

Zahnmedizin *up2date*

3 · 2019

Prothetik 9

Digitale Totalprothesen – Möglichkeiten und Grenzen

*Ingrid Grunert
Florian Klaunzer
Lukas Ruech
Otto Steinmaßl
Patricia-Anca Steinmaßl*

DOI: 10.1055/a-0646-9304

Zahnmedizin up2date 2019; 13 (3): 199–215

ISSN 1865-0457

© 2019 Georg Thieme Verlag KG

Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

Der Stift im Wurzelkanal – differenzialtherapeutische Überlegungen R. Krug, G. Krastl Heft 1/2019

CAD/CAM-gefertigte Einzelzahnrestaurationen: Empfehlungen zur Materialauswahl S. Rinke, I. Davarpanah, H. Ziebolz Heft 1/2018

Die dentolabiale Ästhetik S. Mansour, P. Pospiech Heft 5/2017

Magnetattachments im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich F. Blankenstein Heft 4/2017

Vertikalrelation K.-H. Utz Heft 5/2016

Abformung – konventionell versus digital D. Zügel, R. Luthardt, M. Graf, H. Rudolph Heft 4/2016

Präparation zur Aufnahme von Vollkronen A. Podhorsky, B. Wöstmann Heft 2/2016

Remontage von Totalprothesen E. König, T. de Sousa, H.-C. Lauer Heft 1/2016

Teilkronen B. Ohlmann, S. Rues, P. Rammelsberg Heft 3/2015

Ist die herausnehmbare Teilprothese noch up to date? P. Pospiech Heft 2/2015

Bisshebung – Möglichkeiten und Grenzen P. Rammelsberg Heft 3/2014

Prothetische Versorgung auf kurzen Implantaten M. Brenner, J. Brandt, H.-C. Lauer Heft 2/2014

Cerec-Verfahren Update S. Reich Heft 5/2013

Zirkonoxidkeramik in der zahnärztlichen Prothetik – eine Standortbestimmung 2013 S. Rinke, S. Schäfer, M. Rödiger Heft 3/2013

Adhäsivbrücken K. Kuhn, R. Luthardt Heft 6/2012

Misserfolge in der zahnärztlichen Prothetik – Ursachen erkennen und vermeiden H. Tschernitschek Heft 5/2012

Doppelkronenversorgungen – noch up2date? C. Weinbach, H.-C. Lauer Heft 4/2012

Orale Parafunktionen und Abrasion der Zähne U. Lotzmann Heft 2/2012

Parodontale Therapie und prothetische Versorgung im parodontal vorgeschädigten Gebiss N. Zitzmann, S. Lill Buset, R. Weiger Heft 1/2012

Begutachtung zahnärztlich-prothetischer Planungen A. Berndt, D. Brose Heft 5/2011

Brückenprothetik P. Rammelsberg Heft 1/2011

Restauration im Seitenzahnbereich – Hilfen zur Entscheidungsfindung G. Meyer, R. Biffar Heft 5/2010

Die einseitig verkürzte Zahnreihe R. Biffar, T. Mundt Heft 1/2010

Kaudruckableitung und -verteilung beim abnehmbaren Zahnersatz N. Müller Heft 6/2009

Kronen- und Brückenprovisorien T. Joda, S. Pieger, G. Heydecke Heft 5/2009

Gerostomatologie und Prothetik B. Wöstmann, P. Rehmann Heft 4/2009

Gesundheitsnutzen prothetischer Strategien R. Biffar, S. Samietz Heft 3/2009

Die Versorgung des zahnlosen Patienten K.-E. Dette Heft 2/2009

Kombinierter Zahnersatz: Planung und Realisierung K. Böning Heft 6/2008

Vollkeramische Restaurationen H. Rudolph, R. Luthardt Heft 5/2008

Die gegossene Teilprothese R. Biffar Heft 2/2007

Zahnverlust – Zahnersatz M. Walter Heft 1/2007

ALLES ONLINE LESEN



Mit der eRef lesen Sie Ihre Zeitschrift: online wie offline, am PC und mobil, alle bereits erschienenen Artikel. Für Abonnenten kostenlos! <https://eref.thieme.de/zahn-u2d>

JETZT FREISCHALTEN



Sie haben Ihre Zeitschrift noch nicht freigeschaltet? Ein Klick genügt: www.thieme.de/eref-registrierung

Digitale Totalprothesen – Möglichkeiten und Grenzen

Ingrid Grunert, Florian Klauzner, Lukas Ruech, Otto Steinmaßl, Patricia-Anca Steinmaßl



Das digitale Zeitalter hat nun auch die Herstellung von Totalprothesen erreicht. Bei der CAD/CAM-Fertigung von Totalprothesen gibt es 2 Wege: das innovative Behandlungskonzept, also Abformung und Kieferrelationsbestimmung in einer Sitzung, oder der gewohnte klinische Ablauf über Wachsprobe und anschließende Fräsung der Prothesenbasen. Der Beitrag geht insbesondere auf die neuen Herstellungswege ein und nimmt einen Vergleich zur konventionellen Prothesenanfertigung vor.

Einleitung

Computerunterstützte Anwendungen sind in den meisten Bereichen der Zahnheilkunde heute als Standardversorgung anzusehen. In der Totalprothetik finden sich aber erst seit ca. 20 Jahren neue, digital unterstützte Behandlungswege [1, 2], die langsam auch den Weg in die zahnärztliche Praxis finden. Mit den neuen Möglichkeiten der CAD/CAM-Technologie zur Herstellung von herausnehmbarem Zahnersatz findet sich auch neues Interesse für den abnehmbaren Zahnersatz, insbesondere bei jüngeren Zahnärzten und Zahntechnikern [3].

Erste Hinweise, dass CAD/CAM-Totalprothesen in den klinischen Anwendungen vorteilhafte Eigenschaften gegenüber konventionell gefertigtem Zahnersatz aufweisen, zeigen Studien der Universität Loma Linda [4] und der Medizinischen Universität Innsbruck [5, 6]. In ihrem Review beschreiben Bidra et al. 2013 folgende Vorteile für CAD/CAM-gefertigte Totalprothesen [7]:

- reduzierte Zahl an Behandlungsterminen (Vorteil besonders für ältere Patienten)
- höhere Festigkeit und bessere Passung der Prothesen, da diese aus einem polymerisierten Block gefräst werden
- geringere Plaqueakkumulation, damit einhergehend eine geringere Entzündungsrate der Schleimhäute
- niedrigere Kosten
- problemlose Anfertigung von Duplikatprothesen
- einfachere Standardisierung der Abläufe
- Möglichkeit der besseren Qualitätskontrolle

In der Literatur werden vorwiegend 4 Systeme (AvaDent Digital Dentures, Baltic Denture System, DentCa-Prothesen sowie Wieland Digital Denture) beschrieben [5, 7–11]. Das DentCa-System ist einige Jahre auch von der Firma Hereus (Mitsui Chemicals) als Whole-You-Nexteeth-

System vertrieben worden. Derzeit sind die DentCa-Prothesen allerdings nur in den USA verfügbar. Daneben bieten auch noch Vita (Vita Vionic) und Amman Girschbach CAD/CAM-gefertigte Totalprothesen an.

Merke

Bei den neuen Herstellungsverfahren müssen aber viele Dogmen aus der konventionellen Totalprothetik verlassen werden, weil sie bei digitaler Herstellung nicht mehr gültig sind.

So ist es z.B. bei einer digital gefertigten Oberkieferprothese nicht notwendig, die A-Linie zu radieren, da ja keine Polymerisationsschrumpfung ausgeglichen werden muss. Im Gegenteil, radiert man bei digital hergestellten Prothesen die A-Linie weiter wie gewohnt, wird der Prothesenhalt deutlich schlechter.

