softwaregestaltung kann der Materialverbrauch (Stützstrukturen, Hohl- oder Vollmodelle) beeinflusst werden.

Einfache und intuitive Programme helfen zur Druckvorbereitung. Die Daten der Konstruktions- und Nestingsoftware an die Fertigungseinheit können über WLAN oder USB transferiert werden.

## Unterscheidung von AF-Verfahren

Die 3-D-Druckverfahren unterscheiden sich danach, wie einzelne Schichten gefertigt werden. Die Schichten können prinzipiell aus

- einer Flüssigkeit polymerisiert (SLA-, DLP-, PolyJet-Verfahren ...)



**Abb. 1** Workflow der additiven Fertigung (AF).



**Abb. 2** Individueller Löffel mit Stützstrukturen [ZT: Ulrike Hiller; Foto: Anke Sauer].

- einer Schmelze extrudiert (ME-, FDM-Verfahren ...)
- einem Pulver gesintert (SLS-, „Binder jetting“-Verfahren ...) oder
- einzelnen Folien (Metall oder Kunststoff) laminiert (UAM, LOM) werden (Abb. 3).

Wird mit Harzen gearbeitet, kann zwischen einer Wannen-Polymerisation (VAT, das Harz wird in einer Wanne oder Schale bereitgestellt) oder einer Polymerisation mit einem Druckkopf (PolyJet, ähnlich Tintenstrahldrucker) unterschieden werden. Werden transparente Wannen verwendet, können große Harzmengen für eine Erstbefüllung vermieden werden.

Um das flüssige Harz in einen ausgehärteten Kunststoff zu überführen, be-

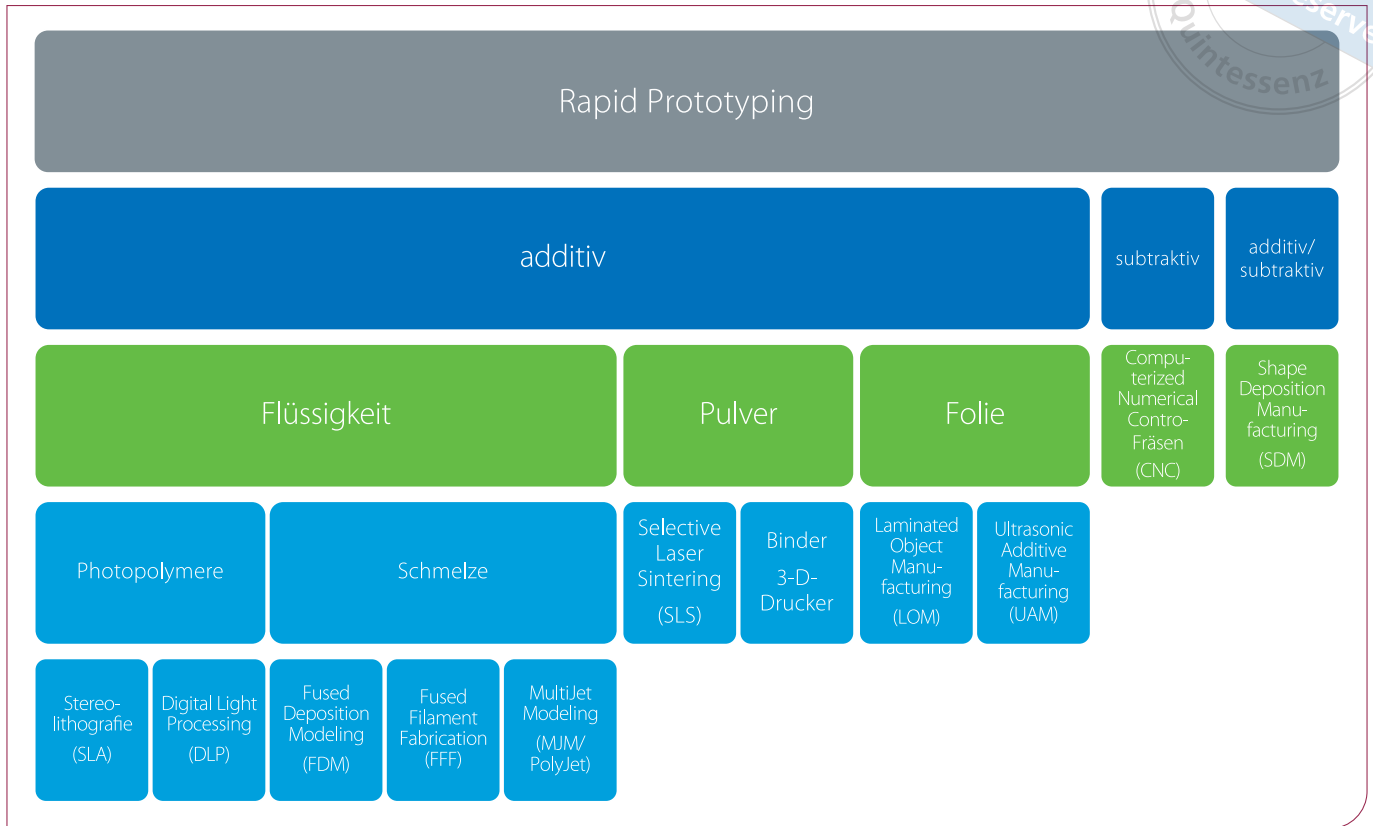


Abb. 3 Auswahl von additiven Verfahren.

sitzen die Drucker eine Lichtquelle (SLA: Laser, DLP: Projektor). Dabei unterscheiden sich die Geräte in der Anordnung der Lichtquelle, der Bauplattform oder des Harztanks. Es ist zudem möglich, die additive Fertigung mit subtraktiven Verfahren zu kombinieren („Shape deposition manufacturing“, SDM). In den jeweiligen Fertigungsverfahren sind weitere Unterscheidungen möglich. Diese sind in allgemeinen Normen und Standards definiert und festgelegt, wie DIN EN ISO/ASTM 52900, 52903 oder 52904 sowie in der VDI-Richtlinie 3405 beispielsweise für Metalle sowie Kunststoffe und Elastomere. Additive Fertigungsverfahren werden umgangssprachlich meist auch als 3-D-Druck- oder „Rapid prototyping“-Verfahren bezeichnet.

## Grundlagen

Die Qualität eines gedruckten Objekts kann durch die Auflösung (gemessen in DPI oder  $\mu\text{m}$ ) der Geräte sowohl bereits bei der Digitalisierung als auch in der Fertigung bestimmt werden. Die Geräteauflösung ist als die kleinstmögliche darstellbare reproduzierbare Einheit eines digitalen Fertigungsprozesses festgelegt. In additiven Verfahren wird sie in allen Raumrichtungen definiert. Die Auflösung in Z-Richtung ist vorgegeben durch die Dicke der einzelnen Schichten. Die Reproduzierbarkeit und Präzision eines Verfahrens definieren die Möglichkeiten eines Druckers, 3-D-Strukturen exakt und akkurat wiederholt herstellen zu können<sup>17</sup>.

Die Qualität des Druckobjekts wird also unter anderem bestimmt durch Geräteparameter und -einstellungen, wie die Auflösung des Druckers, die verwendete Software, den Typ (Geschwindigkeit, Inten-

sität) der Lichtquelle/Art der Polymerisation (Laser, Projektor), die Art und Ausrichtung der Stützstrukturen, die Ausrichtung beim Drucken oder die Anzahl der Druckschichten. Hohe Auflösungen bedingen oftmals niedrige Druckgeschwindigkeiten. Zudem spielen materialspezifische Komponenten wie der Typ und die Zusammensetzung des Materials (Photoinitiatoren, Pigmente, Füllstoffe, Viskosität), dessen Viskosität, die Schrumpfung, die Lagerung (Alterung) oder auch die Reinigung und Nachpolymerisation eine entscheidende Rolle. Die jeweiligen additiven Fertigungsverfahren charakterisieren sich durch die zu erreichende Qualität der Objekte und damit auch in der möglichen zahnmedizinischen Anwendung.

Wichtig ist, dass Drucker- und Druckparameter sowie Material optimal aufeinander abgestimmt sind. Nicht alle Drucker erlauben die Verarbeitung aller Werkstoffe. Einige Drucker bieten bediener-



**Abb. 4a und b** Kiefermodell mit (a) und ohne (b) Stützstrukturen, in horizontaler Ausrichtung gedruckt (ZT: Jennifer Weining; Foto: Anke Sauer).

freundliche Harz-Handhabungssysteme und die kontaktlose Materialerkennung und -zuordnung über „Radio-frequency identification“ (RFID). Der Einsatz von mehreren Wechselwannen und Kartuschensystemen (zum Beispiel Formlabs, Fa. Formlabs, Berlin) mit verschiedenen Materialien erscheint für den Anwender sinnvoll und ermöglicht ein breites Anwendungsspektrum und einen schnellen Wechsel zwischen den Werkstoffen.

## Unterschiede zwischen additiver und subtraktiver Fertigung

Vergleicht man additive und subtraktive Verfahren<sup>2</sup>, so zeichnet sich die additive Fertigung durch eine größere Freiheit bei der Gestaltung aus. Es können zum Beispiel Hinterschnitte oder geschlossene Objekte gefertigt werden, deren Fertigung subtraktiv nicht möglich wäre. Einzelne komplexe Bauteile wie Zahnersatz können daher mit diesen Verfahren mit relativ wenig Aufwand schnell und kostengünstig hergestellt werden, ohne dass Formen, Hilfsmittel oder Ähnliches benötigt werden. Sie können bei Bedarf schnell modifiziert (zum Beispiel Bissanpassung bei Schienen) oder bei Verlust oder Versagen neu gefertigt werden<sup>4</sup>.

Fertigungstechnisch sind zum Beispiel bei SLA sehr dünne Schichten von 15 bis 100 µm möglich, sodass es zu einer sehr guten Materialausnutzung kommt und bei sehr dünnen Schichten und einer daraus resultierenden glatten Oberfläche eine Nachbearbeitung auf ein Mindestmaß reduziert werden kann. Durch die einzelnen Schichten ist zudem prinzipiell die Option gegeben, Multimaterialstrukturen oder Gradientenwerkstoffe herzustellen, also zum Beispiel Farben oder sogar unterschiedliche Werkstoffeigenschaften (ähnlich Dentin oder Schmelz) in die Objekte einzubauen. Hier sind PolyJet-Systeme das Mittel der Wahl.

Die Geräte für die additive Fertigung sind meist einfacher aufgebaut als jene, die für subtraktive Techniken zum Einsatz kommen. Sie sind daher im Allgemeinen in der Anschaffung deutlich kostengünstiger. Da Materialien nicht abgetragen werden müssen, werden geringere Bearbeitungskräfte aufgebracht, wodurch einfachere und leichtere Baustrukturen möglich sind. Da nur Material für die Konstruktion und entsprechende Unterstützungsstrukturen verwendet wird, ist der Materialbedarf im Vergleich zur subtraktiven Fertigung geringer (Abb. 4).

Ein enormer Vorteil der additiven Fertigung ist, dass mehrere Restauratio-

nen gleichzeitig hergestellt werden können, wodurch eine wirtschaftlichere und schnellere Fertigung ermöglicht wird. Die Bauhöhe und die Plattformgröße definieren die Größe der zu druckenden Konstruktion. Die Baugeschwindigkeit (in mm/h, zum Beispiel bis zu 138 mm/h SolFlex 170, Fa. Voco, Cuxhaven) ist abhängig von Schichtstärke und Werkstoff. Die Druckrichtung (senkrecht vs. waagrecht zur Bauplattform) kann die mechanischen Eigenschaften der Konstruktion signifikant beeinflussen<sup>13</sup>.

Limitierende Faktoren der additiven Fertigung sind bisher oftmals dem Fertigungsprozess und teilweise den geringeren mechanischen Eigenschaften bei bestimmten Werkstoffklassen wie den polymeren Materialien geschuldet<sup>1</sup>. Im Vergleich zu subtraktiv bearbeitbaren polymerbasierten CAD/CAM-Werkstoffen, deren Rohlinge unter optimalen industriellen Bedingungen erstellt werden können, wirken sich zum Beispiel die geringeren Umsetzungsraten auf den Restmonomergehalt der additiv gefertigten Konstruktionen aus. Noch haben viele additiv gefertigte Objekte eine geringere Präzision<sup>12,14</sup>. Auch können sich Fehler in oder zwischen den einzelnen Schichten negativ auf die Stabilität des gesamten Objekts auswirken (Tab. 1).



**Tab. 1** Vor- und Nachteile der additiven Fertigung.

Pro	Contra
einfache Verfahren	geringe mechanische Eigenschaften
günstige Anschaffung	limitierte verfahrensabhängige Präzision
geringer Materialverlust, hohe Materialergiebigkeit	aktuell eingeschränkte Indikation für permanente Restaurationen
große Gestaltungsspielräume	Supportstrukturen
Farb- und Gradientenmaterialien möglich	Nachbearbeitung (Reinigung, Polymerisation)
mehrere Objekte gleichzeitig	teilweise nicht sichtbare Druckfehler in der Konstruktion
komplexe Strukturen möglich	

## Nachbearbeitung

Nach der additiven Fertigung müssen die nicht mehr benötigten Stützstrukturen entfernt werden; in den Stereolithografie-Verfahren muss die Restauration zudem als noch nicht final gehärteter „Grünkörper“ von überschüssigem Harz gereinigt werden. Das Ablösen der Restauration von der Druckplatte und den Stützstrukturen erfolgt oft händisch, mit Fräsen oder teilweise auch automatisiert mit einem Abschermesser (zum Beispiel ASM Funktion P30+ Cares, Fa. Straumann, Basel, Schweiz). Zur Reinigung werden meist Alkohole (Ethanol/Isopropanol) in speziellen Reinigungsbädern verwendet. Gelegentlich werden die gedruckten Objekte abgestrahlt. Teilweise erfolgt die Reinigung manuell, oft auch in mehreren Schritten oder automatisiert in nacheinander geschalteten Bädern (Waschstraße), Ultraschallbädern oder auch mit Zentrifugen<sup>10</sup>. Die Reinigungsmethode kann die Oberflächenbeschaffenheit, die mechanischen Eigenschaften sowie die Konversionsrate deutlich beeinflussen<sup>9</sup>. Abschließend müssen die Restaurationen trocknen, um dann nachpolymerisiert zu werden.

