

Die digitale Totalprothese in Praxis und Labor

Möglichkeiten neuer Technologien nutzen

SABINE HOPMANN, CHRISTIAN HANKER, ALEXANDER SCHEM,
JANINE FIEFSTÜCK



Einleitung

Die Totalprothese ist aus verschiedenen Gründen das Stiefkind in deutschen Zahnarztpraxen. Dabei spielen die geringe Honorierung, eine ungewisse Erfolgsaussicht und sicher auch die fehlende Erfahrung vieler Zahnärzte/-innen eine Rolle. Ungefähr 22,6 % aller Erwachsenen über 65 Jahren sind von kompletter Zahnlosigkeit betroffen, was vielfältige Auswirkungen auf die Gesundheit und das allgemeine und soziale Wohlbefinden der Patienten haben kann¹³. Fast die Hälfte dieser Patienten ist unzufrieden mit dem Sitz ihres Zahnersatzes. Eine Totalprothese, die möglichst vielen funktionellen und ästhetischen Anforderungen der Patienten entspricht und den Zustand vor dem Verlust der eigenen Zähne weitgehend wiederherstellt, kann die Lebensqualität unserer Patienten sehr positiv beeinflussen. Es ist sehr befriedigend für das gesamte Behandlungsteam, einem Patienten, der von vollständiger Zahnlosigkeit betroffen ist, mit einer gut sitzenden Totalprothese einen Teil seiner sozialen Kompetenz und seiner Lebensfreude wiederzugeben.

Dieser Artikel zeigt, wie die Möglichkeiten der Digitalisierung in Praxis und Labor dem Zahnarzt und dem Zahn-techniker helfen können, eine funktionsfähige Totalprothese für den Patienten herzustellen.

Implantatgetragener Zahnersatz

Neben der Versorgung mit einer Totalprothese gibt es im Zeitalter der Implantate natürlich auch die Möglichkeit, eine Prothese durch Implantate zu stabilisieren oder einen festsitzenden, implantatgetragenen Zahnersatz herzustellen. Diese Maßnahmen erfordern operative

Interventionen, die oft umfangreich sind und zu einer erheblichen körperlichen und finanziellen Belastung für die Patienten führen können. Für multimorbide Patienten, die z. B. unter Bisphosphonat-Therapie stehen, ist eine Implantatinsertion eher kontraindiziert. Wird eine festsitzende Implantatversorgung in einem zahnlosen Kiefer geplant, ist es im Sinne eines Backward-plannings umso wichtiger, mithilfe einer gut funktionierenden Prothese die späteren Implantatpositionen genau festzulegen. Außerdem sollte bereits im Vorfeld der Maßnahmen die Art des später anzufertigenden Zahnersatzes mit dem Patienten besprochen werden. Die Position der Zähne spielt eine entscheidende Rolle bei der Wiederherstellung der Kaufunktion, der Phonetik und der Ästhetik. Alle diese Aspekte sollte eine funktionierende Totalprothese berücksichtigen.

Viele Jahre lang haben sich in der Praxis bei der Herstellung von Totalprothesen nur geringfügige Weiterentwicklungen ergeben⁶. In den letzten Jahren haben aber besonders die digitalen Prozesse im Labor neue Impulse für die Totalprothetik gebracht. Das Vorgehen in Praxis und Labor konnte vereinfacht werden, bei gleichzeitiger höherer Präzision der Prothesen und einem signifikant besseren Ergebnis für die Patienten^{8,9,11,18}.

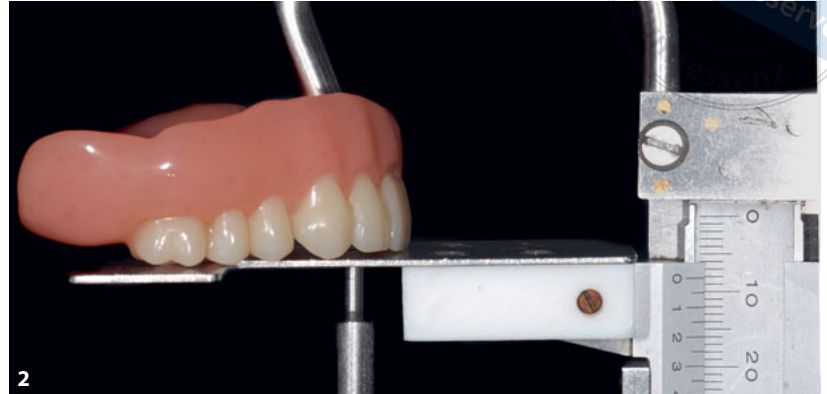
Generell ist zu unterscheiden, über welche Restinformationen der Patient in Form seiner alten Prothesen verfügt, die für die Anfertigung neuer Prothesen aufgegriffen und digital in den Workflow integriert werden können. Bei Patienten, die über keine bzw. unzureichende Restinformationen verfügen, wird darauf verzichtet, den vorhandenen Zahnersatz mit einzubeziehen, und der Arbeitsablauf beginnt wie gewohnt mit einem standardisierten Löffel.