Hierzu gibt es aber in vivo nur rein empirische Erfahrungen. Wir haben ausgehend von einer digitalen Abformung des Oberkiefers 6 Prothesen in 3 Fräsmaschinen angefertigt, jeweils mit und ohne radierte A-Linie. In allen Fällen war der Saugeffekt der Prothese ohne A-Linien-Radierung deutlich besser, da es hier zur spaltfreien Anlagerung der Prothese am dorsalen Abschlussrand gekommen ist (Außenventil).

CAD/CAM-Systeme im Vergleich

Bisher gab es bei der Versorgung mit konventionellen Totalprothesen zwar Modifikationen (insbesondere bei den Okklusionskonzepten), das Grundprinzip der Prothesenherstellung ist aber über Jahrzehnte weitgehend unverändert geblieben und umfasst 5 Behandlungstermine bis zur Übergabe der Prothesen.

► **Tab. 1** Übersicht über verschiedene Herstellungsprotokolle [12].

Sitzung	konventionelle Prothesenherstellung	Wieland Digital Denture	AvaDent Digital Dentures	DentCa	Baltic Denture System
1	anatomische Abformung	anatomische Abformung, provisorische Kieferrelationsbestimmung	Abformung, Kieferrelationsbestimmung	Abformung, Kieferrelationsbestimmung	Abformung, Kieferrelationsbestimmung
2	Funktionsabformung	Funktionsabformung, Kieferrelationsbestimmung	Einprobe (fakultativ)	Einprobe (fakultativ)	Eingliederung
3	Kieferrelationsbestimmung (Wachswälle/ Gerber-Registart	Einprobe (fakultativ)	Eingliederung	Eingliederung	Remontage
4	Wachsprobe	Eingliederung	Remontage	Remontage	–
5	Eingliederung	Remontage	–	–	–
6	Remontage	–	–	–	–

Merke

Eine Remontagesitzung zur Optimierung der Okklusion ist zwingend erforderlich, auch wenn sie in der Praxis oft nicht durchgeführt wird.

Mit den neuen CAD/CAM-Systemen gibt es im klinischen Behandlungsablauf Änderungen im Vergleich zum konventionellen Herstellungsprozess. Die notwendige Sitzungszahl für die Herstellung von CAD/CAM-Totalprothesen bis zur Übergabe der Prothesen beläuft sich je nach Hersteller auf 2–4 Sitzungen (► **Tab. 1**) [12].

Ruech verglich [13] die benötigten Zeitaufwände zwischen konventioneller Prothesenherstellung und digitaler Fertigung. In ► **Abb. 1** wird anhand des DentCa-Systems (= Whole You Nexteeth) exemplarisch die konventionelle Vorgehensweise mit digital hergestellten Prothesen – insbesondere hinsichtlich der Zeitersparnis – verglichen [13]. Während bei konventioneller Fertigung die Gesamtbehandlungszeit des Zahnarztes mit ca. 170 min kalkuliert ist, beträgt diese bei den neuen Behandlungskonzepten oft nur die Hälfte (ca. 90 min bei DentCa). Die angegebenen Zeiten sind unsere Durchschnittswerte bei der Prothesenherstellung.

Klinische Vorgehensweise bei konventioneller und digitaler Fertigung von Totalprothesen

Durch die Digitalisierung der Totalprothesenherstellung werden diverse Arbeitsschritte wie die Zahnaufstellung erleichtert bzw. automatisiert. Eine rein digitale Herstellung ist aber noch nicht möglich. Daher erfolgt heute immer noch eine Kombination von konventionellen Schritten (der Abformung und der Kieferrelationsbestimmung)

mit anschließender digitaler Planung und Fertigung. Die einzelnen Hersteller haben dabei jeweils ein eigenes Instrumentarium zur Abformung und Kieferrelationsbestimmung entwickelt.

Zum besseren Verständnis sollen zunächst die klinischen Schritte der einzelnen Systeme dargestellt werden [5].

Klinische Systeme

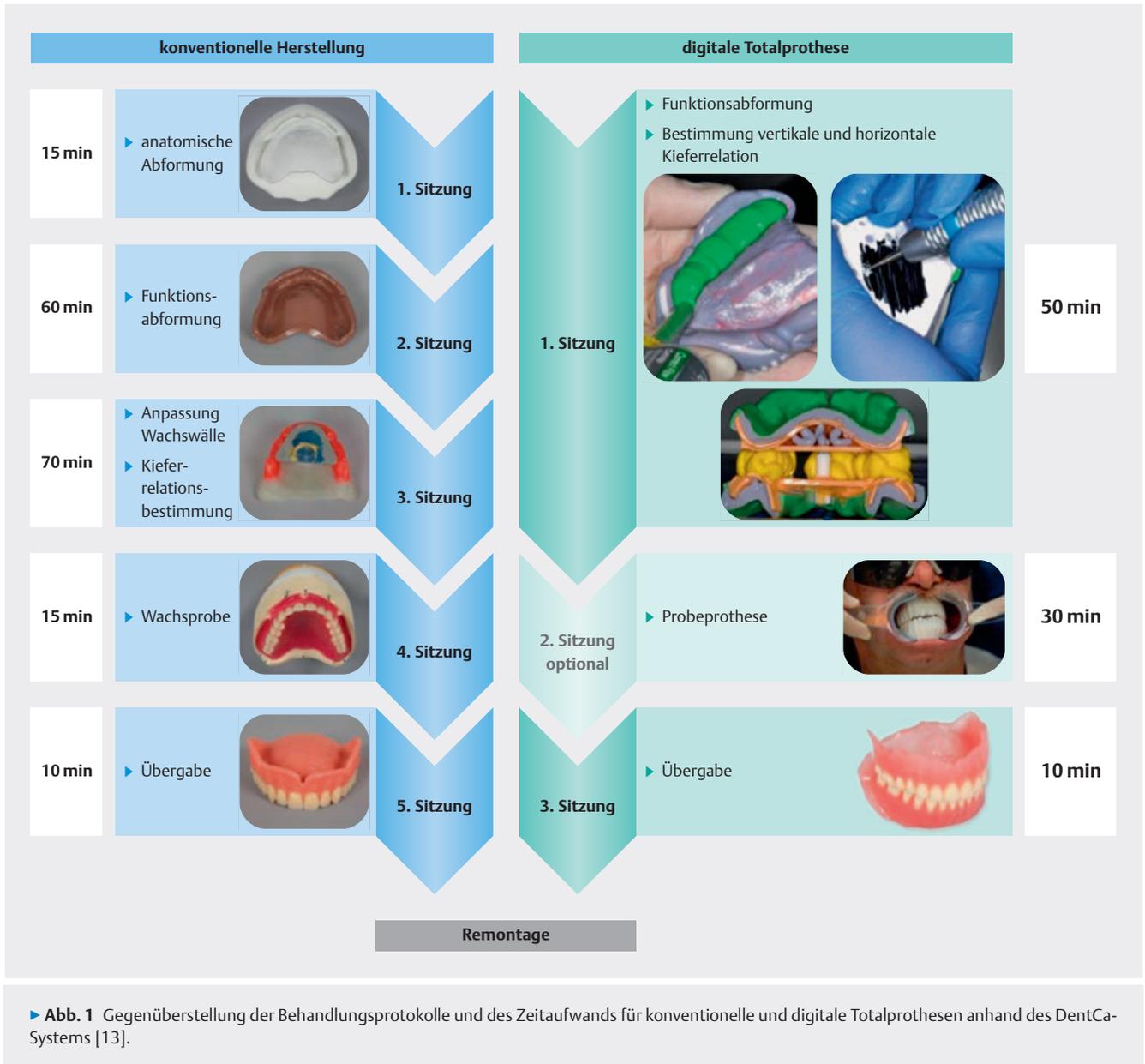
Wieland Digital Denture

Dieses System ist dem konventionellen Herstellungsprozess am ähnlichsten. Nach Erstabformungen mit Alginate erfolgt in der 1. Sitzung eine provisorische Einstellung der vertikalen Dimension und der Okklusionsebene mittels UTS CAD, einem speziellen Okklusionom. Beim 2. Termin werden mit individuell gefrästen Löffeln die Funktionsabformungen und die Kieferrelationsbestimmung mittels Pfeilwinkelregistart durchgeführt. Die Einprobe der gefrästen Probeprothesen ist beim 3. Termin möglich. Die Übergabe der Prothesen erfolgt beim 4. Termin.