Zur Polymerisation kommen verschiedene Lichtquellen (LED, Halogen, Xenon) mit unterschiedlichen, auf die

Photoinitiatoren optimal abgestimmten Wellenlängen (zum Beispiel 385 nm oder 405 nm) zum Einsatz (Abb. 5). Moderne Lichtöfen (zum Beispiel Cera Print LEDcure, Fa. Kulzer, Hanau) bieten die Möglichkeit, bei erhöhten Temperaturen (bis zu 80 °C) oder zusätzlich in einer Schutzgasatmosphäre zu polymerisieren und somit den Polymerumsatz und damit unter anderem die mechanischen Eigenschaften weiter zu verbessern<sup>13</sup>.

Wie man aus der Zusammensetzung der Harzsysteme ableiten kann, sind nicht ausreagierte Druckmaterialien ähnlich wie andere dentale Methacrylate, Kunststoffe und Composite toxikologisch und aus Sicht der Biokompatibilität nicht ganz unbedenklich. Daher und auch um optimale Materialeigenschaften zu gewährleisten, sollte auf die Reinigung und Nachvergütung ein besonderes Augenmerk gelegt werden<sup>11</sup>. Eine Reparatur, Adaption und Individualisierung der gedruckten Konstruktion ist bei vielen methacrylatbasierten Druckharzen mit Methacrylaten oder Kompositen möglich<sup>7</sup>.

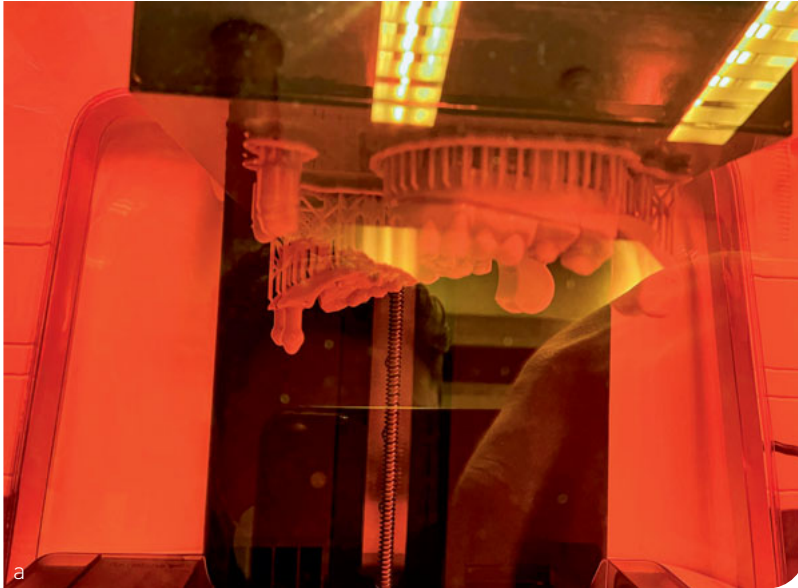
## Materialien

Für die FDM-Fertigung werden Thermoplaste (ABS, PC, PA, PEEK, POM, PVA) ähnlich wie für Spritzgießen oder die Ex-

trusion von Profilen eingesetzt, die durch Erwärmung druck- und formbar werden und nach dem Abkühlen in der gedruckten Form bleiben. Die meist deutlich teureren Druckmaterialien für SLA etc. sind Harzsysteme auf Epoxid- und in der Zahnmedizin meist Methacrylatbasis<sup>8,18</sup>. Abwandlungen dieser Methacrylatmonomere werden auch in der Biologie und Medizin eingesetzt. Die Harzmischungen bestehen ähnlich wie dentale Composite<sup>19</sup> aus verschiedenen Monomeren (wie Urethandimethacrylat, UDMA), die teilweise mit Füllstoffen versetzt werden, um die Eigenschaften zu verbessern oder die Polymerisationsschrumpfung zu reduzieren.

Die für den Druck erforderliche Viskosität des Harzes begrenzt allerdings die Art und den Anteil an Füllstoffen und die Auswahl der Monomere. Zur Verdünnung werden beispielweise niedrigviskose Monomere wie Triethylenglykoldimethacrylat (TEGDMA) verwendet. Die Viskosität kann durch beheizbare Wannen oder Druckköpfe optimiert werden.

Einige Harzmischungen neigen zur Sedimentierung, das heißt Bestandteile wie Füllstoffe setzen sich ab; sie müssen daher vor der Anwendung geschüttelt oder aufgerührt werden<sup>21</sup>. Die Zugabe von Photoinitiatoren (Trimethylbenzoyl-diphenyl-phosphine-oxide, TPO; Ivocerin) ermöglicht die Lichtpolymerisation (Polymerisation nach Norrish Typ I/II) der Harze mit der Lichtenergie der entsprechenden Wellenlänge, ähnlich wie bei Füllungskompositen. Die Polymerisation von ungefüllten Harzen und Harzen ohne Stabilisatoren ist dabei von der Menge der Photoinitiatoren, der Wellenlänge des Lichts und dem molaren dekadischen Extinktionskoeffizienten abhängig. Um genügend Lichtenergie für eine ausreichende Polymerisation bereitzustellen, müssen Schichtstärken und Menge der Füllstoffe angepasst sein<sup>20</sup>. Inhibitoren unterbinden, ähnlich wie die lichtundurchlässigen Gebinde, eine vorzeitige Reaktion der Harze.



**Abb. 5a und b** Verschiedene Modelle im Drucker und Lichtofen (ZT: Markus Lenhardt).



**Abb. 6** Gedrucktes Brückenprovisorium vor der Versäuerung (ZT: Markus Lenhardt).



**Abb. 7** Fehldruck eines Modells: durch das Lösen des Modells von der Bauplattform entstandene Verzerrungen und ein Einriss (ZT: Jennifer Weininger; Foto: Anke Sauer).

## Anwendungen

Die Anwendungsmöglichkeiten der additiven Fertigung in der Zahntechnik und Zahnmedizin sind sehr vielfältig. Eine indikationsbezogene Unterscheidung ist anhand der Einsatzdauer möglich. Mit 3-D-Druck Verfahren werden derzeit in der Zahnmedizin und Zahntechnik hauptsächlich Objekte hergestellt, die nicht direkt im Mund eingesetzt werden dürfen. Hierzu gehören

- Lehr- und Lernmodelle, zum Beispiel aus DVT-Daten, oder Polymerzähne zur Übung von endodontischen Behandlungen,

- Wax-up, ausbrennbare Modellationen mit Gusskanälen,
- Modelle in verschiedenen Qualitätsstufen mit Anforderungen an die Dimensionstreu, Kantenstabilität und Schrumpfung (teilweise mit herausnehmbaren Stümpfen oder Meistermodelle) mit Gingivamasken.

Aktuell bietet sich eine Vielzahl von Systemen für eine kurzzeitige klinische Anwendung an:

- individuelle Abformlöffel (Tray, Basis für die Bissnahme),
- „Try-in“-Restaurationen für die funktionelle und ästhetische Einprobe,

- Klebeschienen für die direkte Klebetechnik,
- Implantat-Bohr- bzw. Navigationsschablonen (geführte Schienen mit und ohne Hülsen),
- Bissregistrare.

Mittel- bis langfristige Anwendungen für den Einsatz additiv gefertigter Objekte sind:

- Aligner-/modelle zur kieferorthopädischen Behandlung,
- Schutzschienen (Bruxismus, Sport),
- Funktionsschienen,
- temporäre Restaurationen (Abb. 6).

Systeme für den langfristigen permanenten Einsatz sind:

- Prothesenbasen,
- Prothesenzähne
- Teil- und Vollprothesen (auch in kombinierter CAD/CAM-Fertigung gefräst und gedruckt),
- definitive Restaurationen (Kronen und Brücken),
- Einfärben von Zirkonoxidrohlingen.

Wie bei allen Fertigungsverfahren kommt es auch bei der additiven Fertigung immer wieder zu Fehlern oder Fehldrucken (Abb. 7). Als Anwender sollte man sich hierdurch nicht entmutigen lassen, denn die Lernkurve ist steil und der Erfolg rechtfertigt den Aufwand.

## Literatur

- Alharbi N, Osman R, Wismeijer D. Effects of build direction on the mechanical properties of 3D-printed complete coverage interim dental restorations. *J Prosthet Dent* 2016;115:760–767.
- Berli C, Thieringer FM, Sharma N et al. Comparing the mechanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices. *J Prosthet Dent* 2020;124:780–786.
- Dawood A, Marti Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J* 2015;219:521–529.
- Javaid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. *J Oral Biol Craniofac Res* 2019;9:179–185.
- Jockusch J, Özcan M. Additive manufacturing of dental polymers: An overview on processes, materials and applications. *Dent Mater J* 2020;39:345–354.
- Kessler A, Reymus M, Hickel R, Kunzelmann KH. Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dent Mater* 2019;35:1805–1812.
- Li P, Krämer-Fernandez P, Klink A, Xu Y, Spintzyk S. Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater* 2021;114:104227.
- Ligon SC, Liska R, Stampfl J, Gurr M, Mülhaupt R. Polymers for 3D printing and customized additive manufacturing. *Chem Rev* 2017;117:10212–10290.
- Mayer J, Reymus M, Wiedenmann F, Edelhoff D, Hickel R, Stawarczyk B. Temporary 3D printed fixed dental prosthesis materials: Impact of post printing cleaning methods on degree of conversion as well as surface and mechanical properties. *Int J Prosthodont* 2021;34(6):784–795.
- Mayer J, Stawarczyk B, Vogt K, Hickel R, Edelhoff D, Reymus M. Influence of cleaning methods after 3D printing on two-body wear and fracture load of resin-based temporary crown and bridge material. *Clin Oral Investig* 2021;25(10):5987–5996.
- Mayinger F, Reymus M, Liebermann A et al. Impact of polymerization and storage on the degree of conversion and mechanical properties of veneering resin composites. *Dent Mater J* 2021;40:487–497.
- Moon W, Kim S, Lim BS, Park YS, Kim RJY, Chung SH. Dimensional accuracy evaluation of temporary dental restorations with different 3D printing systems. *Materials (Basel)* 2021;14:1487.
- Reymus M, Fabritius R, Keßler A, Hickel R, Edelhoff D, Stawarczyk B. Fracture load of 3D-printed fixed dental prostheses compared with milled and conventionally fabricated ones: The impact of resin material, build direction, post-curing, and artificial aging – An in vitro study. *Clin Oral Investig* 2019;24:701–710.
- Reymus M, Hickel R, Keßler A. Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: Milling vs 3D printing. *Clin Oral Investig* 2020;24:4607–4615.
- Revilla-León M, Meyer MJ, Zandinejad A, Özcan M. Additive manufacturing technologies for processing zirconia in dental applications. *Int J Comput Dent* 2020;23:27–37.
- Revilla-León M, Özcan M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and potential application in prosthetic dentistry. *J Prosthodont* 2019;28:146–158.
- Revilla-León M, Sadeghpour M, Özcan M. An update on applications of 3D printing technologies used for processing polymers used in implant dentistry. *Odontology* 2020;108:331–338.
- Rosentritt M, Ilie N, Lohbauer U. *Werkstoffkunde in der Zahnmedizin. Moderne Materialien und Technologien.* Stuttgart: Thieme, 2018.
- Rosentritt M, Kieschnick A, Stawarczyk B. *Werkstoffkunde-Kompodium Polymerbasierte CAD/CAM-Werkstoffe.* iBook. Berlin: Annett Kieschnick, 2018.
- Taormina G, Sciancalepore C, Messori M, Bondioli F. 3D printing processes for photocurable polymeric materials: Technologies, materials, and future trends. *J Appl Biomater Funct Mater* 2018;16:151–160.
- Yun JS. Development of ceramic-reinforced photopolymers for SLA 3D printing technology. *Applied physics A* 2016;122:1–6.

*Erstveröffentlichung in der Quintessenz Zahntechnik 8/2021.*



**Prof. Dr. Martin Rosentritt**  
 Universitätsklinikum Regensburg (UKR)  
 Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
 Franz-Josef-Strauss-Allee 11  
 93042 Regensburg  
 Tel.: 0049-941/944-6054  
 E-Mail: Martin.rosentritt@ukr.de

**Annett Kieschnick**  
 Freie Fachjournalistin  
 Helmholtzstraße 27  
 10587 Berlin  
 E-Mail: ak@annettkieschnick.de

**Prof. Dr. Bogna Stawarczyk**  
 Klinikum der Universität München (LMU)  
 Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
 Goethestraße 70  
 80336 München  
 E-Mail: bogna.stawarczyk@med.uni-muenchen.de

# Okklusionsbehelfe 2024: Gefräst oder gedruckt?

In unseren Praxen begegnen wir in sehr hohem Maße Patienten/-innen, die über nächtliches Zähneknirschen und Pressen klagen. Ohne auf die vielfältigen Ursachen und Diagnosemöglichkeiten näher einzugehen, ist häufig die zuerst ergriffene Maßnahme auch jene, nach der die Patienten/-innen direkt fragen und verlangen: die Schiene.

Die gesetzlichen Kassen geben in den verschiedenen Bundesländern unterschiedliche Zuschüsse zu diesen Behandlungen, manchmal nicht an das Ergebnis, sondern die Herstellungsweise gekoppelt: abhängig davon, ob eine analoge Kieferabformung oder ein sogenannter 3-D-Scan vorliegt, der die Grundlage für eine digital hergestellte Schiene ist. Neben herausnehmbaren Zahnersatz sind Schienen Werkstücke, die meist aus Kunststoffen entweder gestreut, gefräst oder inzwischen zunehmend im Druckverfahren hergestellt werden.

## Digitales Modell als Bedingung

Grundvoraussetzung für gefräste und gedruckte Schienen ist, dass der Kieferabdruck in digitaler Form vorliegt, am besten als Intraoralscan. Sehr viele auf dem Markt befindliche Hochleistungsscanner liefern die notwendige Genauigkeit. Die Konstruktionsbissnahme kann nach klinischem Vorgehen hierbei ebenfalls digital erfasst werden. Sofern die Abformung analog erfolgt, muss das Gipsmodell im Labor digitalisiert werden. Meines Erachtens ist in den allermeisten Fällen in einem Praxislabor die entsprechende Ausstattung vorhanden, allein der Fach-



Abb. 1 Gefräste Schiene.

kräftemangel hat die Digitalisierung und damit wirtschaftlichere Herstellung notwendig gemacht.

## Computer-aided design führt zu Computer-aided manufacturing

Aus den Scandateien wird das CAD-Design für die Schienen erstellt. Vielfach ist es der gleiche CAM-Datensatz, der wahlweise über eine sogenannte Slicer-Software und ein Nesting zum 3-D-Druck führt oder aber zur Fräseinheit.