Zusammenfassung

Aus verschiedenen Gründen wird bei der Versorgung von Patienten implantatgetragener Zahnersatz noch immer Totalprothesen vorgezogen. Der Beitrag schildert die Fertigung einer Totalprothese von der Abformung, über die Herstellung einer Dummy-Prothese bis zum Fräsen und der Individualisierung. Nach Ansicht der Autoren spart die Herstellung mit CAD/CAM-Techniken Zeit für Patient, Praxis und Labor.

Indizes

digitale Totalprothese, Hilfsteile, generierte Schablonen, Dummy-Prothese, Gesichtsscanner



Den Funktionsrand planen

Der Funktionsrand einer Totalprothese sollte die muko-gingivale Grenze gerade eben überragen und einen leichten Druck auf die bewegliche Schleimhaut ausüben, um einen Unterdruck zwischen Prothesenbasis und Gaumen zu erzeugen. Adhäsive Kräfte können den Sitz der Prothese noch verbessern, falls es gelingt, die Basis schrumpfungsfrei an die Gaumenschleimhaut anzupassen.

Im Oberkiefer steht für den Funktionsrand ein zirkuläres Innenventil mit gut adaptierter A-Linie im Übergang zum weichen Gaumen und im Tuberbereich zur Verfügung, zusätzlich die Möglichkeit eines Außenventils. Im Unterkiefer kann ein Innenventil vestibulär an der Prothesenbasis erzeugt und zusätzlich im retromolaren Dreieck die Prothese gegen Kippung nach ventral abgesichert werden. Im Bereich von 34 bis 44 kann die Sublingualrolle sowohl Außen- als auch Innenventil darstellen und die Prothese gegen vertikalen Abzug sichern. Eine digitale Abformung der Schleimhaut ist nach unserer Auffassung nicht möglich, da der Prothesenrand sich optimalerweise in der beweglichen Schleimhaut befinden sollte und Funktionsbewegungen bisher nicht mit dem Scanner zu erfassen sind.



Abb. 1 Erste Sitzung und funktionelle Abformung beider Kiefer mit Sta-seal und Coltex grün. **Abb. 2** Die alten Prothesen werden mit der Gutowski-Schieblehre vermessen. **Abb. 3** Digital konstruierte und 3-D-gedruckte Löffel mit Bisswällen aus Kunststoff.

Abformung und Herstellung der Löffel

Nach der speziellen Totalprothesenanamnese wird in der 1. Sitzung mit Sta-seal, einem Silikon (Fa. Detax, Ettlingen), eine erste funktionelle Abformung beider Kiefer genommen. Die konfektionierten Löffel werden zunächst mit lichthärtendem Löffelkunststoff gestoppt, um ein Durchdrücken des Löffels auf die Schleimhaut und eine zu weit über die muko-gingivale Grenze hinaus ragende Abformung zu verhindern. Zur Darstellung der Fein-

heiten wird mit Coltex grün dünnfließend (Fa. Coltene, Altstätten, Schweiz) unterfüttert und die A-Linie mit Aluwachs aufgetragen (Abb. 1). Mithilfe des Prothesenmessblattes und der Gutowski-Schieblehre können angestrebte Dimensionen der Bisswällen eruiert und notiert werden (Abb. 2). Die Abformungen werden dann im Labor eingescannt. Die individuellen Löffel werden mit den Bisswällen nach den vorgegebenen Werten designt und 3-D-gedrukt (Abb. 3). Mit den Werten, die auf dem Prothesenmessblatt die vorläufige angestrebte Position

der Zähne darstellen, kann der Zahnkranz auf dem Funktionslöffel bereits der endgültigen Position der Zähne entsprechen. Diese Werte können beim 3-D-Druck berücksichtigt werden und so zu einer enormen Zeitersparnis für Behandler und Patient beitragen.