AvaDent Digital Dentures

Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Abformung sowie die Kieferrelationsbestimmung durchzuführen. Falls die vorhandenen Prothesen passen, können diese in Kunststoff dubliert und als individuelle Löffel verwendet werden. Hiermit erfolgen die Funktionsabformungen und das Zentrikregistart.

Falls die Ausgangsprothesen nicht passen sollten, werden in der 1. Sitzung die Funktionsabformungen mit thermoplastischen Löffeln durchgeführt. Die anschließende Bissregistrierung erfolgt mit dem „Anatomical Measuring Device“, einem Stütztift, der auch zur Anpassung der Oberkieferfront verwendet wird. Der 2. optionale Termin dient der Einprobe und der 3. der Eingliederung der Prothesen.



DentCa (= Whole You Nexteeth)

Hier gibt es spezielle konfektionierte Abformlöffel in 4 Größen, mit denen neben den Funktionsabformungen auch das Stützstiftregistrat durchgeführt wird. Die Ausrichtung der Okklusionsebene erfolgt automatisch durch die Software, was aber häufig zu einer falsch eingestellten Okklusionsebene führt. Nach einer optionalen 2. Sitzung zur Kontrolle können die Prothesen in der 3. Sitzung eingesetzt werden.

Baltic Denture System

Hier wird das Key Set, bestehend aus Upper Key, Lower Key und dem Keylock, zur Individualisierung verwendet. Upper und Lower Key gibt es in 3 Größen. Sie dienen wäh-

rend des 1. Termins zur Erfassung der Okklusionsebene, der Position der Gesichtsmitte, der Lage der Kiefer zueinander und der Verschlüsselung der Bisslage. Die Funktionsabformungen erfolgen entweder mit den Keys oder mit konfektionierten Abformlöffeln. Die Eingliederung der Prothesen erfolgt in der 2. Sitzung.

Unterschiede

Unsere Erfahrungen gehen auf die Versorgung von ca. 20 Patienten zurück, die mit den 4 wichtigsten Systemen versorgt wurden (DentCa, AvaDent, Baltic Denture System, Wieland Digital Denture). Das klinische Vorgehen erfolgte stets nach dem jeweils empfohlenen Protokoll der Hersteller.

Im Folgenden sollen die Unterschiede im klinischen Vorgehen zwischen der konventionellen Totalprothetik und den neuen Konzepten dargestellt werden, wobei insbesondere eingegangen wird auf [14]:

- Abformung
- Kieferrelationsbestimmung (vertikale und sagittale Kieferrelation)
- funktionelle Aspekte, z. B. Neigung der Okklusionsebene

INFO

Welche Informationen benötigt man, um funktionsfähige Prothesen eingliedern zu können?

1. exakte Abformungen des zahnlosen Ober- und Unterkiefers
2. Bestimmung der korrekten vertikalen Dimension (VD)
3. zentrische Kieferrelationsbestimmung
4. Bestimmung der Länge der Inzisalkante im Oberkiefer und Parallelität der Front zur Bipupillarlinie
5. Auswahl passender Zähne und Bestimmung der Mittellinie
6. Festlegung der Neigung der Okklusionsebene (Parallelität zur Camper'schen Ebene)

► **Abb. 2a** bis **Abb. 2f** zeigen am Beispiel des DentCa-Systems die notwendigen Schritte, um ästhetische und funktionsfähige Prothesen anfertigen zu können. Beim AvaDent-System kann zusätzlich noch die Frontzahnaufstellung simuliert werden (► **Abb. 2g**) und bei Baltic Denture System und Wieland Digital Denture kann die Okklusionsebene nach der Camper'schen Ebene ausgerichtet werden (► **Abb. 2h**).

Abformung der zahnlosen Kiefer

In der konventionellen Totalprothesenherstellung werden zunächst anatomische Abformungen mit konfektionierten Löffeln (z. B. von Schreinemakers) und Alginat angefertigt. Auf diesen Erstmodellen werden individuelle Löffel aus einem Autopolymerisat (z. B. aus C-Plast von Candulor) hergestellt. Im Mund werden die Löffelränder mit einer thermoplastischen Kompositionsmasse (z. B. Stangen Stents Kerr- oder GC-Compound) schrittweise angepasst und abgedichtet, sodass ein Saugeffekt entsteht. Anschließend werden Funktionsabformungen (z. B. mit Permlastic light body) angefertigt. Es gibt zahlreiche Literatur, die die konventionelle Vorgehensweise detailliert beschreibt [15].

Es stellt sich bei digitaler Fertigung der Prothesen die Frage, ob diese aufwendigen Schritte tatsächlich notwendig sind. Unser Autorenteam hat die neuen Abformmetho-

den der erwähnten Hersteller digitaler Prothesen völlig unvoreingenommen ausprobiert [5].

Bis auf das System von Wieland Digital Denture, das eine Vorabformung und eine Funktionsabformung vorsieht, erfolgt bei den anderen 3 Systemen (AvaDent, Baltic Denture, DentCa) nur eine einzige Abformung (mit thermoplastischen Löffeln und einem gut scanbaren Abformmaterial (z. B. Chromaclone PVS, Ultradent Products). Nach Auswahl der passenden Löffelgröße erfolgt zunächst eine Abformung mit einem Heavy-Body-Silikon, ehe ein Wachsabdruck mit einem Light-Body-Silikon erfolgt. Die Funktionsränder müssen nicht Schritt für Schritt mit Kompositionsmasse aufgebaut und abgedichtet werden, sondern sollten z. B. durch Anwendung einer Heavy-Body-Abformmasse (Virtual von Ivoclar) in einem Schritt dargestellt werden.

Beim AvaDent-System ist es auch möglich, die vorhandenen Prothesen – sofern diese gut passen – chairside zu duplizieren und mit den Kunststoffduplikaten die Abformungen auszuführen, was eine deutliche Zeitersparnis mit sich bringt. Die Abformung ist somit viel einfacher und schneller als bei konventionellem Vorgehen durchführbar.

Merke

Die Passform der digitalen Prothesen ist aber natürlich immer nur so gut, wie die Abformung alle Bereiche darstellt, die von der Prothese bedeckt sein sollen.

Es wurde auch die digitale Abformung zahnloser Kiefer getestet [16]. Diese funktioniert im Oberkiefer erstaunlich gut, im Unterkiefer ist das Ergebnis aber noch nicht befriedigend (► **Abb. 3**). Ähnliche Erfahrungen werden auch von der Universität Loma Linda berichtet [17].