Gefräste Schienen werden in unserer Praxis seit etwa 7 Jahren routinemäßig hergestellt und erfolgreich mit sehr guter Passung eingesetzt. Sie werden mit einer Fräsmaschine aus PMMA-Ronden (Polymethylmetacrylat) gefräst und müssen anschließend in mehreren Schritten poliert werden.

Wesentlich geringere Erfahrung haben wir mit unserem „Digital light processing“ (DLP)-Drucker, bei dem Resine

die Grundlage für die Produktion sind. Dieses DLP hat durchaus Vorteile: ein geringerer Instrumentenverschleiß, weniger Materialkosten, günstigere Anschaffungskosten des Gerätes im Vergleich zu einer Fräsmaschine und eine Vielfalt an unterschiedlich harten Materialien. Auch das manuelle Nachbearbeiten ist in sehr kurzer Zeit mit wenig Aufwand geschehen.

Als Nachteile nehme ich im Moment die sehr spärliche Datenlage an Untersuchungen zu dreidimensional gedruckten Schienen wahr, sowie daraus resultierend fehlende Langzeitstudien. Das Herstellungsverfahren ist zuweilen sehr techniksensitiv, da die Ergebnisse stark abhängig von einer Vielzahl an Details bei der Herstellung sein können.

## 3-D-Druck ist techniksensitiv

Wenn die für das Drucken benötigten Resine offen vorliegen und händisch in die Druckerwanne gegossen werden

müssen, sind eine Reihe arbeitsmedizinischer Voraussetzungen zu beachten. Häufig sind das Nachbearbeiten im Anschluss an den eigentlichen Druck, der Waschvorgang und das Lichthärten ebenfalls sehr zeitintensiv. Gerade das Postprocessing ist aber entscheidend für die Qualität des Endproduktes (Medizinprodukt-Klasse IIa). Beschäftigt man sich genauer mit diesem Thema, so lassen sich für einige Resine durchaus Tabellen finden, aus denen die Freigabe der Geräte hervorgehen, mit denen sie gedruckt und insbesondere nachbearbeitet werden dürfen. Mit anderen Worten: Nicht jedes Resin darf mit jedem Gerät verarbeitet werden, um ein Medizinprodukt zu sein. Aus diesen Gründen kann ein geschlossener Workflow vorteilhaft sein, wie er von einigen wenigen Herstellern angeboten wird. Hier liegt das Resin in einer Kartusche vor, das Nesting auf der Druckerplattform für die optimale Druckqualität wird per Software eingestellt und der Nachhärteprozess wird ebenfalls durch die angeschlossene „Postprocessing unit“ zeitlich unveränderbar gemacht. Der ganze Prozess kann in normal belüftetem Raum ohne Schutzausrüstung durchgeführt werden.

## Ergebnisse

Neuere Studien legen nahe, dass die Endresultate der Werkstücke durchaus unterschiedlich sind, vor allem hinsichtlich ihrer Abnutzung während der erforderlichen Tragedauer. Daraus resultierend lässt sich eine ebenfalls nicht zu unterschätzende Belastung von Restmonomeren vermuten. Eine Reihe von Untersuchungen nehmen durchaus den Vergleich zwischen den beiden Herstellungsverfahren des Fräsens versus den Druck vor. Diese kommen mehrheitlich zu dem Ergebnis, dass gefräste Schienen im Kausimulator länger standhalten. Allerdings sind die zu Grunde gelegten drei-

dimensional gedruckten Schienen höchst unterschiedlich hergestellt. Denn auch im Vergleich innerhalb der 3-D-Druckvarianten gibt es Variablen, die sehr stark die Endqualität beeinflussen. Vor allem der Restmonomergehalt ist bedingt durch die Positionierung auf der Bauplattform und das Postprocessing unterschiedlich hoch. In-vivo-Untersuchungen sind nach dem Wissen der Autorin noch nicht publiziert.

## Klinische Überlegungen

Durch die wirtschaftliche Form der Herstellung sind einige sehr interessante Überlegungen möglich, die die Autorin mit ihren Co-Therapeuten/-innen besprochen hat:

Gibt es Phasen bei CMD-Patienten, in denen eine weichere Schiene einer harten überlegen ist? Gute Manualtherapeuten/-innen geben die Empfehlung ab, härtere Aufbissbehelfe dann zu verwenden, wenn die Problematik massiver ist. Vielen Patienten/-innen ist jedoch das Tragegefühl bei härteren Produkten fremd und sie verlangen gerne nach weicheren Schienen. Gerade in der Phase der Konsolidierung könnte ein Wechsel zwischen den unterschiedlich harten Schienen hilfreich sein, der durch die preisgünstigere Herstellung auch eine Behandlung sinnvoll ergänzt.

*Quellen können bei der Autorin abgefragt werden.*



**Dr. Gertrud Fabel**

M.Sc. Clinical Dental  
CAD/CAM

E-Mail: [dr.gertrudfabel@gmail.com](mailto:dr.gertrudfabel@gmail.com)

# Kennen Sie schon unsere Newsletter?

Für **Newsjunkies** und Neugierige, **Fortbildungswillige** und Wissenshungrige, Newbies und alte Hasen, Einkaufs-Champions und **Schnäppchenjäger**. Bleiben Sie mit uns auf dem neuesten Stand in Zahnmedizin und Zahntechnik! Melden Sie sich jetzt an – unverbindlich, **kostenlos**, jederzeit kündbar.



QUINT.LINK/  
NEWSLETTER

**permadental**<sup>®</sup>  
Modern Dental Group

PERMADENTAL.DE  
0 28 22 - 71330

Copyright by  
all rights reserved



# INSPIRATION UND INFORMATION

Der neue 56-seitige Zahnersatzkatalog für Behandler und Praxismitarbeiter



Bestellen Sie sich Ihr kostenloses Exemplar des neuen Kataloges als Printversion oder E-Paper  
[www.permadental.de/zahnersatz\\_von\\_a-z](http://www.permadental.de/zahnersatz_von_a-z)  
02822-71330-22 | [kundenservice@permadental.de](mailto:kundenservice@permadental.de)

WEIT MEHR ALS NUR KRONEN UND BRÜCKEN

# Neues aus dem Vorstand

Liebe Dentistas!

Zu Beginn des Jahres haben sich unsere Vorstandsmitglieder zu einer Klausurtagung in Berlin getroffen. Gemeinsam haben wir auf Erreichtes zurück geschaut und neue Projekte entwickelt. Ein wichtiges Thema für die Zukunft wird die Niederlassung sein. Wir planen einen Gründungspreis zu verleihen und auch Workshops zu dem Thema in den verschiedenen Regionalgruppen zu veranstalten. Die entsprechenden Formate hierzu, die für alle Seiten einen ehrlichen und offenen Austausch zur Selbstständigkeit – ohne wirtschaftliche Interessen – ermöglichen sollen, entwickeln wir derzeit gemeinsam mit unseren Paten und Partnern. Hier sollen auch junge Gründerinnen zu Wort kommen, um von ihren Erfahrungen zu berichten und Kolleginnen Tipps und Hilfestellungen an die Hand geben.

Wir sind als Verbandsvorstand sehr stolz auf unser wachsendes Netzwerk. Im letzten Jahr haben wir sehr viele neue Mitglieder begrüßen dürfen. Dieses Wachstum und den offensichtlich bestehenden Bedarf der Kolleginnen am Austausch nehmen wir zum Anlass, Mitte September mit dem Zahnärztinnen Netzwerk unter dem Motto „Gemeinsam stärker!“ einen Abend unter Kolleginnen zu gestalten.

„Mehr Power von :innen“ wird uns auch weiterhin begleiten und wer Lust hat, kann diesen Spirit – neben dem dentista:kongress, der am 27. und 28. April in Berlin stattfindet und Euch ein spannendes Vortrag- und Workshopangebot bietet – auch auf einer Schiffsreise erleben: Wir sind vom 1. bis zum 5. September bei den Praxis Days von Dental on



Klausurtagung des Dentista Vorstands im Januar in Berlin.

Tour mit an Bord. Hier habt ihr die Gelegenheit, unseren Beirat Thomas Kirches, unser Mitglied Dr. Anne Heinz und mich kennenzulernen und mit uns ins Gespräch zu kommen.

Wir freuen uns auf das Jahr und hoffen, viele von Euch persönlich bei unseren Veranstaltungen zu treffen!



Eure  
Dr. Rebecca Otto

Dentista bedankt sich für die Unterstützung der Verbandsarbeit herzlich bei seinen Paten:



## Neumitglied



Jetzt Mitglied werden!



Herzlich willkommen! Unser neues Dentista-Mitglied Bernadette Barthel, Gründerin der Familienzahnarztpraxis bernadent in Worbis (Thüringen), ist passionierte Zahnärztin und Mutter. Wir haben sie zu den Beweggründen für ihren Beitritt befragt.

mehr power  
von :innen!

### Wie bist Du auf uns aufmerksam geworden?

Den ersten Kontakt zu Dentista hatte ich bereits im Studium. Durch meine Leidenschaft - der Kinderzahnheilkunde - bin ich an der inspirierenden und engagierten Präsidentin Rebecca Otto nicht vorbeigekommen. Sie hat mein Interesse an der Standespolitik angeregt.

### Warum hast Du Dich für eine Mitgliedschaft in unserem Verband entschieden?

Ich strecke gerade meinen kleinen Zeh in die große See der Standespolitik und hoffe, mein Engagement peu à peu einbringen zu können. Hierbei sehe ich meine aktuellen Qualitäten in der Aus- und Weiterbildung.

### Welche Erwartungen hast Du an Deine Mitgliedschaft?

Ich finde die Fortbildungsthemen von Dentista unfassbar ansprechend und erhoffe mir, durch die Mitgliedschaft inspirierende und anspornende Kontakte zu knüpfen und fundiertes Wissen zu sammeln, um meiner Rolle als Führungspersönlichkeit und Zahnärztin immer neue Herausforderungen und Impulse zu liefern.

## Dentista-Akademie

In der Dentista-Akademie stellen wir Fortbildungsangebote von Mitgliedern und Akademiepartnern vor. Weitere Veranstaltungstipps gibt es unter [www.dentista.de/veranstaltungen](http://www.dentista.de/veranstaltungen).

### GZM Kongress – Mensch und Mund

Die Schleimhäute übernehmen eine wichtige Schutzfunktion im Körper. Um die Mund- und Gesamtgesundheit zu erhalten, ist eine intakte Präsenz des Immunsystems an diesen Grenzflächen von entscheidender Bedeutung. Dieser wird mit der zweieinhalbtägigen Präsenz-Tagung des GZM e. V. mit dem Titel „Schleimhaut – Die Schutzpatronin des Körpers“ in Lindau in der Inselhalle Rechnung getragen.

**Termin:** 3.-5. Mai 2024

**Infos & Anmeldung:** [www.gzm-kongress.com](http://www.gzm-kongress.com)

### DGÄZ: Sylter Symposien 2024

Auch in 2024 bietet die DGÄZ ein hochkarätiges Fortbildungsprogramm in angenehmer Atmosphäre. Mit namhaften Referenten/-innen erwartet die Teilnehmer/-innen ein Programm, das alle Facetten der ästhetischen Zahnmedizin abdeckt: von der ästhetischen Kompositfüllung über endodontische und implantatprothetische Maßnahmen bis hin zur Anwendung von Aligner-Therapien. Erneut wird es parallel ein zweites Symposium geben, welches ganz anders geartete, aber ähnliche Spannungsfeld von Ästhetik und Funktion beleuchtet – die interdisziplinäre Behandlung von Dysgnathien, besonders interessant für Kieferorthopäden/-innen und MKG-Chirurgen/-innen.

**Dentista Mitglieder erhalten 10 % Rabatt auf die Teilnehmergebühren.**

**Termin:** 8.-11. Mai 2024

**Infos & Anmeldung:** [www.sylt2024.dgaez.de](http://www.sylt2024.dgaez.de)





## DAISY: Frühjahrsseminar 2024 auf Sylt

DAS DAISY-Team hilft beim Aufräumen und Ordnung schaffen, ganz im Sinne eines „Frühjahrsputzes 2024“, damit die Teilnehmer/-innen den Überblick behalten und mehr Zeit für das Wesentliche gewinnen: Für die Behandlung ihrer Patienten/-innen! Eine erfolgreiche Praxis lebt aber nicht von den erbrachten Leistungen, sondern von dem, was sie abrechnet. Deshalb sollte das zahnmedizinische Können und das Wissen um eine perfekte Dokumentation und Abrechnung immer up to date sein. Das Seminar bietet wertvolles und praxisnahes Expertenwissen, gepaart mit maximaler Professionalität und einem Hauch von Leichtigkeit.

**Termin:** 10. Mai 2024, 9:00–16:30 Uhr

**Infos & Anmeldung:** <https://www.daisy.de/portfolio/fortbildung/aktuelle-themen/details/195.html>

## DentBeratung: PraxisGründer-Seminare auf Mallorca

In den beliebten Seminaren unseres Beirats für Praxisgründung und -abgabe Thomas Kirches (DentBeratung) erwartet die Teilnehmer/-innen ein umfangreiches Programm mit nahezu allen Themen rund um die Erfüllung des Traums von der eigenen Praxis, kompetent und kurzweilig vermittelt von namhaften Referenten/-innen.

**Termin:** 23.–26. Mai 2024 sowie 26.–29. September 2024

**Infos & Anmeldung:** [www.dentberatung.de](http://www.dentberatung.de)

## IFG: Dental Summer

In Timmendorfer Strand findet vom 19. bis 22. Juni 2024 der 15. Dental Summer unseres Kooperationspartners IFG statt. Neben hochwertigen Vorträgen renommierter und junger Referenten/-innen spielt das Umfeld eine prägende Rolle und gehört zum „Kult“ – hier werden Fortbildung und Freizeit auf perfekte Weise in Einklang gebracht. Auch Dentista ist wieder mit dabei, wir freuen uns auf das Event und den Austausch an unserem Stand.

**Infos & Anmeldung:** [www.dentalsummer.de](http://www.dentalsummer.de)

## Komet Dental: EndoFIT Kursangebot

Das Angebot von Produkten am Markt ist bisweilen undurchsichtig. Hier setzen die EndoFIT Kurse an, in denen den Teilnehmer/-innen step by step gezeigt wird, mit welchen Instrumenten aus dem Sortiment unseres Paten Komet die einzelnen Schritte der Wurzelkanalbehandlung schnell, effizient und si-

cher durchgeführt werden können. Dentista Mitglieder erhalten 20 % Rabatt auf die Kursgebühren.