Falls die alten Prothesen des Patienten an der Basis ausreichend dimensioniert sind und die Zahnstellung weitgehend übernommen werden soll, kann ein Scan der alten Prothesen erzeugt und so ganz auf die erste Sitzung in der Praxis verzichtet werden. Die Prothesenbasis kann im Labor bereits so designt werden, dass vier verbleibende Stopps am

Gaumen die vertikale Position der Basis sichern und der restliche Löffel zwei Millimeter hohl gelegt wird, um Platz für das Abformmaterial zu schaffen (Abb. 4). Das spart Behandlungszeit und das Ausschleifen des Löffels in der Praxis.

Nachdem die Funktionsränder im Mund des Patienten angepasst worden sind, wird ein zirkulärer Funktionsrand mit GC Compound (Fa. GC, Leuven, Belgien) aufgetragen und intraoral mit Funktionsbewegungen individualisiert (Abb. 5). Danach werden die Stopps vertikal entlastet, wodurch der Funktionsrand während der Abformung noch etwas tiefer in die bewegliche Schleim-

haut eintaucht und der Saugeffekt der Prothese gesteigert wird. Anschließend wird mit Coltex grün oder RS Resi line (Fa. R-dental Dentalerzeugnisse, Hamburg) die Feinabformung aller Strukturen vorgenommen. Zum Schluss wird die A-Linie mit Alu-Wachs im Mund adaptiert (Abb. 6).

In gleicher Sitzung können die Camper'sche Ebene und die Bipupillarlinie unter Berücksichtigung der Gesichtssymmetrien kontrolliert werden. Die Ausrichtung der Kauebene und die Stellung der Zähne können bereits jetzt mit dem vorhandenen Bisswall korrigiert werden (Abb. 7). Es wird ein Gesichtsb-

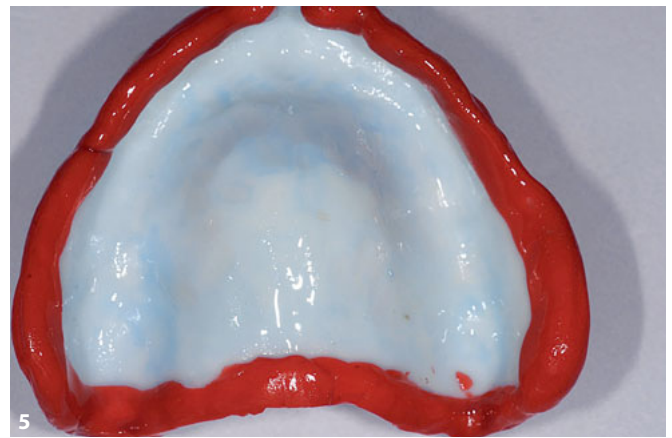


Abb. 4 Die digitalisierten alten Prothesen werden von basal mit einem definierten Abstand hohl gelegt. Durch die verbleibenden Stopps ist die vertikale Positionierung der Löffel gewährleistet. **Abb. 5** Zirkulärer Funktionsrand, der mit GC Bite Compound aufgetragen wird. **Abb. 6** Fertige Feinabformung aller Strukturen und mit Aluminium-Wachs adaptierte A-Linie. **Abb. 7** Kontrolle der Kauebene in Bezug zur Camper'schen Ebene und der Bipupillarlinie.



gen angelegt, und zur vorläufigen Kieferrelationsbestimmung wird in dieser Sitzung noch ein Zentrikregistrat mit GC Bite Compound genommen (Abb. 8).

Option Gesichtsscan

Alternativ zur bisher bekannten Vorgehensweise der Bestimmung von Kauenebene und Zahnstellung kann mit dem Patienten nach der Funktionsabformung ein Gesichtsscan, z. B. mit dem Face Hunter der Fa. Zirkonzahn (Gais, Italien) angefertigt werden (Abb. 9). Um eine exakte Aufstellung der Zähne zu ermöglichen,

hat es sich bewährt, einen 3-D-Gesichtsscan als zusätzliche Informationsquelle mit in den digitalen Workflow zu integrieren. Diese Daten lassen sich im STL-Format mit relativ wenig Aufwand in alle handelsüblichen Designsoftwares integrieren.

Neben der digitalen Einprobe lassen sich Zahnängen und Zahnform in dynamisch erfassten Situationen vor der eigentlichen Fertigung beurteilen und helfen dem Techniker, ohne weitere Einproben möglichst zielorientiert zu arbeiten und die Wünsche des Patienten zu realisieren. Indem Screenshots erstellt werden, können der Patient frühzeitig ein-

bezogen und Änderungswünsche direkt mit dem Behandler und dem Techniker kommuniziert werden (Abb. 10).