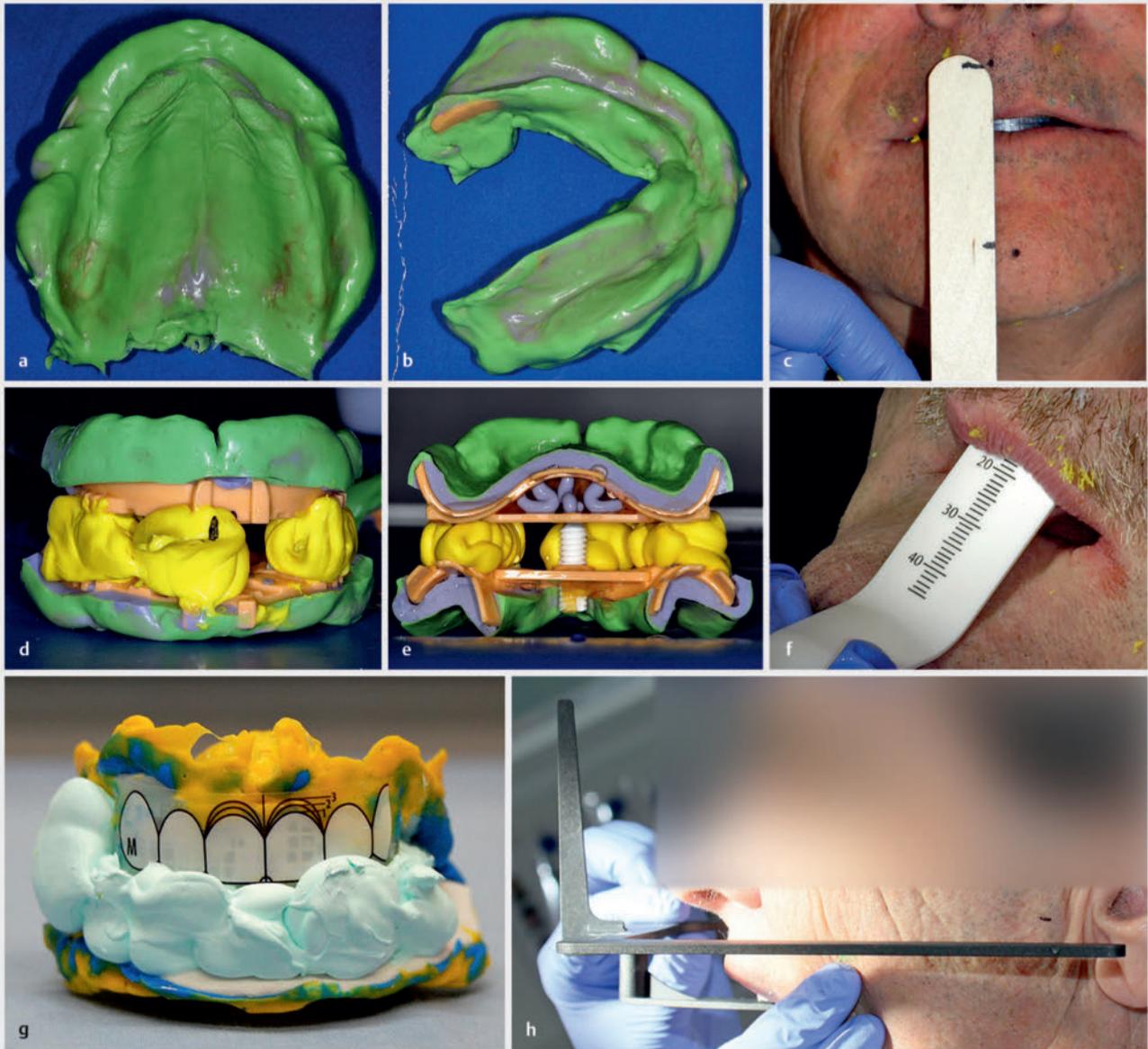
Bestimmung der vertikalen und sagittalen Kieferrelation

Dies ist in der konventionellen Prothesenherstellung die längste und schwierigste Sitzung. Dabei müssen zunächst die Wachswälle auf die individuellen Gegebenheiten eingestellt werden:

- Länge des oberen Wachswalls
- Bipupillarlinie
- Einstellung der Okklusionsebene in Parallelität zur Camper'schen Ebene
- Bestimmung der vertikalen Dimension und des Muskelgleichgewichts

Ästhetische und phonetische Erfahrungswerte ermöglichen die Kontrolle der eingestellten Vertikaldimension.

Wenn die Wachswälle in der vertikalen und transversalen Dimension angepasst sind, erfolgt in einem 2. Schritt die zentrische Kieferrelationsbestimmung mittels Stützstift oder zentrischem Registrat.



► **Abb. 2** Prothesenanfertigung.

- a Abformung des Oberkiefers mittels DentCa-System.
- b Abformung des Unterkiefers mittels DentCa-System.
- c Kontrolle der eingestellten Vertikaldimension.
- d Verschlüsselung der Ober- und Unterkieferabformungen nach zentrischer Kieferrelationsbestimmung (DentCa-System).
- e Kieferrelationsbestimmung erfolgte mit dem Stützstift (von dorsal beachtet; DentCa-System)
- f Bestimmung der Länge der Oberlippe (DentCa-System).
- g Beim AvaDent-System kann zusätzlich noch die Frontzahnaufstellung mittels Klebefolie visualisiert werden.
- h Beim Baltic Denture System kann die Camper'sche Ebene eingestellt werden.

Merke

Die korrekte gelenkbezügliche Zuordnung des Unterkiefers ist im klinischen Ablauf einer der schwierigsten Schritte und sowohl für den Prothesenhalt als auch für die Adaptation der Prothesen von entscheidender Bedeutung.

Bei den Konzepten für die digital hergestellten Prothesen widmet man diesen Schritten viel weniger Aufmerksamkeit als bei konventioneller Vorgehensweise. Nach näherungsweise Bestimmung der Vertikaldimension erfolgt die Kieferrelationsbestimmung meist mittels Stützstiftregistrat (► **Abb. 2 e**).



► **Abb. 3** Digitale Abformung.
 a Die digitale Abformung des Oberkiefers ist meist ausreichend genau möglich (mittels CARA-Trios).
 b Die digitale Abformung des Unterkiefers ist derzeit noch nicht in der notwendigen Qualität möglich (posteriore Abschnitte sind nicht dargestellt).



► **Abb. 4** Baltic Denture System mit dem Keylock zur Verschlüsselung der Unterkieferposition.
 a Ansicht Oberkiefer.
 b Ansicht Unterkiefer.



► **Abb. 5** Abformung und zentrische Zuordnung mit chairside gefertigten Duplikatprothesen (AvaDent).

Beim Baltic Denture System ist die Vorgehensweise bei der Kieferrelationsbestimmung eine andere. Sie erfolgt hier über einen Klickmechanismus, ähnlich dem von Legosteinen (Keylock, ► **Abb. 4**). Nach Ausrichtung und Abformung des Oberkiefers wird der Upper Key mit dem Lower Key über das Keylock fixiert, danach kommt Abformmaterial in den Lower Key und es wird gleichzeitig die Relationsbestimmung und die Abformung des Unterkiefers vorgenommen. Dies ist auch für einen erfahrenen Prothetiker anfangs nicht einfach durchzuführen.

Als Vorteil gegenüber dem konventionellen Vorgehen ist aber bei den neuen Konzepten (bis auf das Baltic Denture System) der bessere Halt der Löffel während der Registrierung zu erwähnen, da die Kieferrelationsbestimmung mit den eingegliederten Funktionsabformungen als Abformregistratorblock (► **Abb. 5**) erfolgt [18].

Einstellung der Okklusionsebene

Die Neigung der Okklusionsebene ist ein wichtiger funktioneller Parameter und orientiert sich in der Totalprothetik im Allgemeinen nach der Camper'schen Ebene.

Cave

Aus funktioneller Sicht ist eine nach hinten und unten geneigte Okklusionsebene sehr ungünstig, da es hier zu einer Überlastung der Oberkieferfrontregion mit potenzieller Schlotterkambildung kommen kann.

Bei manchen digitalen Systemen ist die Neigung der Okklusionsebene individuell einstellbar (► **Abb. 2 h**). Ist dies nicht der Fall, kann es neben funktionellen auch zu ästhetischen Problemen kommen.

► **Tab. 2** zeigt, welche notwendigen Anpassungsschritte bei der Herstellung von Totalprothesen bei konventionellem Vorgehen und den einzelnen digitalen Systemen bestehen [14].