**Infos, Orte & Termine:** <https://endofit.azurewebsites.net>



## Dental on Tour: Praxis Days

Vom 1. bis 5. September 2024 gestaltet Dentista als Partner von Dental on Tour die Praxis Days mit. Hier erwartet Euch ein Praxisausflug mit Eurem Team der besonderen Art in Form eines Kurztrips nach Kopenhagen und Oslo mit Fortbildungsprogramm auf hoher See. Als Topspeaker sind Dentista-Präsidentin Dr. Rebecca Otto, unser Beirat für Praxisgründung und -abgabe Thomas Kirches (DentBeratung) sowie Dr. Anne Heinz mit an Bord.

**Infos & Anmeldung:** <https://dental-on-tour.de/reisen/praxis-days>

## Gemeinsam stärker: Dentista & Zahnärztinnen Netzwerk laden ein

Gemeinsam schaffen wir mehr als jede für sich. Und weil dem so ist, laden Dentista und das Zahnärztinnen Netzwerk zu einem Netzwerkabend der anderen Art ein: beim Abendessen mit Kolleginnen aus ganz Deutschland und Vertreterinnen aus der Landespolitik. Gemeinsam erfahren wir mehr über die aktuellen Trends und Herausforderungen in der Zahnmedizin und suchen nach Lösungsansätzen für die Themen von Morgen.

**Termin:** 13. September 2024, ab 19 Uhr

**Ort:** Hyperion Hotel München, Truderinger Str. 13, 81677 München

**Infos & Anmeldung:** <https://zahnaerztinnen-netzwerk.com/kongress-2024>



# dentista:kongress 2024: Gegenseitig stärken – gemeinsam wachsen

Wir laden Euch herzlich ein zu unserem dentista:kongress, der am 27. und 28. April 2024 in Berlin stattfindet. Der Kongress ist wie immer geprägt durch einen interaktiven Charakter und durch seine familiäre Atmosphäre. Die Teilnehmer/-innen erwartet auch in diesem Jahr wieder ein informatives und abwechslungsreiches Programm mit spannenden Vorträgen und attraktiven Workshops.

Die zahnärztliche Praxis bedeutet längst mehr als nur die Versorgung von Zähnen – sie ist ein Balanceakt zwischen zahnmedizinischer Patientenversorgung auf höchstem Niveau und erfolgreicher Praxisführung durch unternehmerische Kompe-

tenz. Die aktuellen wirtschaftlichen Herausforderungen machen die niedergelassene Praxis zu einem spannenden, aber auch dynamischen Feld: Abrechnung, Finanzen, Praxismanagement und Praxismarketing auf der einen Seite und Patientenmanagement und regulatorische Anforderungen auf der anderen Seite. Mit unserem dentista:kongress unter dem Slogan „Gegenseitig stärken – gemeinsam wachsen“ bieten wir Euch ein Vortragsprogramm, um die Praxis erfolgreich zu führen und gleichzeitig die hohe Qualität der zahnmedizinischen Versorgung zu erhalten.

## Vorträge am 27. April 2024 (9–17 Uhr)

### Deine eigene Praxis – Trau dich zu träumen

Dr. Anne Heinz

### Warum sollte man in der jetzigen Zeit eine eigene Zahnarztpraxis gründen?

Thomas Kirches (DentBeratung)

### Cloud-basiertes Arbeiten für mehr Effizienz

Sabine Zude (CGM Dentalsysteme)

### Digitale Zahnmedizin von Einstieg bis Zukunftsvisionen

Dr. Henriette Lerner

### Orale Restriktionen

ZÄ Anita Beckmann

### Funktionelle Kieferorthopädie

Dr. Annette Wiemann

### Materialwirtschaft – immer gut versorgt

Dr. Markus Heckner (AERA EDV-Programm GmbH)

### Insights and Learnings with Ceramic Implants

Prof. Etyene Schnurr, PhD (SDS Swiss Dental Solutions AG)

### Keynote: Genial vital! Wer seinen Körper kennt, bleibt länger jung

Dr. Yael Adler

## Workshops am 28. April 2024 (9–12:30 Uhr)

### Block 1

#### (Ge)Recht: Arbeitsverträge verstehen und gestalten: Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz

RAin Nadine Ettling (Lyck+Pätzold. healthcare.recht)

#### Moderne Hart- und Weichgewebeaugmentationen

Dr. Henriette Lerner & Devemed GmbH

### Block 2

#### Einstieg, Übernahme und Neugründung – Finde Deinen Weg

Thomas Kirches (DentBeratung)

#### Kostenerstattung – Gesetzlich versichert aber trotzdem Privatpatient?

Sandra Abraham (DAISY Akademie + Verlag GmbH)

Die Teilnehmerinnen können sich aus jedem Block einen Workshop aussuchen und so ihren Kongress individuell gestalten.

**Fortbildungspunkte**

Für die Teilnahme am Hauptprogramm (27.04.) erhalten die Teilnehmer/-innen 8 Fortbildungspunkte, für die Workshops (28.04.) werden zusätzlich 4 Fortbildungspunkte vergeben.

**Location**

Der dentista:kongress 2024 findet im schönen Ballsaal des TITANIC Hotels am Gendarmenmarkt in Berlin statt.

Unter dem Stichwort „Dentista“ steht bei Buchungen bis zum 26. März 2024 ein Zimmerkontingent zur Verfügung (EZ 189 EUR, DZ 219 EUR). Reservierungen bitte per Mail an [reservations.tgb@titanic-hotels.de](mailto:reservations.tgb@titanic-hotels.de).

Wir bedanken uns bei unseren Paten und Kooperationspartnern herzlich für die Unterstützung!

**Infos & Anmeldung:**

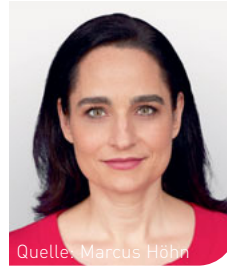
[www.dentista.de/dentista-kongress](http://www.dentista.de/dentista-kongress)

**Wissenschaftspreis 2024**

Alle zwei Jahre zeichnet Dentista eine Publikation eines Mitglieds aus, die sich fundiert mit dem Geschlechter-Shift im Berufsstand und den daraus resultierenden Veränderungen befasst. Dazu zählen Arbeiten, die sich Fragestellungen in Bezug auf den steigenden Anteil der weiblichen Zahnärzte widmen und neue Erkenntnisse mit Relevanz für die demografische Entwicklung im Berufsstand liefern. Die Ausschreibung für den mit 1.000 EUR dotierten Wissenschaftspreis 2024 läuft noch bis zum 31. März, die Verleihung findet beim dentista:kongress am 27. April 2024 in Berlin statt.

**Weitere Infos zur Einreichung:**

[www.dentista.de/wissenschaftspreis](http://www.dentista.de/wissenschaftspreis)



Quelle: Marcus Höhn

Wer seinen Körper kennt, kann optimal für seine Vitalität, Energie und Langlebigkeit mit hoher Lebensqualität sorgen. Im Vortrag „Genial vital!“ begleiten wir Bestsellerautorin und Dermatologin Dr. Yael Adler auf einer Reise durch unsere Zellen, Organe und den ganzen Körper. Auf dem neuesten

Stand der Wissenschaft erklärt sie, welche Prozesse ablaufen, während wir langsam älter werden und was das medizinisch bedeutet. Dabei erhalten die Teilnehmer/-innen wertvolle praktische Tipps, wie schon ganz einfache Veränderungen dazu führen können, frischer und gesünder durch den Alltag zu gehen. Denn das beste Alter ist immer jetzt.



Im Vortrag „Deine eigene Praxis – Trau dich zu träumen“ erleben die Teilnehmer/-innen die faszinierende Geschichte einer Kinderzahnarztpraxis mit einem etwas ungewöhnlichem Konzept.

Trotz anfänglicher Skepsis von vielen Seiten entstand durch den Glauben der Gründerin Dr. Anne Heinz eine von Deutschlands bekanntesten Kinderzahnarztpraxen. Der Vortrag beleuchtet nicht nur die Erfolge, sondern auch die Höhen und Tiefen, Fehler als Lernchancen und die Überwindung von Hindernissen als Team. Eine fesselnde Geschichte, die Mut macht, inspiriert und dazu ermutigt, eigene Träume zu verfolgen. Seid gespannt auf eine mitreißende Präsentation über die Kraft des Träumens und des mutigen Handelns.



Der Mensch wird von Stimmungen getrieben. Aktuell liest und hört man viel in den „Sozialen Medien“, was alles rund um die eigene Zahnarztpraxis schlecht ist. Dabei gibt es so viele wunderschöne Aspekte an der zahnärztlichen Niederlassung. Im Vortrag von Thomas Kirches (DentBeratung)

geht es nicht darum, Rahmenbedingungen schönzureden, sondern diese in einem anderen Blickwinkel zu sehen und den berechtigten Mut zu fassen, den Weg zur eigenen Zahnarztpraxis zu gehen.



# 19. Dentalkongress: Wir l(i)eben Zahnmedizin! Gemeinsam wachsen für die Zukunft



Unter dem Titel „Wir l(i)eben Zahnmedizin! Gemeinsam wachsen für die Zukunft“ liegt der Fokus des 19. Dentalkongresses auf schonenden und individualisierten Therapien. Dafür stehen die Referenten/-innen des Kongresses mit ihren Konzepten, ihrer Kompetenz und ihrer Liebe zur Zahnmedizin. Beim „Den-

tal Rotation Day“ am Freitag können die Teilnehmer/-innen in kleinen Gruppen Hands-On-Workshops besuchen, in denen sie die aktuellen Techniken und Materialien unter Anleitung üben können. Auch das wissenschaftliche Programm des Hauptkongresses bietet abwechslungsreiche und spannende Vorträge – da ist für jede und jeden etwas dabei.

Dentista-Mitglieder profitieren von einer stark vergünstigten Kongress-Gebühr bis zum 31.03.2024:

Zwei-Tages-Gebühr (Freitag und Samstag): 690 statt 990 EUR,  
Ein-Tages-Gebühr (nur Samstag, ohne Workshops): 190 statt 290 EUR.

**Termin:** 11.–12. Oktober 2024

**Ort:** Pullman Hotel, Helenenstraße 14, 50667 Köln

**Weitere Infos:** <https://www.adsystems.de>

## Die Referent/-innen



Dr. Margret Bäumer,  
M.S.D. (USA)



Priv.-Doz. Dr. Amelie  
BäumerKönig



Prof. Dr. Kerstin Galler



Prof. Dr. Diana Wolff



Dr. Ina Köttgen



Dr. Hanni Lohmar



Prof. Dr. Tina Rödiger





## Wir besuchen Dr. Amely Hartmann, Stuttgart



2011 kam Amely Hartmann über die Verbandsgründerin Birgit Wolff (damals Dohlus) zu Dentista und wurde Mitglied, nachdem diese von ihrer Idee der Vernetzung von Zahnärztinnen erzählte. „Es sollte ein Austausch auf Augenhöhe stattfinden, um durch ein Miteinander ohne Konkurrenzdenken einen

einfacheren Berufsalltag zu ermöglichen, gemeinsam Fehlerquellen auszumerzen und auch Freundschaften entstehen zu lassen. Mich hat das damals wie heute begeistert und ich habe über die Jahre viel von Kolleginnen lernen dürfen und wertvolle Freundinnen gefunden“. Amely leitet seit vielen Jahren die Regionalgruppe in Stuttgart und trägt somit den Grundgedanken von Dentista im Herzen.

Geboren wurde Amely in der Goldstadt Pforzheim und ist in der Gemeinde Engelsbrand am Rande des württembergischen Schwarzwaldes aufgewachsen. In der 10. Klasse entschied sie sich dafür, ihr Schülerpraktikum zur Berufsorientierung bei ihrer damaligen Kieferorthopädin zu absolvieren. Deren Ehemann war Oralchirurg und lieferte ihr mit seiner Tätigkeit eine klar definierte Vorstellung ihres Traumberufs – seitdem konnte sie sich nie ernsthaft etwas anderes vorstellen. Und so schrieb sie sich nach dem Abitur an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen ein und studierte dort Zahnmedizin – ihre Entscheidung für den Beruf hat sie nie bereut.

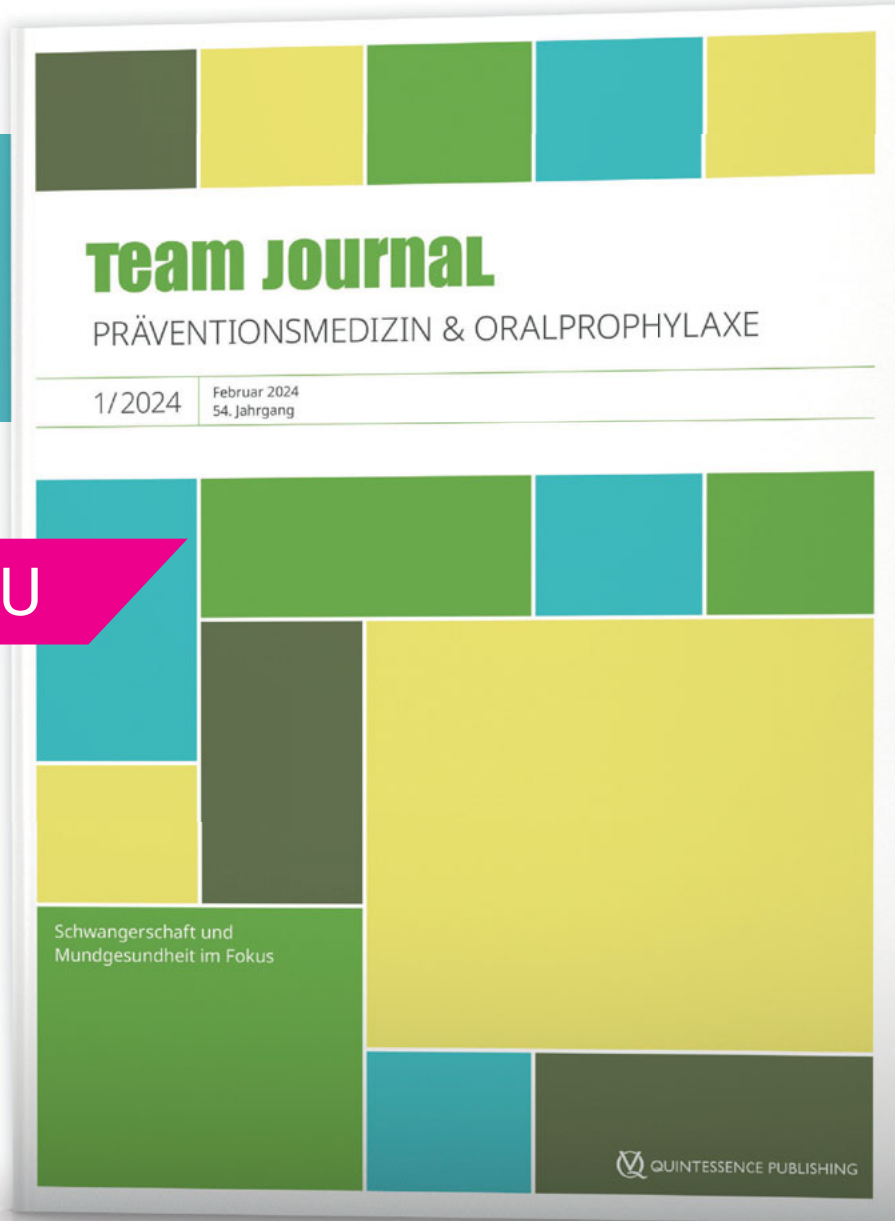
Später erfolgten die Weiterbildung zur Fachzahnärztin für Oralchirurgie in den Praxiskliniken Dr. Seiler und Kollegen MVZ sowie der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz und viele Fortbildungen auf dem Gebiet der Chirurgie wie das Curriculum Implantologie und der Tätigkeitsschwerpunkt Implantologie bei der DGI. Eine fundierte Fortbildung und auch der Wille immer besser zu werden stellen gemäß ihrer Vorstellung die Basis für den Berufsalltag dar. „Ich hatte stets das Gefühl, wei-

ter lernen zu wollen. Stagnation finde ich furchtbar. Nach wie vor freue ich mich jeden Tag, meinen Beruf ausüben zu können“, so Amely. Das Schönste am Beruf sieht sie im Umgang mit den Menschen – sei es im Arzt-Patienten-Verhältnis oder unter den Mitarbeitern/-innen.