Dummy-Prothesen

Nach der virtuellen Konstruktion und der virtuellen Einprobe werden die Dummy-Prothesen⁹ (Prothesen als Monoblock) für die dritte Sitzung aus Try-in-Material mit dem Nexdent 5100 (Fa. Nextdent, Soesterberg, Niederlande) gedruckt (Abb. 11).

Die Wachseinprobe durfte der Anprobe der 3-D-gedruckten Dummy-Prothesen weichen^{4,5}. Mit den vorhande-

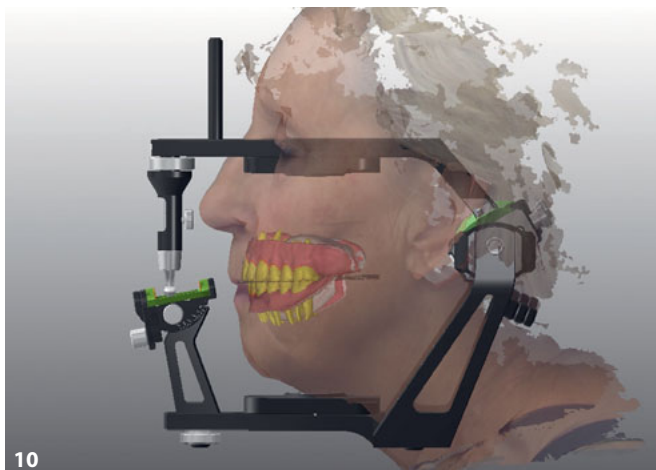


Abb. 8 In der gleichen Sitzung wird das Zentrikregistrat mit GC Bite Compound erstellt. **Abb. 9** 3-D-Gesichtsscan, erstellt mit dem Face Hunter von Zirkonzahn, und Übertragen der Modelle in den virtuellen Artikulator. **Abb. 10** Digitale Aufstellung der Zähne und virtuelle Einprobe am Patienten. **Abb. 11** Anprobe der Prothesen-Dummys.

nen Datensätzen können im 3-D-Druckverfahren Probierprothesen hergestellt werden, die dem Patienten das Gefühl einer gut sitzenden und final dimensionierten Prothese geben. Die Zahnstellung sollte alle Kriterien der endgültigen Aufstellung berücksichtigen, sodass der Patient eine 1:1-Replik der endgültigen Prothese als Einprobe zur Verfügung hat. Hierdurch ergibt sich für den Patienten, den Behandler und den Techniker eine große Sicherheit, die Stellung der Zähne und die Passung der Prothesenbasen abschließend beurteilen zu können (Abb. 11). Wurde die Zahnstellung stärker verändert, können die Prothesendummys den Patienten auch zur Probe für wenige Tage mitgegeben werden.

Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Vorteil ist die Möglichkeit, an dieser Dummy-Prothese die Funktionsränder der Basis ergänzen zu können, um den Sitz der Prothesen zu verbessern (Abb. 12 und 13). Zusätzlich kann mit einem Zentrikregistrat die Okklusion noch einmal fein nachjustiert werden (Abb. 14).

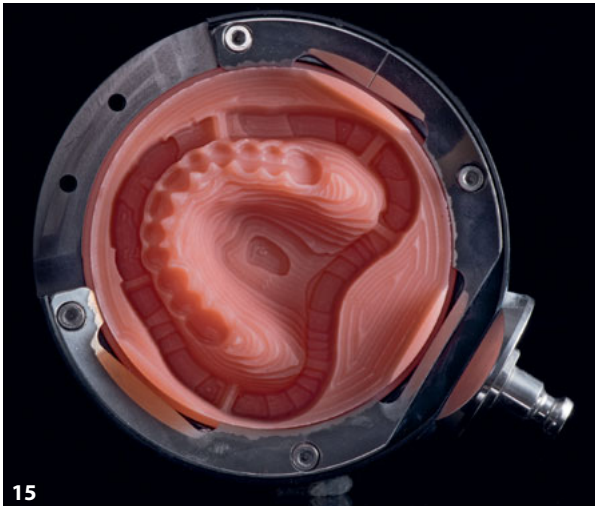
Ist der Patient mit dem Prothesendesign zufrieden, werden diese 3-D-gedruckten Dummy-Prothesen nun erneut eingescannt. Alle Informationen aus Gesichtscan und Dummy-Prothesen werden übernommen, der definitive Zahnersatz wird an die digitale Fertigung übergeben und mithilfe einer entsprechenden CAM-Software für die Fräsmaschine vorbereitet.