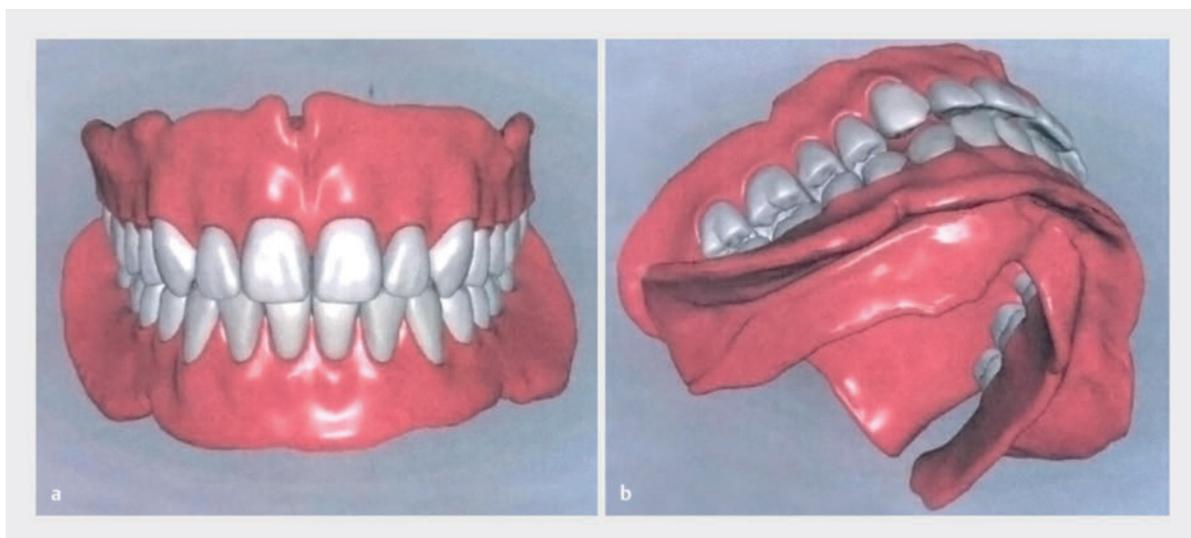
Problematisch kann beim AvaDent- und beim DentCa-System die fehlende Berücksichtigung der Neigung der Okklusionsebene sein. Bei den Baltic Denture Systems ist die Kieferrelationsbestimmung eine potenzielle Fehlerquelle.

Planung und Einprobe

Aus dem digitalen Datensatz wird durch die Software eine virtuelle Prothese erstellt (► **Abb. 6**). Bis auf das Baltic Denture System ist eine Einprobe bei allen anderen Systemen mittels gedruckter Probeprothesen möglich (► **Abb. 7**).

► **Tab. 2** Vergleich der notwendigen Informationen zur Prothesenherstellung [14].

	Konventionelle Prothesen	Wieland Digital Denture	AvaDent Digital Dentures	DentCa	Baltic Denture System
Abformung	✓	✓	✓	✓	✓
vertikale Dimension	✓	✓	✓	✓	✓
zentrische Relation	✓	✓	✓	✓	-
Länge der Inzisalkante Oberkiefer	✓	✓	✓	✓	✓
Mittellinie und Auswahl der Prothesenzähne	✓	✓	✓	✓	✓
Berücksichtigung der Neigung der Okklusionsebene	✓	✓	-	-	✓



► **Abb. 6** Am Bildschirm erstellter Vorschlag der Zahnaufstellung (AvaDent). Zähne können auch einzeln umgestellt werden.
a Ansicht von frontal.
b Ansicht von kaudal.



► **Abb. 7**
 a Gedruckte Monoblockprothesen (DentCa).
 b Probeprothesen (Wieland Digital Denture).

Merke

Auf diese zusätzliche Sitzung sollte auch nach Möglichkeit nicht verzichtet werden, da Fehler wie eine Mittellinienabweichung vor der Fertigung der Prothesen korrigiert werden können.

Digitale Fertigung

Nach Freigabe der Planung durch den Zahnarzt (virtuelle 3-D-Ansicht des Prothesendesigns) werden die Daten an die Produktionseinheit weitergeleitet. Derzeit finden vorwiegend subtraktive Verfahren Anwendung (Fräsen) – additive Verfahren (3-D-Printer) sind in Entwicklung. Bei DentCa werden aber heute schon gedruckte Prothesen hergestellt.

Der Vorteil subtraktiver Verfahren liegt in der guten Passung, der Nachteil jedoch im hohen Materialverbrauch, denn es wird eine relativ kleine Prothesenbasis aus dem vergleichsweise großen Rohling gefräst. Nachteil des 3-D-Drucks ist, dass die notwendige Passung zur Herstellung der endgültigen Prothese meist noch nicht erreicht wird.

Eingliederung

Auffällig war bei allen Patienten, die wir bisher mit digitalen Prothesen versorgt haben, der ausgezeichnete Prothesenhalt, der auch bei schwierigen Kieferverhältnissen wie Schlotterkamm oder starken alveolären Resorptionen erreicht werden konnte. Weiter wiesen die Patienten nach der Eingliederung deutlich weniger Druckstellen auf als bei konventioneller Prothesenherstellung.

Merke

Um die Okklusion möglichst optimal einstellen zu können, sollte auf die Remontage auch bei digitaler Fertigung nicht verzichtet werden.

► **Abb. 8** zeigt das klinische Ergebnis mit dem AvaDent-System, mit sehr gutem Anklang beim Patienten.

CAD/CAM-Totalprothesen aus materialkundlicher Sicht

Monomerfreisetzung

Um die materialkundlichen Eigenschaften von CAD/CAM-Prothesen besser zu verstehen, ist es wichtig, sich nochmals vor Augen zu führen, dass die Prothesenbasen bei der CAD/CAM-Fertigung subtraktiv hergestellt werden. Das bedeutet, dass die Basen aus Kunststoffrohlingen herausgefräst werden, die industriell vorgefertigt werden. Die industrielle Fertigung bringt eine konstantere Produktqualität, und auf die Rohlinge („Blanks“) kann auch während der Polymerisation höherer Druck appliziert werden als bei der konventionellen Polymerisation.

Als einer der Hauptvorteile der CAD/CAM-Fertigung von Kunststoffprothesenbasen wurde die mutmaßlich geringere Monomerfreisetzung propagiert. Um diese Hypothese in einem klinisch relevanten Setting zu untersuchen, wurden CAD/CAM-Prothesen verschiedener marktführender Hersteller untersucht. Die Prothesen wurden für 1 Woche in ein standardisiertes, körperwarmes Wasserbad eingelegt, und anschließend wurde der Monomergehalt in der Einlegeflüssigkeit gemessen. Zusätzlich wurde auch das Volumen, Gewicht und die Dichte der einzelnen Prothesen verzeichnet. Es konnte gezeigt werden, dass einige Hersteller Prothesen mit signifikant geringerem Gewicht und teilweise auch geringerem Volumen als das von konventionellen Prothesen herstellten. Gleichzeitig war auch die Materialdichte der Prothesen teilweise höher als bei der Vergleichsgruppe (konventionelle Prothesen, im Langzeit-Heißpolymerisationsverfahren hergestellt) [19].



► **Abb. 8** Klinisches Ergebnis des Systems AvaDent Digital Dentures.
 a Okklusale Prothesenansicht vor der Eingliederung.
 b Basale Prothesenansicht vor der Eingliederung.
 c Mittlerweile kann auch das Zahnfleisch von digital gefertigten Prothesen ein natürliches Erscheinungsbild haben.
 d Ästhetisches Ergebnis.

Insgesamt setzten alle untersuchten Prothesen nur sehr wenig Methacrylatmonomer frei, wobei nur ein CAD/CAM-Hersteller weniger Monomer freisetzte als die konventionell gefertigten heiß polymerisierten Prothesen, nämlich das Baltic Denture System. Hier ist der Prothesenzahnkranz bereits in standardisierter Aufstellung im Fräsrohling integriert (BD Load) [19].

Nachdem keine statistisch nachweisbaren Korrelationen zwischen der Monomerfreisetzung mit dem Prothesenvolumen oder der Prothesendichte nachgewiesen werden konnten, wurde vermutet, dass die Quelle des freigesetzten Methacrylats möglicherweise das Adhäsiv sein könnte. Dieses wird bei den meisten CAD/CAM-Systemen verwendet, um die Prothesenzähne an der Basis zu befestigen.