Neben ihrer Tätigkeit als klinische Leiterin der Praxiskliniken Dr. Seiler und Kollegen in Filderstadt ist sie zudem als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz (Univ.-Prof. Dr. Dr. Al-Nawas) tätig. Nach der Ausbildung an der Uniklinik im Rahmen ihrer Fachzahnarztweiterbildung ist der Kontakt vor allem zu Frau Prof. Dr. Dr. Daubländer und auch Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Kämmerer bestehen geblieben – und somit das Interesse an Forschung und Lehre. „Ich empfinde Forschung generell als Basis für unsere alltägliche Arbeit. Nur so können wir Verbesserungen und Fortschritte erzielen. Hierbei leisten die Universitäten mit ihren Mitarbeiter/-innen eine unverzichtbare Arbeit – auch in der Ausbildung der nächsten Generationen.“ Ihre wissenschaftlichen Schwerpunkte liegen in der Neurophysiologie des Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereichs, komplexen Augmentationen sowie ästhetischen Rehabilitationen. Ihr Chef Dr. Marcus Seiler, M.Sc., M.Sc. hat auf dem Feld der Augmentationen erfolgreich ein Verfahren etabliert und gemeinsam haben sie einiges an Forschungsarbeit in diesem Bereich durchgeführt. „Ich bin davon überzeugt, dass uns Augmentationen ermöglichen, im Berufsalltag zum Wohle der Patienten/-innen besser behandeln zu können – sie sind aus meiner Sicht unverzichtbar, um ein adäquates Therapieergebnis zu erzielen“, so Amely. Über diverse Themen berichtet sie in Fachartikeln und Vorträgen als Spezialistin. Anfang 2024 erfolgte die Habilitation an der Universitätsmedizin Mainz mit dem Titel „Neurophysiologische Veränderungen der Mund-, Kiefer- und Gesichtsregion“ und die Venia Legendi im Fach Oralchirurgie.

Freizeit lernt man zu schätzen; am liebsten verbringt Amely ihre freie Zeit mit ihrer Familie in der Pfalz. Die Familie stellt für sie die Basis und den Mittelpunkt ihres Lebens dar. Darüber hinaus gehört ihr Klavier ebenso zu ihr wie die Natur, weshalb sie viel Zeit im Freien verbringt und leidenschaftlich gerne laufen geht. Außerdem liebt sie Kunst und Reisen und ist überzeugt, dass man für seine innigsten Leidenschaften immer Zeit findet, wenn man möchte.

# FOKUS AUF ORALPROPHYLAXE UND PRÄVENTION



NEU

## Team Journal

Präventionsmedizin und Oralprophylaxe

Offizielle Zeitschrift des Berufsverbands der Deutschen Dentalhygienikerinnen (BDDH)

6 Ausgaben im Jahr: € 78,-

In der modernen Zahnmedizin nehmen die Oralprophylaxe und Prävention eine wichtige Rolle ein und entscheiden oftmals über Erfolg und Misserfolg einer Therapie. Hierbei ist die Erhaltung und die Wiederherstellung der Mundgesundheit nur im Team erfolgreich. In der Zeitschrift *Team Journal – Präventionsmedizin und Oralprophylaxe* wollen wir das Fachwissen vermitteln, dass die Zahnmedizinische Prophylaxeassistenten, Dentalhygieniker/-innen, Zahnärztinnen und -ärzte sowie alle Fortbildungswilligen für einen erfolgreichen Arbeitsalltag brauchen.

Die Fokussierung auf die Präventionsmedizin in der Rubrik „Interdisziplinär“ und die Rubrik „Ernährung“ sind besonders hervorzuheben, da sie dem Behandlungsteam einen Blick über den Tellerrand ermöglicht. Mit den Fachbeiträgen in der Rubrik „Basics“ liefern wir angehenden ZMPs und DHs für die Aufstiegsfortbildung und zur Prüfungsvorbereitung wertvolle Inhalte. Die weiteren Rubriken wie „Study time“, „Backoffice“ und „Porträt“ machen die Zeitschrift zu einem zuverlässigen Ratgeber für den Arbeitsalltag.

## Warum lohnt es sich das neue Team Journal regelmäßig zu lesen?

- 6 x im Jahr direkt auf Ihren Schreibtisch.
- Fachbeiträge zu allen relevanten Themen.
- Ausgaben mit Schwerpunktthemen.
- Alle Themen, die im Zuge der Fortbildung zur ZMP und DH relevant sind.
- Gut strukturierte Beiträge mit zahlreichen Abbildungen, Graphiken und Tabellen.
- Mit kostenlosem Zugang zur Online-Version recherchieren Abonnierte komfortabel online.
- Online-Zugang zum Vorgänger, dem Team Journal ab 2003 im Archiv.



[www.quint.link/team](http://www.quint.link/team)



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

 **QUINTESSENZ PUBLISHING**



# Internationale Zahnärztinnen

## Cleopatra Nacopoulos, Athen, Griechenland

Cleopatra Nacopoulos lebt und praktiziert in Athen, Griechenland. Sie ist verheiratet und hat zwei Töchter, eine davon ist Kieferchirurgin und Ästhetikärztin, die andere ist Anwältin. Ihr ganzes Leben lang hat sie versucht, sich selbst zu verbessern, um anderen Menschen besser helfen zu können. Sie erinnert sich, wie ihr Vater ihr als Kind sagte, dass Wissen etwas ist, das einem niemand wegnehmen kann. Im Glauben an diese Idee war es ihr Ziel, so viele naturwissenschaftliche Universitätsabschlüsse wie möglich zu erwerben.

1985 erwarb sie einen Bachelor of Science in Biologie an der Gannon University in den USA, 1991 einen Abschluss als Zahnärztin an der zahnmedizinischen Fakultät der Universität Athen, 1998 einen Masterabschluss in Oralbiologie sowie einen in Parodontologie und 2005 einen Masterabschluss der SOLA Laser Academy an der Universität Wien. Im Jahr 2015 promovierte sie an der Medizinischen Fakultät der Universität Athen über Knochenaufbau mit PRF und synthetischen Transplantaten. Im Jahr 2015 erwarb sie einen weiteren M.Sc in ästhetischer Medizin an der Queen Mary University London, um so viel wie möglich über Gesichtsästhetik zu lernen und ihre Methoden der Kombination von zahnärztlicher Rehabilitation und Gesichtsästhetik zu fördern. Außerdem forscht sie derzeit an der Medizinischen Hochschule Athen zum Thema Knochen- und Transplantate und PRF.

Ihre Haupttätigkeiten sind Parodontologie, Laser, Oralchirurgie, Implantologie und Gesichtsästhetik. Cleopatra fühlt sich sehr geehrt und ist stolz darauf, Gastprofessorin an der zahnme-



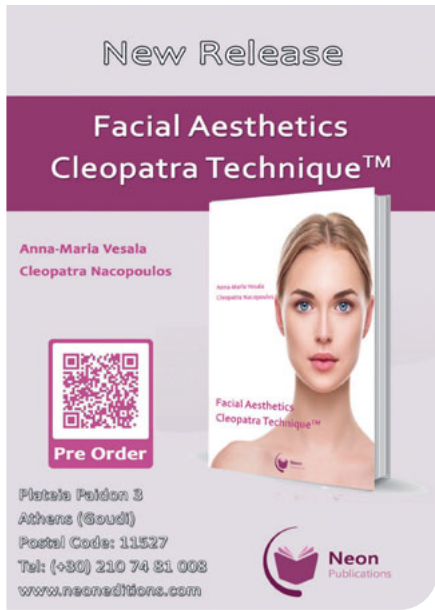
dizinischen Fakultät von Thessaloniki (Griechenland), an der Federico II in Neapel (Italien), an der albanischen Universität UFO, an der Staatlichen Universität für Medizin und Pharmazie Nicolae Testemitanu in der Republik Moldau und

an der Universität Craiova (Rumänien) zu sein.

Seit 34 Jahren ist sie als Zahnärztin tätig und praktiziert seit 2007 auch im Bereich der Gesichtsästhetik. Da sie über Knochenaufbau mit PRF promoviert hat, ist sie in der Lage, verlorenen Knochen wieder aufzubauen, Implantate zu setzen, Prothesen anzufertigen und am Ende die Cleopatra-Technik (PRF) zur Hautverjüngung einzusetzen. Sie hat bereits in vielen wissenschaftlichen Zeitschriften über die Cleopatra-Technik publiziert und vor kurzem ein Buch mit ihrer Tochter, Dr. Anna Maria Vesala, veröffentlicht.

Sie hat zwei Kliniken, eine in Athen und eine in Tripolis auf dem Peloponnes, und im Jahr 2024 wird sie ihre dritte Klinik eröffnen: die erste regenerative Klinik in Athen, Griechenland, die sich auf PRF-Behandlungen konzentriert. In ihren Kliniken beschäftigt sie 10 Mitarbeiter/-innen, die alle als Team zusammenarbeiten.





sind und ihr Selbstvertrauen zurückgewinnen. Die meisten ihrer Behandlungen sind Anti-Aging-Behandlungen, die auf regenerativer Medizin und Zahnmedizin basieren. Leider gibt es in Griechenland ein sehr schlechtes soziales Gesundheitssystem für die Zahnmedizin, sodass Menschen, die sich eine private Behandlung nicht leisten können, unter zahlreichen Problemen leiden. Die öffentliche zahnärztliche Versorgung beschränkt sich daher auf die Notfallzahnmedizin. In ihren Kliniken bietet sie eine kostenlose Beratung an, um diese Menschen wenigstens zur richtigen Behandlung zu führen, und in einigen Fällen werden Eingriffe auch kostenlos durchgeführt.

Technologie in unserem Leben und in unseren Kliniken Einzug gehalten hat, ist sie der festen Überzeugung, dass wir dieser neuen Revolution folgen sollten – denn dies ist die Zukunft für die beste und schnellste zahnmedizinische Versorgung. Sie ist der Meinung, dass die Welt der Zahnmedizin die Ästhetik unbedingt mit einbeziehen muss, um Patienten/-innen Funktion und Ästhetik bieten zu können. Hierzu müssen die Zahnärzte/-innen unbedingt die richtige Ausbildung von Experten/-innen auf diesem Gebiet erhalten.

„Ich habe die Ehre, zu den ersten Mitgliedern von Leading Ladies in Dentistry zu gehören, und ich lade alle Frauen in der Zahnmedizin ein, sich uns anzuschließen und gemeinsam etwas zu bewegen.“

**Facebook:** Aesthetica by Cleopatra Nacopoulos and WAUPS AESTHETICA

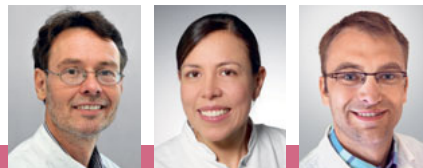
**Instagram:** cleopatra\_nacopoulos

Sie glaubt fest an Kombinationsbehandlungen zum Wohle der Patienten/-innen, und auch daran, dass Zahnärzte/-innen den Knochen im Mund wieder aufbauen und das Gesicht verschönern können, damit Patienten/-innen glücklich

Wenn sie sich beruflich etwas für die Zukunft wünschen müsste, dann wäre es ein faires Gesundheitssystem, damit Menschen in Not eine Lösung für ihr medizinisches oder zahnmedizinisches Problem finden können, ohne dafür ein Vermögen bezahlen zu müssen. Da die

# WEIL KINDER KEINE KLEINEN ERWACHSENEN SIND

NEU



Christian H. Splieth | Ruth M. Santamaría | Julian Schmoeckel (Hrsg.)

## Kinderzahnheilkunde in der Praxis

2., überarbeitete und erweiterte Auflage 2024  
368 Seiten, 450 Abbildungen, Artikelnr. 22490, € 128,-



Die Neuauflage des Buches folgt einem modernen, evidenzbasierten, partizipativen und auf Prävention, Diagnostik und Frühbehandlung ausgerichteten Gesamtkonzept für die Kinderzahnheilkunde. Neue Ansätze beispielsweise für die Kariesinaktivierung, das Verhaltensmanagement bei Kindern und der Einsatz der Lachgassedierung werden berücksichtigt. Praktische Beispiele, Abbildungen und Fälle, Ablaufdiagramme, Abrechnungshinweise sowie Checklisten erleichtern die Umsetzung im Praxisalltag. Viele Themen und Techniken werden mit zusätzlichen Videosequenzen, die über QR-Codes abgerufen werden können, verdeutlicht.