Herstellung der Totalprothese

Der erste Herstellungsschritt besteht darin, die Prothesenbasis zu fertigen. Diese wird zunächst nur von oral im Bereich der späteren Zahnpositionen fein ausgefräst, die restlichen oralen Anteile werden grob „vorgeschrubbt“. Simultan wird der Zahnkranz gefräst, der zuerst von der basalen Seite fein ausgefräst wird, um ein Zusam-



Abb. 12 und 13 Bei der Anprobe der Prothesen-Dummys besteht die Möglichkeit, die Funktionsränder zu ergänzen, um so den Sitz der Prothesen zu verbessern. **Abb. 14** Erneutes Zentrikregistrat mit den korrigierten Prothesen-Dummys.



menfügen der Teile zu ermöglichen. Vorteil dieser Methode ist, dass die Prothese aufgrund des durchgehenden Zahnkranzes über eine deutlich verbesserte Gesamtstabilität verfügt (Abb. 15 und 16).

Die einzelnen Komponenten werden jeweils mit Ivobase CAD Bond (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) verbunden, bei 50 °C und 2 bis 5 bar für 15 Minuten im Drucktopf.

Werden konfektionierte Prothesenzähne verwendet, dann werden diese mithilfe eines Transferschlüssels in die vorhandenen Alveolen der Basis eingebracht und einpolymerisiert, um eine exakte Positionierung der einzelnen Zähne nach dem Polymerisieren zu gewährleisten (Abb. 18)^{1,2,11,14}. Abschließend werden die Prothesen erneut in der Fräsmaschine eingespannt, um sowohl die basalen als auch die oralen Anteile fertig zu fräsen (Abb. 19).

Damit die Prothesen gerade im Bereich der Frontzähne noch individueller gestaltet werden können, besteht entweder die Möglichkeit, mit einem Cutback und anschließender individueller Schichtung mit Komposit den Frontzahn zu verändern, oder aber mit der Maltechnik bzw. mit Optiglaze, um so den Zäh-



Abb. 15 „Vorgeschrubberte“ Prothesenbasis mit fein ausgefrästen Zahnfächern, die der Aufnahme des Zahnkranzes dienen. **Abb. 16** Von basal fein gefräster Zahnkranz. **Abb. 17** Verbund des Zahnkranzes mit der Prothesenbasis mit Ivoclar Ivobase CAD Bond. **Abb. 18** Werden konfektionierte Prothesenzähne verwendet, so werden diese mithilfe eines Transferschlüssels in die vorhandenen Alveolen der Basis einpolymerisiert.

nen einen individuellen Charakter zu verleihen (Abb. 20 und 21)

Fazit

Die Herstellung von Totalprothesen mit CAD/CAM-Techniken bringt viele Vorteile für den Zahnarzt, den Techniker und den Patienten. Es gibt viele unbeantwortete Fragen, doch zahlreiche Hinweise, die im Alltag der Praxis auf signifikante Verbesserungen hinweisen.

Die Prothesen können in der Regel in drei Sitzungen hergestellt werden, was eine erhebliche Zeitersparnis gegenüber der konventionellen Methode bedeutet. Aufgrund des vorhandenen Datensatzes können mehrere baugleiche Prothesen hergestellt werden, ohne umfangreiche neue zahnärztliche Abformung und Registrierung.

Die Dimensionsveränderung aufgrund der Polymerisationsschrumpfung fällt offensichtlich bei der digital ge-

frästen Basis weg, was zu einem deutlich verbesserten Sitz der Prothesenbasis führt^{7,15}. Das reduziert den Zeitaufwand bei der abschließenden Remontage der Prothesen, da ja durch die fehlende Schrumpfung die Zähne beim Herstellungsprozess kaum in ihrer Position verändert werden.

Die industriell hergestellten Rohlinge haben eine sehr gute Biege- und Bruchfestigkeit, wodurch die Prothesenbasis deutlich dünner und damit komfortab-



Abb. 19 Gefräste Prothese, bevor sie vom Techniker individualisiert und ausgearbeitet wurde. **Abb. 20** Überarbeitete und individualisierte Prothese. **Abb. 21** Die fertige Oberkieferprothese. **Abb. 22** Eingegliederte Prothesen und eine zufriedene Patientin.



ler gestaltet werden kann. Durch den ge-
frästen Zahnkranz wird die Stabilität der
Basis erhöht.