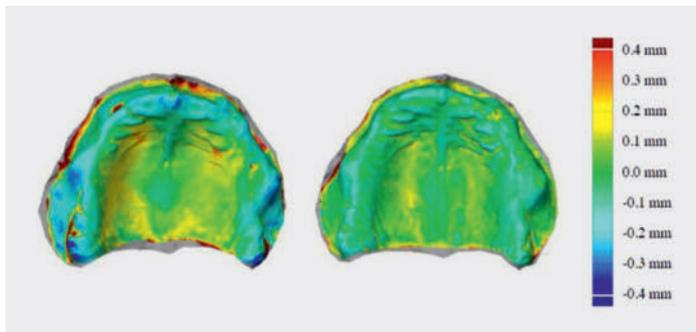
In jedem Fall ist der aktuelle Stand der Wissenschaft, dass CAD/CAM-Totalprothesen nicht weniger Monomer freisetzen als manuell gefertigte Prothesen mittels Langzeit-Heißpolymerisation [19].

Höhere Passgenauigkeit

Als 2. fertigungstechnisch bedingter Vorteil wurde die höhere Passgenauigkeit der Prothesenbasen angegeben. Diese erklärt sich durch Wegfall der Polymerisations-schrumpfung, die ca. 3% beträgt.

Da bei der subtraktiven Fertigung die Polymerisations-schrumpfung bereits vor Beginn des Fräsens, nämlich bei der Fertigung der Blanks, stattfindet, sind die fertig gefrästen Basisplatten keinen weiteren Form- oder Volumenänderungen mehr unterworfen [6]. Die Frage war nun, ob daraus auch eine objektiv nachweisbare bessere Passgenauigkeit resultiert. Zu diesem Zweck wurden die gaumenseitigen Prothesenbasisflächen sowohl von CAD/CAM- als auch von konventionell gefertigten Prothesen digital gescannt und mit den Scans der jeweiligen Meistermodelle verglichen. Alle CAD/CAM-Systeme waren in der Lage, Basen mit höheren Passgenauigkeiten zu produzieren als die Langzeit-Heißpolymerisation [20].

Besonderes beachtenswert und klinisch relevant sind die deutlich größeren Inkongruenzen in der posterioren Region des Oberkiefers bei konventioneller Fertigung, verglichen mit allen CAD/CAM-Systemen. Die Aufschlüsselung der Passgenauigkeiten auf verschiedene anatomische Gaumenregionen zeigte zudem, dass besonders Regionen mit Unterschnitten eine Herausforderung für die Fräse darstellten, und teilweise weniger genau reproduziert werden konnten. Interessanterweise wurde die Passgenauigkeit der Prothesen durch wiederkehrende Temperaturwechsel nicht beeinflusst. Insgesamt darf also davon ausgegangen werden, dass CAD/CAM-gefertigte Prothesenbasen eine genauere Passung aufweisen,



► **Abb. 9** Vergleich der Passgenauigkeit der Prothesenbasis. Links: konventionelle Totalprothese (Heißpolymerisat). Rechts: CAD/CAM-Totalprothese (Wieland Digital Denture).

was im klinischen Alltag einen besseren Prothesenhalt und eine geringere Druckstellenhäufigkeit bedingt [20].

► **Abb. 9** veranschaulicht die Passung einer konventionellen und einer mittels CAD/CAM-Technologie gefertigten Oberkiefertotalprothese mit dem Ausgangsmodell. Beide Prothesen wurden am selben klinischen Ausgangsmodell gefertigt. Während die digital hergestellte Prothese an der Schleimhaut relativ gleichmäßig aufliegt (rechts), sieht man bei der konventionell gefertigten Prothese vermehrt deutliche Passungenauigkeiten der Prothesenbasis (links) [20].

Hygienefähigkeit

Skepsis bestand hingegen bezüglich der gefrästen Oberflächen, da ein nachteiliger Effekt auf die Hygienefähigkeit der Prothesen vermutet wurde. Um die Oberflächeneigenschaften von CAD/CAM-Prothesen zu evaluieren, wurden einerseits profilometrische Rauigkeitsmessungen, andererseits Hydrophilietests durchgeführt. Die Versuchsreihen zeigten, dass CAD/CAM-Prothesen deutlich glattere Oberflächen als konventionell gefertigte aufwiesen. Auch die Fräsrillen auf den schleimhautseitigen Prothesenflächen von CAD/CAM-Prothesen hatten meist eine Konfiguration, die die Reinigung mittels gängiger Zahnbürsten ermöglichen sollte. Zudem waren die untersuchten CAD/CAM-Prothesenoberflächen hydrophiler und hatten großteils eine geringere freie Oberflächenenergie. Dies kann einerseits die mikrobielle Adhäsion an die Oberflächen reduzieren, andererseits aber auch dazu führen, dass adhärenter Biofilm leichter entfernt werden kann.

Merke

Es ist keineswegs so, dass CAD/CAM-Prothesenoberflächen per se ein Hygienrisiko darstellen. Vielmehr dürfte – bei korrekter Pflege – die Hygienefähigkeit sogar besser sein [21].

Bruchfestigkeit

Überraschende Erkenntnisse zu den mechanischen Eigenschaften brachten die Bruchversuche: Nur 2 CAD/CAM-Prothesenhersteller verarbeiteten Kunststoffe mit höherer Bruchfestigkeit als konventionelles Heiß- oder auch Kaltpolymerisat. Gleichzeitig waren alle untersuchten CAD/CAM-Prothesenbasiskunststoffe spröder als konventionelles Heiß- oder auch Kaltpolymerisat. Die raster-elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Bruchflächen ließen vermuten, dass u. a. der unterschiedliche Gehalt an PMMA-Mikrosphären in den Blanks der einzelnen Hersteller für die Unterschiede in der mechanischen Belastbarkeit verantwortlich sein könnte. Diese Ergebnisse werfen ein kritisches Licht auf die von den Herstellern oftmals propagierten dünneren Mindestschichtstärken [22].

Vor- und Nachteile von digital gefertigten Totalprothesen

Für Zahnärzte

Zeitersparnis vs. Arbeitsaufwand pro Sitzung

Als wichtigster Vorteil der neuen CAD/CAM-Systeme wird die Zeitersparnis genannt. Bedeutend ist hierbei nicht nur der verminderte zeitliche Aufwand am Behandlungsstuhl, sondern auch die reduzierte Terminanzahl, die besonders für ältere und immobile Patienten relevant sein kann. Mit den meisten neuen Systemen ist eine Übergabe der Totalprothesen beim 2. Behandlungstermin möglich. Dies bedarf aber einer Umstellung der gewohnten Arbeitsweise.

Die Systeme der Firmen MERZ Dental GmbH (Baltic Denture System), Global Dental Science (AvaDent) und DentCa vereinigen alle Anpassungsschritte im 1. Behandlungstermin. Es ist jedoch nicht einfach, die vertikale Dimension einzustellen und die korrekte zentrische Kieferrelationsbestimmung in der gleichen Sitzung wie die Abformungen durchzuführen.

In einer retrospektiven Untersuchung der Universität Loma Linda an 48 Patienten, die von Zahnmedizinstudenten mit CAD/CAM-Prothesen versorgt wurden, zeigte sich, dass eine falsch gewählte Vertikaldimension und Fehler in der zentrischen Relation zu den häufigsten Problemen nach Eingliederung gehören. Die nachuntersuchten Prothesen wurden jeweils ohne Probeprothesen fertig gestellt [23].

Es muss also eine Abwägung zwischen reduzierten Behandlungsterminen und vermehrtem Aufwand in den einzelnen Sitzungen getroffen werden:

Merke

Der Anpassungsaufwand reduziert sich zwar mit der Routine, aber ein fundiertes Wissen um die Herstellung konventioneller Totalprothesen ist für die Arbeit mit CAD/CAM-Systemen unerlässlich, da die neuen Systeme fehlende Erfahrung nicht ausgleichen können.

Kosten

Die reduzierten Behandlungszeiten sollten zu einer Preissenkung der Prothesen führen. Die Technikkosten sind im Allgemeinen niedriger als bei konventioneller Fertigung. Das endgültige Honorar, das auch die ärztlichen Behandlungskosten beinhaltet, variiert aber sehr stark.