# „Mein Weg in die Selbstständigkeit“

## Dr. Verena Fabel, Mammaing

### Wie kam es dazu, dass du dich für die Niederlassung entschieden hast?

Als Tochter von niedergelassenen Eltern war für mich bereits zu Beginn des Studiums klar, dass irgendwann die eigene Niederlassung Thema wird. Natürlich stand eine Übernahme der elterlichen Praxis ebenso im Raum wie die jetzt angestrebte Neugründung. Verschiedene Punkte sprachen gegen die Übernahme der Praxis meiner Eltern, die nun meine Schwester führt. Eben weil ich den elterlichen Hintergrund habe, wusste ich, was es heißt, eine eigene Praxis zu führen. Sowohl die Verantwortung als auch die ständige Erreichbarkeit waren in meiner Kindheit stets präsent. Für mich war die Frage der Niederlassung nicht eine Frage des „Ob“, sondern des „Wann“. Direkt nach dem Studium wollte ich mich erst auf meine Fertigkeiten als Zahnärztin konzentrieren. Ich fühlte mich noch nicht „reif“ genug als Chefin. Das änderte sich in dem letzten Jahr vor der Niederlassung. Trotzdem war der Zeitpunkt eher zufällig.

### Wie hast du deinen Kollegen kennengelernt, mit dem du dich gemeinsam niedergelassen hast?

Sebastian und ich haben uns während des Studiums im österreichischen Krems an der Donau kennengelernt. Wir sind nicht nur im Beruflichen, sondern auch im Privaten ein Paar. Da Sebastian mehr chirurgisch tätig ist und ich eher den ästhetisch-prothetischen Weg eingeschlagen habe, ergänzen wir uns in der Praxis sehr gut.

### Habt ihr die Praxis neu gegründet oder übernommen? Auf welchem Weg habt ihr die Praxisräume gefunden und wie



Das Team der Fabelhaften ZahnWeberei.

### gestaltete sich der Umbau bis hin zu eurer Traumpraxis?

Sebastian und ich haben die Praxis neu gegründet. Wir hatten bereits das letzte halbe Jahr immer mal wieder von einer Niederlassung gesprochen, allerdings sollte noch die Spezialisierung abgewartet werden. Völlig überraschend gab der ortsansässige Kollege Anfang 2022 seine Praxis durch einen Umzug auf. Die Räumlichkeiten wurden uns angeboten und wir haben kurzerhand unsere Pläne geändert. Der Vorgänger hat alles mitgenommen, vom Behandlungsstuhl bis zur Behandlungsakte. Von Juni 2022 bis Februar 2023 haben wir die Praxis komplett saniert und modernisiert. Da viele Anschlüsse bereits vorhanden waren, konnten wir in der Kürze der Zeit eine moderne und cleane Wohlfühlpraxis gestalten.

### Welche Art von Unterstützung und Beratung hattet ihr? Was davon war sinnvoll und worauf hättet ihr aus heutiger Sicht auch verzichten können?

Ohne unser Dentaldepot wäre nichts gegangen. Mit Henry Schein hatten wir einen idealen regionalen Ansprechpartner, der uns nicht nur in der dentalen Branche beraten hat, sondern uns darüber hinaus auch Experten für die IT und weitere Handwerker empfahl.

Wir haben uns durch Fortbildungen in Betriebswirtschaft informiert. Das würde ich auch jedem empfehlen. Ebenso sind Gespräche mit Finanzierungs- und Steuerberatern wichtig und haben uns geholfen.

Sehr große Unterstützung haben wir aber auch von meinen Eltern erfahren. Ich weiß gar nicht wie viele Stunden wir telefoniert, getextet oder zusammenge-



Dr.med.dent. Sebastian Weber &  
Dr.med.dent. Verena Fabel

essen und über Pläne und Kostenvorschläge diskutiert haben. Aber auch nach Eröffnung waren sie eine große Stütze bei Arbeitsabläufen und Abrechnungsfragen.

Und last but not least: Ohne meinen Partner wäre es nicht gegangen. Er ist gebürtig aus dem Ort und kannte alle ansässigen Dienstleister persönlich. Mit seiner Hilfe haben wir schnell einen Trockenbauer und Elektriker gefunden, was heutzutage oft schwer sein kann. Aber auch privat war und ist er eine sehr große Stütze für mich.

### **Was waren die größten Herausforderungen? Welche Probleme gab es und wie konnten diese gelöst werden?**

Eine der größten Herausforderungen war der Zustand des Mauerwerks. Das Gebäude ist Baujahr 1972 und altersbedingt waren einige Stellen etwas marode. Der Trockenbauer und die Elektriker hatten einen sehr engen Zeitplan, der durch den Weihnachtsurlaub nochmal verkürzt wurde.

Ebenso waren die Lieferzeiten ein Thema. Durch Corona haben sich diese sehr stark verlängert. Unser Ansprechpartner wusste aber genau, welche Geräte die längste Lieferzeit hatten, und wir konnten entsprechend agieren.

### **Wie erlebt ihr den Wettbewerb unter Kollegen/-innen in eurer Region?**

Natürlich ist in gewisser Weise ein Wettbewerb vorhanden. Dennoch wird ein netter, kollegialer Austausch mit Kieferorthopäden und anderen Zahnärzten in der Region gepflegt – von gegenseitigen Vertretungen bei Praxisschließungen bis hin zu Überweisungen von Patienten.

### **Was würdest du Kolleginnen, die sich niederlassen möchten, an wertvollen Tipps anhand deiner Erfahrungen mit auf den Weg geben?**

Unser Umbau war sehr eng getaktet. Ich würde jedem empfehlen, sich so wie wir ein paar Wochen vor Beginn der Selbstständigkeit freizunehmen. Man braucht die Zeit für sich und muss auch die Um-

bauten beaufsichtigen. Zu zweit haben wir uns die Aufgaben aufgeteilt, das habe ich sehr genossen. Aber auch wenn man vorhat, sich allein niederzulassen: Man kann nicht alles allein schaffen und muss lernen zu delegieren. Sucht euch Rat bei jemandem, dem ihr vertraut und der euch unterstützt. Man ist am Anfang sehr schnell überwältigt. Nicht nur wegen der vielen Entscheidungen, die man treffen muss, sondern auch über welche Summen man spricht. Und ganz wichtig: Sucht euch einen Ausgleich. Die Wochenenden gehören immer noch euch. Lasst euch nicht zu Workaholics erziehen, nur weil ihr jetzt selbstständig seid.



**Dr. Verena Fabel**

Fabelhafte ZahnWeberei  
Bahnhofstr. 8  
94437 Mamming  
www.fabelhafte-zahnweberei.de  
E-Mail: info@fabelhafte-zahnweberei.de

## 4,5 ist das neue 2,3

# Neues KZBV-Jahrbuch zeigt: GOZ-Spielräume werden nur unzureichend genutzt

Kurz vor dem Jahreswechsel ist das KZBV-Jahrbuch 2023 erschienen. Die GOZ-Analyse auf den Seiten 180 ff. zeigt, dass die Spielräume, die die GOZ bietet, noch immer kaum genutzt werden.

Konkret heißt das:

- 10 % aller Leistungen werden zu einem Satz < 2,3 und
- 72,3 % aller Leistungen werden zum 2,3-fachen Satz abgerechnet.

Das sind in Summe 82,3 % aller Leistungen. Ein wenig besser sieht es bezüglich des Honorarvolumens aus:

- 4,9 % des Honorarvolumens werden zu einem Satz < 2,3 und
- 56,6 % aller Leistungen werden zum 2,3-fachen Satz abgerechnet.

Das sind in Summe 61,5 % aller Leistungen. Angesichts der aktuellen Herausforderungen für die Zahnarztpraxen möchte ich noch einmal nachdrücklich dafür werben, die Spielräume der GOZ endlich zu nutzen.

## Entwicklung der Verbraucherpreise seit 1991

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Verbraucherpreise seit 1991.

Die Verbraucherpreisindizes werden seit 1991 für Gesamtdeutschland erhoben. Der Verbraucherpreisindex wurde revidiert auf 2020 = 100 %. Dadurch hat sich im Vergleich zum vorherigen Index mit 2015 = 100 % bezogen auf 2022 ein Minus von 1,9 % ergeben. Die Differenz

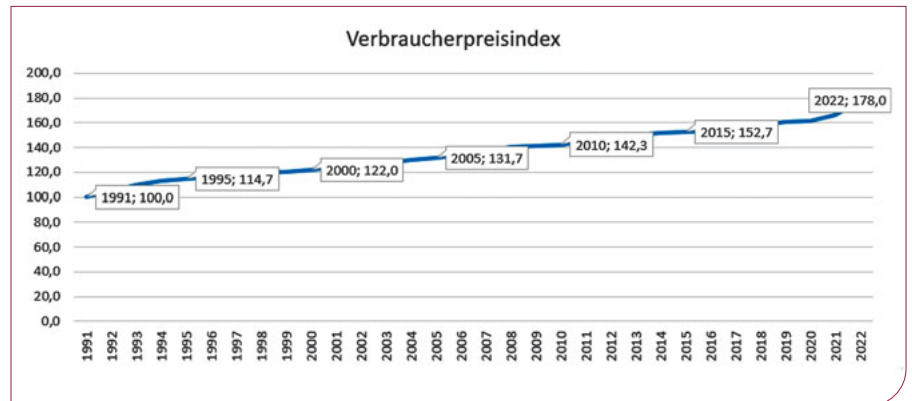


Abb. 1 Entwicklung Verbraucherpreise.

ergibt sich vermutlich aus der Aktualisierung der Wägungsschemata und/oder der Einführung (vermeintlich) verbesserter Methoden.

Die Zahlen für 2023 werden voraussichtlich im Februar 2024 veröffentlicht. Bislang, also bis Mitte Januar 2024, spricht man von einem Preisanstieg von 5,9 % im Vergleich zum Vorjahr. Damit hätten wir einen Index von 188,5 % erreicht (178 + 5,9 %).

Für 2024 rechnen die Wirtschaftsweisen mit einer Inflationsrate von 2,6 %. Aufgeschlagen auf den Index von 2023 ergibt sich daraus ein geschätzter Verbraucherpreisindex von 193,4 % (188,5 + 2,6 %) für 2024.

## 4,5 ist das neue 2,3

Der GOZ-Punktwert dagegen ist seit 1988 unverändert geblieben. Er liegt nach wie vor bei 5,62421 Cent (damals 11 Pfennig). 2,3 von 1988 bzw. 1991 (Startjahr für die Beobachtung des Verbraucherpreisindex) entsprechen heute

somit 4,45 (2,3 x 193,4 %), aufgerundet also 4,5.

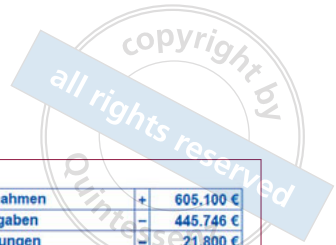
Was passiert, wenn Ihr nicht aktiv werdet? Wenn die Spielräume der GOZ nicht genutzt werden, hat das wirtschaftliche Konsequenzen. Diese möchte ich Euch ebenfalls anhand der Daten des KZBV-Jahrbuches 2023 bezogen auf den bundesdeutschen durchschnittlichen Inhaber einer Zahnarztpraxis verdeutlichen.

Die Liquiditätsrechnung in Abbildung 2 beruht auf den Angaben für das Jahr 2021. Das sind die neuesten im KZBV-Jahrbuch von 2023 berücksichtigten Zahlen. Seitdem sind die Ausgaben weiter gestiegen:

- 2022 um 7,9 %,
- 2023 um 5,9 % und für
- 2024 wird – wie bereits gesagt – eine Inflationsrate von 2,6 % von den Wirtschaftsweisen erwartet.

In Summe müssen wir also gegenüber 2021 von einer Steigerung von 17,24 % ausgehen.

Dazu eine kleine Anmerkung: 7,9 + 5,9 + 2,6 = 16,4 % berücksichtigt nicht



Liquitätsrechnung	BWA	Praxeiseinnahmen	+	605.100 €
		Praxisausgaben	-	380.200 €
		Abschreibungen	-	21.800 €
		<b>Steuerliches Jahresergebnis</b>	<b>=</b>	<b>203.100 €</b>
		Zuzüglich Abschreibungen	+	21.800 €
		<b>Erwirtschaftete Liquidität</b>	<b>=</b>	<b>224.900 €</b>
		Anlagenzugang	-	15.000 €
		Darlehensveränderungen	-	12.000 €
		<b>Verfügbare Liquidität</b>	<b>=</b>	<b>197.900 €</b>
		Krankenversicherung (4 Personen)	-	7.105 €
		Versorgungswerk Hessen	-	15.144 €
		Steuerzahlungen (Anwendung der Splittingtabelle, keine KiSt.)	-	70.280 €
		<b>Für Privatausgaben verfügbar</b>	<b>=</b>	<b>105.372 €</b>

**Quelle der BWA-Zahlen:**  
 KZBV-Jahrbuch 2023, S. 112  
**Anlagenzugang/Darlehensveränderungen:**  
 Ø Schätzungen  
**Steuerzahlungen:**  
<https://www.finanzrechner.org/sonstige-rechner/einkommensteuerrechner/>  
**Krankenversicherung:**  
 Intergruppenvertrag, hohe SB, geringes KT

Abb. 2 Beispiel 1: Liquiditätsrechnung.

Liquitätsrechnung	BWA	Praxeiseinnahmen	+	605.100 €
		Praxisausgaben	-	445.746 €
		Abschreibungen	-	21.800 €
		<b>Steuerliches Jahresergebnis</b>	<b>=</b>	<b>137.554 €</b>
		Zuzüglich Abschreibungen	+	21.800 €
		<b>Erwirtschaftete Liquidität</b>	<b>=</b>	<b>159.354 €</b>
		Anlagenzugang	-	15.000 €
		Darlehensveränderungen	-	12.000 €
		<b>Verfügbare Liquidität</b>	<b>=</b>	<b>132.354 €</b>
		Krankenversicherung (4 Personen)	-	7.105 €
		Versorgungswerk Hessen	-	15.144 €
		Steuerzahlungen (Anwendung der Splittingtabelle, keine KiSt.)	-	38.152 €
		<b>Für Privatausgaben verfügbar</b>	<b>=</b>	<b>71.953 €</b>

Abb. 3 Beispiel 2: Liquiditätsrechnung.

den Zinseszinsseffekt. Zu den bereits um 7,9 % erhöhten Ausgaben kommen zusätzlich 5,9 % und noch einmal 2,6 % hinzu.

Für den KZBV-Durchschnittspraxisinhaber ergeben sich dadurch im Vergleich zu 2021 Mehrausgaben in Höhe von 65.546,48 Euro. Die Ausgaben steigen somit in 2024 laut dieser Rechnung auf 445.746,48 Euro.

Aus einer Ceteris-paribus-Betrachtung, in der nur ein Parameter – die Aus-

gaben – variiert, ergibt sich dann das Ergebnis von Abbildung 3.