Der deutlich verringerte Restmono-
mergehalt sollte zu einem geringeren
Allergiepotezial für die Patienten füh-
ren^{10,12,16,17}.

Die Plaqueaffinität der Prothese wird
durch das homogene, füllstofffreie Ma-
terial reduziert, was sicher auch das Auf-
treten von Druckstellen weitgehend ver-
hindert.

Weitere Untersuchungen sind not-
wendig, um die in der Praxis festgestell-
ten Vorteile der digital hergestellten To-
talprothesen zu bestätigen. Die darge-
stellte Vorgehensweise bringt evidente
Vorteile für den Zahnarzt, den Zahntechni-
ker und den Patienten. Mit geringerem
zeitlichen Aufwand und höherer Präzi-
sion kann den Patienten ein großes Stück
Lebensqualität zurückgegeben werden.

Literatur

- Alqarni H, AlHelal A, Kattadiyil MT. Computer-engineered complete denture fabrication with conventional clinical steps: A technique to overcome protocol limitations. *J Prosthet Dent* 2019;122:430-434.
- An X Chui Z, Yang HW, Choi BH. Digital workflow for fabricating an overdenture by using an implant surgical template and intraoral scanner. *J Prosthet Dent*. 2019 Aug 14. pii: S0022-3913(19)30345-2.
- Ayman AD. The residual monomer content and mechanical properties of CAD/CAM resins used in the fabrication of complete dentures as compared to heat cured resins. *Electron Physician* 2017;9:4766-4772.
- Baba NZ, AlRumaih HS, Goodacre BJ, Goodacre CJ. Current techniques in CAD/CAM denture fabrication. *Gen Dent* 2016;64:23-28.
- Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent* 2013;109:361-366.
- Busch M, Kordass B. Concept and development of a computerized positioning of prosthetic teeth for complete dentures. *Int J Comput Dent* 2006;9:113-120.
- Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2016;116:249-256.
- Infante L, Yilmaz B, McGlumphy E, Finger I. Fabricating complete dentures with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent* 2014;111:351-355.
- Inokoshi M, Kanazawa M, Minakuchi S. Evaluation of a complete denture trial method applying rapid prototyping. *Dent Mater* 2012;31:40-46.
- Janeva N, Kovacevska G, Janev E. Complete Dentures Fabricated with CAD/CAM technology and a traditional clinical recording method. *Open Access Maced J Med Sci* 2017;5:785-789.
- Kattadiyil MT, Goodacre CJ, Baba NZ. CAD/CAM complete dentures: a review of two commercial fabrication systems. *J Calif Dent Assoc* 2013;41:407-416.
- Kurahashi K, Matsuda T, Goto T, Ishida Y, Ito T, Ichikawa T. Duplication of complete dentures using general-purpose handheld optical scanner and 3-dimensional printer: Introduction and clinical considerations. *J Prosthodont Res* 2017;61:81-86.
- Micheelis W, Schiffner U. Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2005.
- Schlentz MA, Schmidt A, Wöstmann B, Rehmann P. Clinical performance of computer-engineered complete dentures: a retrospective pilot study. *Quintessence Int* 2019;50:706-711.
- Srinivasan M, Cantin Y, Mehl A, Gjengedal H, Müller F, Schimmel M. CAD/CAM milled removable complete dentures: an in vitro evaluation of trueness. *Clin Oral Investig* 2017;21:2007-2019.
- Steinmassl O, Offermanns V, Stöckl W, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl PA. In vitro analysis of the fracture resistance of CAD/CAM denture base resins. *Materials (Basel)* 2018;11. doi: 10.3390/ma11030401.
- Steinmassl PA, Wiedemair V, Huck C, et al. Do CAD/CAM dentures really release less monomer than conventional dentures? *Clin Oral Investig* 2017;21:1697-1705.
- Zhang Y D, Jiang J G, Liang T, Hu W P. Kinematics modeling and experimentation of the multi-manipulator tooth-arrangement robot for full denture manufacturing. *J Med Syst* 2011;35:1421-1429.



Dr. Sabine Hopmann
Untere Bergstraße 12
49448 Lemförde

ZTM Christian Hannker
Ludwig-Gefe-Str. 28
49448 Hüde

ZA und ZT Alexander Schem
(Adresse wie Dr. Sabine Hopmann)
E-Mail: alex.schem@gmx.de

ZT Janine Fiefstück
(Adresse wie ZTM Christian Hannker)