Vorhersehbares Ergebnis

Bei fast allen Anbietern ist eine Vorab-Einprobe mittels einer Monoblockprothese möglich. Ist keine Einprobe nötig bzw. erwünscht, kann durch eine digitale Vorschau das Abbild der Prothese überprüft werden, ehe diese gefertigt werden (► **Abb. 6**).

In ► **Tab. 3** werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme entsprechend unserer Erfahrungen noch einmal gegenübergestellt.

Für Zahntechniker

Prothesenherstellung

Die Herstellung von Totalprothesen nach dem konventionellen Herstellungsprotokoll ist für Techniker eine ungeliebte Arbeit und auch finanziell meist wenig rentabel. In vielen Dentallaboren wird die Herstellung von heraus-

nehmbarem Zahnersatz daher eher als „notwendiges Übel“ angesehen. Angefangen bei der Fertigung der individuellen Löffel, der Registrierschablonen, über die Wachsaufstellung, bis zum Pressen und Ausarbeiten der Prothesen bedeutet jeder Schritt einen großen Zeitaufwand [12].

Nicht nur diese arbeitsintensive Produktion in der konventionellen Prothesenherstellung, auch die große gesundheitliche Belastung machen diesen Arbeitsbereich im Labor bisher unpopulär. Die mit ca. 10% hohe Allergierate unter Zahntechnikern durch PMMA-Kunststoffe ist dabei nicht von der Hand zu weisen [24], wobei Zahntechniker sicherlich in vielen Fällen nachlässig arbeiten und z. B. auf eine Absaugung verzichten.

Die neuen CAD/CAM-Systeme reduzieren den Herstellungsaufwand für das Labor. Die Arbeit in der Technik verlagert sich von der manuellen Kunststoffbearbeitung mehr zum digitalen Design, das z. B. beim AvaDent-System vom Produktionszentrum in den Niederlanden übernommen wird. Die Endbearbeitung (Politur) der CAD/CAM-Prothesen erfolgt aber auch weiterhin meist manuell, sodass auf die handwerkliche Arbeit noch immer nicht ganz verzichtet werden kann.

Infrastruktur

Für eine individuelle Ausarbeitung der Prothese (z. B. von Rugae palatinae, Jugae alveolaria oder gingivaler Stippelung), sei es durch Zahntechniker oder die Fräseinheit, ist eine Kommunikation mit dem Labor notwendig, weswegen ein Dentallabor in der Nähe oder zumindest in

► **Tab. 3** Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Systeme (modifiziert nach [5, 12])

Hersteller	Vorteile	Nachteile
AvaDent Digital Dentures	<ul style="list-style-type: none"> Übergabe in der 2. Sitzung möglich Prothesen mit einpolymerisierten Zähnen sind auch erhältlich Abformung auch mit chairside gefertigten Duplikatprothesen möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Umstellung klinischer Abläufe aufwendige Anpassungssitzung keine Anpassung der Camper'schen Ebene mit dem „AMD“
Baltic Denture System	<ul style="list-style-type: none"> Übergabe in der 2. Sitzung Zahnreihe und Okklusion bereits im 1. Termin ersichtlich Zähne sind einpolymerisiert 	<ul style="list-style-type: none"> Umstellung klinischer Abläufe aufwendige Anpassungssitzung keine Einprobe möglich
DentCa (= Whole You Nexteeth)	<ul style="list-style-type: none"> Übergabe in der 2. Sitzung möglich geringe Mindeststärke (1 mm) viele Parameter automatisch errechnet – weniger Anpassungsaufwand sehr glatte Oberfläche 	<ul style="list-style-type: none"> Umstellung klinischer Abläufe aufwendige Anpassungssitzung Fräszentrum in den USA wenig individuell keine Anpassung der Camper'schen Ebene
Wieland Digital Denture	<ul style="list-style-type: none"> keine Umstellung der klinischen Abläufe notwendig individueller Löffel zur Funktionsabformung – wenig Anpassungsarbeit nötig geringe Mindeststärke (1 mm) gute Individualisierung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> 4 Sitzungen erforderlich



► **Abb. 10** Da die Zähne mancher Systeme geklebt sind, können sie leicht herausbrechen.

einem gleichsprachigen Land günstig wäre. Die Anschaffung einer entsprechenden Fräseinheit ist vermutlich nur für die wenigsten Dentallabore rentabel.

Prothesenreparatur

Da die Prothesenzähne bei manchen Systemen mit der Basis durch Klebung befestigt sind, können diese relativ leicht herausfallen (► **Abb. 10**).

Merke

Bei einem Bruch von CAD/CAM-Prothesen stellt sich mitunter die Frage, ob es nicht sinnvoller wäre, für geringe Mehrkosten eine neue Totalprothese fräsen zu lassen.

Der Patient bekommt aufgrund des gespeicherten Datensatzes die neu hergestellte Prothese innerhalb weniger Tage. Wie lange die gespeicherten Daten eine passende Prothese reproduzieren lassen, ist derzeit nicht abschätzbar und wird sicherlich auch von individuell unterschiedlich ablaufenden Resorptionsprozessen beeinflusst.

In ► **Tab. 4** werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme für Zahntechniker noch einmal gegenübergestellt [5, 12].

Für Patienten

Tragekomfort

Wie zuvor bereits erwähnt, kann durch die präzise Passung Halt und Sitz der Prothesen deutlich verbessert werden. Dies geht auf die fehlende Polymerisationsschrumpfung zurück. Dadurch ergibt sich auch eine bessere Kau-effektivität und die Druckstellen an der Prothesenbasis werden minimiert. Die sehr glatte Oberfläche wird von Patienten als „angenehmer“ empfunden.

Hygienefähigkeit

Aufgrund der besseren Oberflächengüte und der geringeren Porenanzahl der industriell gefertigten Rohlinge erhöht sich die Hygienefähigkeit der CAD/CAM-Totalprothesen wesentlich, da die Oberflächen weniger plaque-retentiv sind.

Reduzierte Sitzungszahl

Die Reduzierung der Termine der Prothesenherstellung ist besonders für alte und immobile Patienten und ihre Angehörigen eine große Erleichterung. Eine Remontage ist aber für eine optimale Okklusion weiterhin erforderlich.

Duplikatprothesen

Möchten Patienten eine neue oder eine Reserveprothese haben oder ist die Prothese verloren gegangen, ist eine Prothesenherstellung aufgrund des gespeicherten digitalen Datensatzes ohne weitere Anpassungssitzungen möglich, sofern der Zeitpunkt der Datenerhebung nicht zu lange entfernt ist.

► **Tab. 4** Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Systeme für Zahntechniker.

Hersteller	Vorteile	Nachteile
AvaDent Digital Dentures	komplett ausgearbeitete Totalprothese	Zahntechniker sind nicht in Herstellungsprozess integriert
Baltic Denture System	Zahnkranz aus Konfektionszähnen und einem hoch vernetzten PMMA-Block, aus dem die Prothesenbasis gefräst wird	manuelle Endbearbeitung der Außenfläche
DentCa (= Whole You Nexteeth)	komplett ausgearbeitete Totalprothese	Zahntechniker sind nicht in Herstellungsprozess integriert
Wieland Digital Denture	Individualisierung in unterschiedlichem Maß möglich	manuelle Endbearbeitung der Außenfläche und Interdentalräume

INFO

Was ist bei digitalen Totalprothesen noch aktuell – und was ist anders?

- Eine gute Abformung ist wichtig: Die Abformtechnik ist einfacher durchführbar, da nur eine Abformung erfolgt und der Aufbau des Funktionsrands mit einer Kompositionsmasse nicht notwendig ist. Das Abformmaterial muss gut scanbar sein.
- Die Kieferrelationsbestimmung ist schwieriger (da oft keine Kontrollmöglichkeit).
- Statt Wachsprobe erfolgt eine Einprobe gedruckter Prothesen.
- Keine Radierung der A-Linie an oberer Prothese, da es bei gefrästen Prothesen ohne Radierung der A-Linie zu einer spaltfreien Anlagerung der Prothese am dorsalen Abschlussrand kommt (Außenventil).
- Besserer Prothesenhalt und weniger Druckstellen an der Prothesenbasis durch Wegfall der Polymerisationsschrumpfung.
- Die Remontage ist für die optimale Okklusion weiterhin notwendig.
- Die Ästhetik ist meist nicht individuell gestaltbar.