Der Einnahmenüberschuss sinkt um 32,27 % auf 137.554 Euro und der für Privatausgaben verfügbare Betrag um 31,72 % auf 71.953 Euro.

Angesichts der Tatsache, dass auch unser Privatleben von der Preisentwicklung betroffen ist, eine ausgesprochen ungünstige Situation: Denn auch alle Privatausgaben sind seit 2021 um 17,24 % gestiegen.

## Fazit

Das ist – wie gesagt – nur eine Ceteris-paribus-Betrachtung. Andere Faktoren wie z. B. budgetbedingte Honorarkürzungen, eine geringere Kaufkraft der Patienten o. Ä. sind hier nicht berücksichtigt worden. Trotzdem wird deutlich, dass ein Aussitzen fatal ist. Also: Bitte kalkuliert Eure Honorare und setzt sie konsequent in Eurer Praxis um.

## Quelle

1. Destatis. Verbraucherpreisindex: Deutschland, Jahre. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/datenbank/beta/statistic/61111/table/61111-0001>. Abruf: 15.02.2024.



Dr. Susanne Woitzik

Die ZA  
 Dipl.-Kauffrau, B.Sc. Psychologie,  
 Expertin für betriebswirtschaftliches  
 Praxismanagement, Team- und  
 Persönlichkeitsentwicklung  
 E-Mail: [swoitzik@die-za.de](mailto:swoitzik@die-za.de)

## Tipps

Da es offenbar eine Vielzahl von Gründen gibt, die daran hindern, aktiv zu werden, haben wir einige unterstützende Tools für Sie zusammengestellt und Dienstleistungen auf den Weg gebracht. Wenn Sie z. B. Probleme dabei haben,

- Honorare zu kalkulieren,
- erhöhte Steigerungsfaktoren rechtssicher zu vereinbaren oder
- Preiserhöhungen gegenüber Mitarbeitern und Patienten zu vertreten, melden Sie sich per Mail bei mir.

Und wenn Sie noch weitere Herausforderungen sehen, die ich nicht im Blick habe, sagen Sie mir Bescheid, dann lassen wir uns auch dafür etwas einfallen.

## Hier noch ein Goody



Mithilfe des QR-Codes können Sie sich eine Patienteninformation zur GOZ herunterladen. Darin wird erläutert, warum auch Zahnärzte/-innen ihre Preise erhöhen müssen. Um Patienten/-innen überzeugen zu können, müssen sie Ihre Situation verstehen.

# Beschäftigungsverbote während der Stillzeit und Strafbarkeit unrichtiger Gesundheitszeugnisse

Ärztlichen Attesten kommt eine hohe Beweiskraft zu. Werden sie aus Gefälligkeit unrichtig ausgestellt, kann das für alle Beteiligten drastische Folgen haben. Nicht selten finden sich die unrichtigen Gesundheitszeugnisse im Bereich individueller Beschäftigungsverbote während der Stillzeit. Diese tauchen häufig dann auf, wenn Arbeitgeber/-innen eine Gefährdungsbeurteilung für die Stillzeit durchgeführt haben und es daraufhin nicht zum arbeitnehmerseitig gewünschten Still-Beschäftigungsverbot kommt.

## Arbeitgeberseitige Gefährdungsbeurteilung

Werdende und frisch gebackene Mütter genießen einen besonderen Schutz in der Arbeitswelt. So sind Arbeitgeber/-innen gehalten, im Rahmen einer allgemeinen Gefährdungsbeurteilung einzuschätzen, welche unzumutbaren Gefährdungen im Falle der Schwangerschaft und Stillzeit einer Mitarbeiterin für diese im Betrieb bestehen und diese Beurteilung bereitzuhalten. Wird dem oder der Arbeitgeber/-in dann eine konkrete Schwangerschaft oder Stillzeit mitgeteilt, muss die Beurteilung für die jeweilige Mitarbeiterin konkretisiert werden – und zwar gesondert für Schwangerschaft und ggf. die spätere Stillzeit.

Werden in der Beurteilung potenzielle Gefahren festgestellt, sind die Arbeitgeber/-innen gehalten, diese nach Möglichkeit für die Arbeitnehmerin auszuschließen. Die Anforderungen an einen ausreichenden Schutz sind während



Bildquelle: Natalia Deriabina/Shutterstock.com

Schwangerschaft und Stillzeit gesondert zu betrachten. Gerade während der Stillzeit kann potenziellen Gefahren durch den Ausschluss von besonders gefährdenden Tätigkeitsbereichen (Durchführung von Röntgenuntersuchungen, Einschleifen von Amalgamfüllungen etc.), durch die Bereitstellung von Schutzkleidung und der Schaffung von geeigneten Arbeitsbedingungen (Anpassung des Dienstplans, Bereitstellung eines Stillraums etc.) begegnet werden. Die möglichen Anpassungen der Arbeitsbedingungen sind dabei vielfältig und abhängig von Größe, Organisation und Arbeitsweise der jeweiligen Praxis. Was möglich und umsetzbar ist, legt der oder die Arbeitgeber/-in fest.

## Beschäftigungsverbot als Ultima Ratio

Erlauben die umsetzbaren Schutzmaßnahmen keine volle Beschäftigung der stillenden Arbeitnehmerin, beispielsweise weil in der Praxis nicht genug ungefährliche Tätigkeiten anfallen, so kann der oder die Arbeitgeber/-in ein teilweises Beschäftigungsverbot aussprechen. Nur dann, wenn keine ausreichende Anpassung der Arbeitsbedingungen zumutbar möglich ist und auch eine teilweise adäquate Beschäftigung nicht sicher erfolgen kann, können und dürfen Arbeitgeber/-innen ein volles Beschäftigungsverbot aussprechen. Dieses ist dann für beide Seiten bindend.



## Still-Beschäftigungsverbot im Wandel

In der Vergangenheit wurde gegenüber stillenden Zahnärztinnen häufig fast automatisch ein volles Beschäftigungsverbot ausgesprochen, ohne dass eine tiefergehende Prüfung geeigneter Schutzmaßnahmen im jeweils konkreten Fall erfolgte. Unter anderem aufgrund einer Änderung in der Erstattungspolitik der zum Ausgleich der fortlaufenden Gehaltszahlungen verpflichteten Krankenkassen fand hier zuletzt ein deutlich wahrzunehmender Wandel in den Gefährdungsbeurteilungen und damit auch in der Häufigkeit von Still-Beschäftigungsverboten statt. Mit der Prüfung oder Durchführung betraute arbeitsmedizinische Gutachter/-innen gelangen zunehmend zu dem Ergebnis, dass eine Weiterbeschäftigung von Zahnärzten/-innen selbst im chirurgischen Bereich mit entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen möglich ist. Insgesamt fehlt es bislang an bundeseinheitlichen Vorgaben und die Meinungen gehen auseinander, was viel Diskussions- und Streitpotenzial birgt.

Arbeitgeber/-innen stehen damit häufig vor der Entscheidung, entweder ein aus ihrer Sicht nicht gerechtfertigtes Beschäftigungsverbot auszusprechen mit dem Risiko, dass die Krankenkasse die fortlaufenden Gehaltszahlungen nicht erstattet, oder sich in einer Auseinandersetzung mit der stillenden Mitarbeiterin wiederzufinden. Diese hat nicht selten fest mit dem Beschäftigungsverbot gerechnet und ist nun nicht bereit, unplanmäßig wieder zur Arbeit zu erscheinen oder kurzfristig Elternzeit zu beantragen und sich mit dem deutlich niedrigeren Elterngeld zu begnügen.

## Individuelle ärztliche Beschäftigungsverbote

Immer wieder kommt es deshalb zum Streit zwischen Arbeitgeber/-innen und den angestellten Zahnärztinnen. In der Praxis wird im Verlauf der Auseinandersetzung dann oft zügig ein – meist von den betreuenden Frauenärzten/-innen – ausgestellt Attest vorgelegt, das ein individuelles (ärztliches) Beschäftigungsverbot enthält.

Ein solches ärztliches „Still“-Beschäftigungsverbot setzt nach § 16 Abs. 2 Mutterschutzgesetz (MuSchG) voraus, dass die Arbeitnehmerin in den ersten Monaten nach der Entbindung nicht voll leistungsfähig ist und eine Weiterbeschäftigung das Leben oder die Gesundheit von Mutter oder Kind gefährden würde. Es muss also eine gesundheitliche Einschränkung der Arbeitnehmerin im Zusammenhang mit der Geburt vorliegen. Finanzielle Interessen der Stillenden dürfen hingegen nicht dazu führen, dass überhaupt oder anstelle einer Arbeitsunfähigkeitsbescheinigung ein Zeugnis über das Beschäftigungsverbot ausgestellt wird.

## Überprüfbarkeit ärztlicher Atteste

Arbeitgeber/-innen, die aufgrund der Art und Weise, in der solche Atteste vorgelegt werden, ernsthafte und begründete Zweifel haben, dass diese der Wahrheit entsprechen, können eine Nachuntersuchung verlangen. Auch sind im Rahmen des Attests zwar keine konkreten Diagnosen anzugeben, gleichwohl müssen Arbeitgeber/-innen aber in die Lage versetzt werden, Art, Umfang und Dauer des Verbots nachvollziehen und die angenommenen Tätigkeiten überprüfen zu können.

Nicht häufig führen Nachfragen dann zu solchen Aussagen und Begründungen der bescheinigenden Ärzte/-innen:

- „Die Patientin berichtet, dass Kolleginnen aus der Zahnarztpraxis auch ein Still-Beschäftigungsverbot erhalten haben.“
- „Da die Stillende Oralchirurgin ist, gehe ich davon aus, dass ein Arbeiten am Patienten in der Stillzeit nicht möglich ist.“
- „Das individuelle Beschäftigungsverbot ist ausgestellt worden, da laut der Patientin die reine Stilbescheinigung nicht ausreichend war.“

Diese Begründungen zeigen die oft fehlende Sensibilität hinsichtlich der Voraussetzungen für ein Beschäftigungsverbot und sind neben der Unwirksamkeit des Attests auch von strafrechtlicher Relevanz – für den oder die Ausstellende wie auch für die angestellte Zahnärztin selbst.

## Strafbarkeit unrichtiger Gesundheitszeugnisse

Ärzte/-innen oder Zahnärzte/-innen, die bewusst falsche Bescheinigungen ausstellen, machen sich strafbar. Gemäß § 278 des Strafgesetzbuchs (StGB) kann dies mit einer Freiheitsstrafe von bis zu 2 Jahren oder einer Geldstrafe geahndet werden. In besonders schweren Fällen kann die Freiheitsstrafe sogar bis zu 5 Jahre betragen. Zudem können auch berufsrechtliche Konsequenzen wie der Entzug der Approbation oder der Zulassung zur ärztlichen Tätigkeit drohen.

Auch für eine Arbeitnehmerin, die ein solches Gefälligkeitsattest vorlegt und daraufhin unberechtigterweise vom Still-Beschäftigungsverbot Gebrauch macht, kann dies strafrechtliche, berufsrechtliche und arbeitsrechtliche Sanktionen nach sich ziehen.

Gerade die bewusste Verwendung eines solchen falschen Zeugnisses für den eigenen finanziellen Vorteil und in der Rolle als Zahnärztin kann eine zum Verlust der Approbation führende Unzu-



verlässigkeit und Ungeeignetheit für den medizinischen Beruf aufzeigen.

Derart getäuschte Arbeitgeber/-innen können die auf den offensichtlichen Vertrauensverlust begründete fristlose Kündigung aussprechen sowie im Falle bereits erfolgter Zahlungen erhebliche Erstattungs- und Haftungsansprüche geltend machen.

## Fazit

Die Verwendung von Gefälligkeitsattesten, insbesondere im Kontext des Still-Beschäftigungsverbots, kann weitreichende Konsequenzen für alle Beteiligten haben. Sowohl Arbeitnehmer/-innen als auch

Ärzte/-innen sollten sich der rechtlichen und ethischen Verpflichtungen bewusst sein, die mit der Ausstellung und Verwendung von ärztlichen Attesten einhergehen.

Arbeitgeber/-innen, die die erforderlichen Gefährdungsbeurteilungen gewissenhaft und bestenfalls unter arbeitsmedizinischer Beteiligung erstellt haben und daraufhin ein Beschäftigungsverbot ausgesprochen oder versagt haben, sind ihrer gesetzlichen Verpflichtung nachgekommen.

Bei Fragen rund um die Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen und zur Wirksamkeit sowie zum Umgang mit individuellen Beschäftigungsverboten stehen wir gerne beratend zur Seite.



**Nadine Ettlting**

Rechtsanwältin und Fachanwältin für Medizinrecht

Rechtsbeirätin Dentista e.V.

E-Mail: [ettling@medizinanwaelt.de](mailto:ettling@medizinanwaelt.de)

# FACHWISSEN FÜR NEUE AUFGABEN!



Peter Eickholz | Ivana Elez | Brigitte Strauß

## Parodontologie für Zahnmedizinische Fachassistent\*innen

248 Seiten, 242 Abbildungen, Artikelnr. 24380, € 48,-



Dieses Buch vermittelt 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, rechtliche Grundlagen und Details zur Abrechnung.

NEU



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



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



+49 30 76180-667

 QUINTESSENCE PUBLISHING

## AERA



### AERA-Online wird Pate von Dentista e. V.

AERA-Online, die Preisvergleichs- und Bestellplattform für Dentalprodukte, ist nun Dentista-Pate. „Die Arbeit des Dentista e. V. ist absolut unterstützenswert, da sie langfristig zum Erhalt einer guten zahnmedizinischen Versorgung in Deutschland beiträgt. Auch bei der Anzahl der weiblichen Nutzer/-innen auf unserer Plattform ist ein deutlicher Wachstumstrend zu erkennen. Mit zeitsparenden Funktionen ermöglichen wir eine effiziente Materialwirtschaft und schaffen so mehr Raum für wesentliche Dinge. Wir freuen uns, Dentista e. V. zukünftig unterstützen zu können“, so AERA-Vertriebsleiter Steffen Schütz über die Partnerschaft.

Smarte Anwendungen auf der Plattform erleichtern den Materialeinkauf und die Verwaltung von Lagerbeständen. Mit dem transparenten Preisvergleich bei Millionen Angeboten und dem praktischen automatischen Warenkorboptimierer können Praxen neben Zeit auch bis zu 50 % Materialkosten sparen. Die Nutzung von AERA-Online ist komplett kostenfrei.

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

## CGM



### CGM XDENT oder CGM Z1.PRO – Passende Lösungen für unterschiedliche Bedürfnisse

Mit CGM XDENT, einer cloudbasierten Praxissoftware, haben die CGM Dentalsysteme – Anbieter der bewährten Praxissoftware CGM Z1.PRO – jüngst eine neue Lösung für die dentale Praxis bereitgestellt. Mit den beiden Lösungen verfolgen die Softwareprofis ab sofort eine Zwei-Produkt-Strategie. Doch für wen ist was wann das Richtige?

CGM XDENT kann als Cloudlösung insbesondere für kleine Praxen oder für Praxisneugründer interessant sein, die bewusst auf einen großen Server verzichten und zunächst auf die Vorteile einer innovativen, intuitiv bedienbaren Cloudlösung setzen möchten, die ohne hohe Hardware-Investitionskosten direkt zur Verfügung steht. CGM Z1.PRO, welches als modernes, modulares Praxisverwaltungssystem alle Belange dentaler Teams abdeckt, richtet sich vor allem an Zahnarztpraxen, KFO- und MKG-Praxen mit umfassenderen Bedürfnissen. Besonders bewährt hat es sich auch in größeren Praxiskonstellationen wie Filialpraxen an unterschiedlichen Standorten, bei Experten und Fachgruppen.

[www.cgm-dentalsysteme.de](http://www.cgm-dentalsysteme.de)



## DAISY



### Mit DAISY zur Praxismanagerin (IHK) in Heidelberg

„Wer immer an die Hand genommen wird, hat auch nur eine Hand frei für das, was zu tun ist.“

Zeit loszulassen und Selbstständigkeit zu fördern mit dem IHK-Zertifikatslehrgang zur zahnmedizinischen Praxismanagerin bei DAISY. In nur 6 Tagen erarbeiten sich die Teilnehmerinnen gemeinsam mit erfahrenen DAISY-Trainerinnen ihren individuellen Werkzeugkasten für die wichtigsten „Nebentätigkeiten“ in der Praxis rund um Organisation, Management, QM und Marketing.

Unterschätzt wird hierbei gerne, welche Möglichkeiten sich aufseiten der Teilnehmerinnen UND der Zahnärztin ergeben. Die Praxismanagerin kann mit neuem Handwerkzeug auch schwierige organisatorische Herausforderungen meistern, Praxisziele definieren und maßgeblich zu deren Erreichung beitragen. Die Zahnärztin auf der anderen Seite gewinnt dadurch weit mehr als nur zeitliche Freiheiten und kann sich mehr auf das Wesentliche konzentrieren: die Behandlung der Patienten.

Sie haben schon eine passende Kandidatin im Kopf? Die neuen Termine finden sie auf [zukunft.daisy.de](http://zukunft.daisy.de).

[www.daisy.de](http://www.daisy.de)



## IVOCLAR



### Fortbildungsangebote 2024 – Hier ist für jeden etwas dabei

Auf der Wissensplattform Ivoclar Academy finden sich Fortbildungsmöglichkeiten in verschiedenster Form. Stellen Sie sich ganz nach Ihren Bedürfnissen Ihr individuelles Fortbildungsprogramm zusammen.

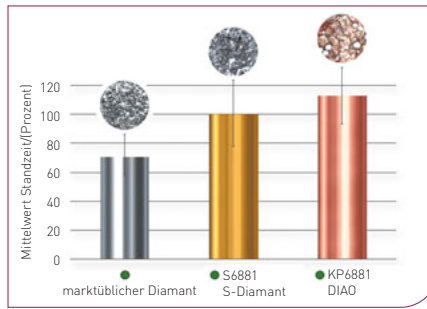
- Präsenzveranstaltungen: Seminare, Workshops und Symposien sind die optimale Verbindung von Fortbildung und Austausch mit Kollegen,
- Live-Webinare zu vielen aktuellen Themen.

Außerdem gibt es ein breites Spektrum an On-Demand-Webinaren, die Sie unabhängig von Zeit und Ort anschauen können.

Es finden sich hier Webinare zur adhäsiven Zahnheilkunde, zum Einsatz von Zirkonoxid, zur effizienten und ästhetischen Füllungstherapie, zur Prophylaxe, zur Digitalisierung und auch zu Wirtschaftlichkeitsthemen und zum Praxismarketing.

Besuchen Sie unsere Ivoclar Academy und stöbern Sie durch unsere attraktiven Angebote. [www.ivoclar.com](http://www.ivoclar.com)

## KOMET



### DIAO für mehr Effizienz im Praxisalltag

Als Innovation bei der Kronen- und Brücken-Präparation hat DIAO die Zahnärzte mit überragender und lang anhaltender Schärfe bei optimaler Kontrolle überzeugt. Jetzt hat Komet das DIAO-Sortiment vergrößert, um den Praxisalltag noch effizienter zu machen. Durch die Sortimentserweiterung um Instrumente zur Kavitäten-Präparation profitieren Zahnärzte von der überlegenen Leistung von DIAO jetzt bei einer weiteren Anwendung.

Die neuartige Diamantierung mit Keramikperlen zwischen den Diamantkörnern sorgt für überlegene Schärfe, die lange anhält. Anwender bestätigen, dass DIAO eine herausragende Kontrolle bei der Präparation gewährleistet und dass das druckarme Arbeiten die Behandlung nicht nur zeiteffizienter macht, sondern auch weniger ermüdend.

Dank der roségoldenen Farbe sind die Instrumente leicht wiederzuerkennen, um auch die nächste Präparation optimal ablaufen zu lassen und Wiederaufbereitung sowie Nachbestellungen zu erleichtern. Kurzum: Die Praxisabläufe werden erleichtert.

[www.kometdental.de](http://www.kometdental.de)

## SDS



### Weiterbildung mit SDS

Erfahren Sie erstklassige Präzision, Schweizer Zuverlässigkeit und kontinuierliche Weiterbildung mit SDS Swiss Dental Solutions. Als weltweit führender Anbieter von keramischen Zahnimplantaten laden wir Sie ein, Ihre Kompetenzen im renommierten Swiss Biohealth Education Center zu perfektionieren. Unsere hochmoderne Einrichtung in Kreuzlingen, Schweiz, schafft eine förderliche Umgebung für anspruchsvolles Lernen und berufliches Wachstum.

Ganz gleich, ob Sie Implantologe oder Prothetiker sind, unsere umfassenden Schulungen behandeln Themen wie keramische Implantate, geführte Implantation und vorab geplante Prothetik unter Anwendung innovativer SDSBOX-Technologie. Erkunden Sie unsere Website und nehmen Sie Kontakt mit dem Swiss Biohealth Education Center auf, um Ihr Fachwissen auf die nächste Stufe zu heben.

[www.swissdentalsolutions.com](http://www.swissdentalsolutions.com)



**ivoclar**



**SDS** SWISS DENTAL SOLUTIONS 

ICH BEANTRAGE DIE  
AUFNAHME IN DEN  
DENTISTA VERBAND

Name/Vorname \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

Straße/Hausnummer \_\_\_\_\_

Geb.-Datum \_\_\_\_\_

Telefon/Telefax \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

Website \_\_\_\_\_

Beruf \_\_\_\_\_

... als

- ordentliches Mitglied: 175,- EUR Jahresbeitrag
- Mitglieder Studium / Assistenz / Elternzeit /  
Ruhestand: 15,- EUR Jahresbeitrag
- alleinerziehendes Mitglied:  
87,50 EUR Jahresbeitrag
- Fördermitglied / natürliche Person:  
175,- EUR Jahresbeitrag
- Fördermitglied / juristische Person:  
450,- EUR Jahresbeitrag

- Ich überweise selbst nach Rechnungseingang
- Ich bitte um SEPA-Lastschriftzug von  
meinem Konto:

IBAN: \_\_\_\_\_

BIC (bei Auslandsgeldverkehr) \_\_\_\_\_

Die Gläubiger-Identifikationsnummer des  
Dentista Verbandes: DE02ZZZ00000302282

Freiwillige statistische Angaben:

Kinder:  Nein  Ja, Anzahl \_\_\_\_\_

Ort der Tätigkeit:

Einzelpraxis  BAG  Labor

Unternehmen  Hochschule  Anderes

Fachliche Schwerpunkte \_\_\_\_\_

Die Satzung des Verband der Zahnärztinnen –  
Dentista e. V. ist mir bekannt. Mit der Zusendung  
des Mitgliederjournals/des Newsletters bin ich  
einverstanden (falls nicht, bitte Entsprechendes  
streichen).

Datum/Unterschrift \_\_\_\_\_

Bitte per Fax an Dentista:

030 / 26 39 17 30 32 46

Oder per Post an: Dentista e.V.,

Amelie Stöber, Schuckertdamm 332, 13629 Berlin

DENTISTA-KONTAKT

Telefon: 030 / 2581 1757 • info@dentista.de  
www.dentista.de

Anzeige

**Kennen Sie  
schon unsere  
Podcasts?**

QUINTESSENZ PUBLISHING

Dental Lab Inside, Dental Minds, DENTAL ENGLISH TO GO

Spotify, Apple Music, Amazon Music



IMPRESSUM

**Dentista**

Wissenschaft | Praxis | Leben

Offizielle Zeitschrift des Verband der Zahnärztinnen – Dentista e. V.

Herausgeber:

Christian Wolfgang Haase

Herausgeber Emeritus:

Dr. h. c. H.-W. Haase

Geschäftsführung:

Christian Wolfgang Haase

Redaktionsleitung Zeitschriften:

Dr. Marina Rothenbücher

Verlag: Quintessenz Verlags-GmbH,

Ifenpfad 2-4,  
12107 Berlin

Redaktion: Susann Lochthofen

Vertrieb: Adelina Hoffmann, abo@quintessenz.de

Anzeigen: Markus Queitsch,

queitsch@quintessenz.de, 0172 / 9 33 71 33

Layout: Nina Küchler

Herstellung: Ina Steinbrück

Kontakt und Redaktion Dentista Verband:

Amelie Stöber, stoerber@dentista.de

Copyright © 2024 Quintessenz Verlags-GmbH Berlin

Die „Dentista“ erscheint in der Quintessenz  
Verlags-GmbH, Ifenpfad 2-4, 12107 Berlin, Geschäfts-  
führer Christian Wolfgang Haase, 93 HRB 15 582,  
Telefon 030/761 80-5,

Fax 030/761 80 680, E-Mail: info@quintessenz.de,

Web: www.quintessencepublishing.com;

Zweigniederlassung: 83700 Rottach-Egern.

Bei redaktionellen Einsendungen ohne besonderen  
diesbezüglichen Vermerk behält sich der Verlag das  
ausschließliche Recht der Vervielfältigung in jeg-  
licher Form sowie das der Übersetzung in fremde  
Sprachen ohne jede Beschränkung vor. Die in der  
Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheber-  
rechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich  
zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Ein-  
willigung des Verlages strafbar. Der Verlag haftet

nicht für die Richtigkeit mitgeteilter Angaben. Als  
Originalarbeiten werden grundsätzlich nur Erstver-  
öffentlichungen angenommen. Nach Annahme für  
eine Veröffentlichung dürfen diese Arbeiten nicht in  
gleichem oder ähnlichem Wortlaut an anderer Stel-  
le angeboten werden. Die Redaktion behält sich vor,  
den Zeitpunkt der Veröffentlichung zu bestimmen.

Die „Dentista“ erscheint vierteljährlich im März,  
Mai, August und November.

Bezugspreise: Jahresabonnement 2024 Inland  
48,- EUR (Ausland: 56,- EUR), Einzelheft 15,- EUR.  
Die Abonnementpreise verstehen sich einschl.  
MwSt. und sämtlicher Versandkosten. Sofern nichts  
anderes vereinbart ist, laufen Abonnements zu-  
nächst für 12 aufeinander folgende Monate und ver-  
längern sich anschließend automatisch auf unbe-  
stimmte Zeit zu den dann jeweils gültigen Preisen.  
Nach Ablauf der ersten Bezugszeit können Abonne-  
ments mit einer Frist von 30 Tagen zum Monatsende  
gekündigt werden. Bei Ausfall der Lieferung durch  
höhere Gewalt, Streik oder dergleichen ergeben  
sich hieraus keine Ansprüche auf Lieferung oder  
Rückzahlung des Bezugsgeldes durch den Verlag,  
Lieferung erfolgt auf Gefahr des Empfängers.

Zahlungen:

Quintessenz Verlags-GmbH,  
Commerzbank AG Berlin,  
IBAN: DE61100400000180215600, BIC: COBADEFF;  
Deutsche Apotheker- und Ärztebank eG,  
IBAN: DE36300606010003694046,  
BIC: DAAEDEDXXX.  
Anzeigenpreisliste Nr. 74, gültig ab 1. Januar 2024.  
Erfüllungsort und Gerichtsstand Berlin.

ISSN: 2366-3634

Druck: WKS Print Partner GmbH, Felsberg,  
www.wksgruppe.de

copyright by  
all rights reserved  
Quintessenz

# SAVE THE DATE!

**JUNE 12-15, 2025**



More information  
coming soon:  
[quint.link/isprd25](https://quint.link/isprd25)

15<sup>TH</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
PERIODONTICS & RESTORATIVE DENTISTRY

# ISPRD25

**JUNE 12-15 • BOSTON**

 QUINTESSENCE PUBLISHING

# DAISY

Ihr Partner für Abrechnungswissen



Saisonabschluss auf Sylt  
10.05. im Hotel Miramar

## Frühjahrs-Seminar 2024

Herzlich willkommen zum DAISY-„Frühjahrsputz“

Das DAISY-Team hilft Ihnen beim Aufräumen und Ordnung schaffen, ganz im Sinne eines „Frühjahrsputzes 2024“, damit Sie den Überblick behalten und mehr Zeit für das Wesentliche gewinnen: Für die Behandlung Ihrer Patienten. Eine erfolgreiche Praxis lebt aber nicht von den erbrachten Leistungen, sondern von dem was sie abrechnet! Deshalb befindet sich das zahnmedizinische Können und das Wissen um eine perfekte Dokumentation und Abrechnung immer auf Augenhöhe.

- ✓ Status Quo von HVM und Budgetierung sowie **neue Entwicklungen** in Gesetzgebung & Politik
  - ✓ Grundlegende Leistungen: **Analyse** von Untersuchungen, Beratungen und Diagnostik, Anwendungen von Künstlicher Intelligenz und Intraoralscannern
  - ✓ Workshop: **Herausgabe** von Unterlagen, Gutachterverfahren und weitere Herausforderungen
  - ✓ **Zahnersatzversorgung** und GOZ: Vorbereitung, Analyse, Kalkulation, Umgang mit Beanstandungen
- u. v. a. m.

Wir freuen uns auf Sie. Gleich anmelden auf [daisy.de](https://daisy.de)