Schlussfolgerung

Die modernen CAD/CAM-Systeme sind eine interessante und – bei Durchführung neuer Behandlungswege – eine zeitsparende Alternative zur konventionellen Prothesenherstellung. Nach einer kurzen Einarbeitung können mit allen CAD/CAM-Systemen gute Ergebnisse erzielt werden.

Der Prothesenhalt ist bei den digital gefertigten Prothesen sehr gut, aber davon abhängig, inwieweit die prothesentragenden Areale mit der Abformung dargestellt wurden. Die Passung, insbesondere der Unterkieferprothese, ist durch fehlende Schrumpfung des Kunststoffes bei Fräsen aus einem Block deutlich besser.

Merke

Dennoch ist auch bei computerunterstützten Herstellungsprozessen umfangreiches fachliches Wissen sowie Erfahrung in der Totalprothetik erforderlich.

Die Zusammenfassung mehrerer Teilschritte während eines Behandlungstermins erschwert jedoch die Kontrolle, insbesondere bei noch unerfahrenen Zahnärzten. Daher bieten die meisten Hersteller neuerdings auch die Möglichkeit, die einzelnen Teilschritte bis zur Kieferrelationsbestimmung auf gewohnte Weise vorzunehmen und anschließend durch Fräsen der Basen von der besseren Passform durch CAD/CAM-Fertigung zu profitieren.

Ausblick

Ob die Herstellung von Totalprothesen noch weiter vereinfacht und zeitlich verkürzt werden kann, ist fraglich. Eine zusätzliche Erleichterung würde die digitale Abformung mit Intraoralscannern bringen. Es gibt erste Versuche, auch zahnlose Kieferkämme digital abzuformen [16], die Ergebnisse sind im Unterkiefer aber noch nicht ausreichend präzise (► **Abb. 3b**). Ob es jemals möglich sein wird, eine zentrische Kieferrelationsbestimmung digital auszuführen, ist fraglich.

Die Kombination der digitalisierten Daten mit den Informationen aus Gesichtsscans erleichtert die Anpassung der CAD/CAM-Prothesen zusätzlich und ist bei manchen Systemen bereits möglich (z. B. Zirkonzahn). Mittels Gesichtsscan könnten die Prothesen bereits virtuell am Patienten einprobiert werden und Ästhetik sowie Lage der Okklusionsebene (Camper'sche Ebene) überprüft werden [19].

Zurzeit beschränkt sich die CAD/CAM-Totalprothetik vor allem auf die Herstellung von rein schleimhautgetragenen Ober- und Unterkiefertotalprothesen bei Patienten mit regelrechter skelettaler Kieferrelation. Die Hersteller arbeiten aber bereits mit Hochdruck an einer Erweiterung der Software, die auch schwierige Situationen versorgbar macht, damit auch einzelne Kiefer rehabilitiert werden können. Außerdem ist die CAD/CAM-gestützte Herstellung von Hybridprothesen bei manchen Systemen bereits möglich. Erste Berichte über implantatgetragene CAD/CAM-Prothesen [8] liegen vor.

KERNAUSSAGEN

- Es gibt derzeit mehrere Anbieter von digitalen Prothesen. Die zur Herstellung von CAD/CAM-Prothesen notwendigen klinischen Schritte sind bei den Anbietern unterschiedlich. Bei manchen Systemen können die Prothesen bereits in der 2. Sitzung eingegliedert werden, was aber eine Änderung der gewohnten klinischen Abläufe bedeutet.
- Auffällig ist bei digitalen Prothesen insbesondere der bessere Prothesenhalt, der sich durch Wegfall der Polymerisationsschrumpfung erklären lässt.
- Weitere Vorteile von CAD/CAM-Prothesen sind neben der verkürzten Behandlungszeit auch die besseren Materialeigenschaften sowie die problemlose Herstellung von Duplikatprothesen.
- Die vollständige digitale Herstellungskette ist zwar noch nicht möglich, doch sind erste Teilschritte in den noch fehlenden Bereichen in Entwicklung. So ist die digitale Abformung derzeit nur im Oberkiefer ausreichend genau machbar.
- Die zentrische Kieferrelationsbestimmung ist jedoch digital nicht durchführbar und es ist fraglich, ob diese jemals digital möglich sein wird.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Autorinnen/Autoren



Ingrid Grunert

Univ.-Prof. Dr.; Studium der Allgemeinmedizin, 1994 Habilitation, seit 1999 Leiterin der Klinischen Abteilung für Zahnersatz der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Innsbruck, 2005–2011 Vorstand der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-

heilkunde in Innsbruck, 2008–2014 Vorsitzende der ITI-Sektion Österreich, seit 2015 Leiterin des ITI-Study Clubs Innsbruck. Klinische und wissenschaftliche Schwerpunkte: Geroprothetik, Rehabilitation von Patienten mit Funktionsstörungen im Bereich des stomatognathen Systems.



Florian Klauzer

Abschluss des Studiums im September 2016 mit Auszeichnung, seit November 2016 Assistenzarzt an der Universitätsklinik für Zahnersatz und Zahnerhaltung der Medizinischen Universität Innsbruck.



Lukas Ruech

Studienabschluss im September 2016, danach Assistenzarzt an der Universitätsklinik für Zahnersatz und Zahnerhaltung der Medizinischen Universität Innsbruck, seit August 2018 in eigener Praxis tätig.



Otto Steinmaßl

Priv.-Doz. Dr. Dr.; Studium der Medizin und Studium der Zahnmedizin an der Medizinischen Universität Innsbruck, seit 2016 Oberarzt an der Universitätsklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, 2018 Habilitation. Mitglied der Innsbrucker CAD/CAM-Forschungsgruppe.

Wissenschaftlicher Forschungsschwerpunkt: CAD/CAM-Herstellung von kunststoffbasierten Medizinprodukten zur intraoralen Anwendung in der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie.



Patricia-Anca Steinmaßl

Priv.-Doz. Dr. Dr.; Studium der Medizin und Studium der Zahnmedizin an der Medizinischen Universität Innsbruck, seit 2011 Zahnärztin an der Universitätsklinik für Zahnersatz und Zahnerhaltung der Medizinischen Universität Innsbruck, seit 2016 Oberärztin, seit 2013 Leiterin

der Innsbrucker CAD/CAM-Forschungsgruppe, 2017 Habilitation zum Thema Verbesserung der herausnehmbaren zahnärztlich-prothetischen Versorgung älterer Menschen unter besonderer Berücksichtigung neuer digitaler Technologien. Seit 2019 in eigener Praxis tätig.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. Ingrid Grunert

Universitätsklinik für Zahnersatz und Zahnerhaltung
Medizinische Universität Innsbruck
Anichstraße 35
A-6020 Innsbruck
Österreich
Ingrid.Grunert@i-med.ac.at

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist Prof. Dr. Dr. Ingrid Grunert, Innsbruck.

Literatur

- [1] 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
- [2] Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S et al. A CAD/CAM system for removable denture. Part I: Fabrication of complete dentures. *Int J Prosthodont* 1994; 7: 17–21
- [3] Fernandez MA, Nimmo A, Behar-Horenstein LS. Digital Denture Fabrication in Pre- and Postdoctoral Education: A Survey of U.S. Dental Schools. *J Prosthodont* 2016; 25: 83–90
- [4] Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP et al. CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data. *J Prosthet Dent* 2012; 107: 34–46
- [5] Grunert I, Klaunzer F, Ruech L et al. Ein Vergleich aktueller Systeme zur Herstellung von Totalprothesen. *Quintessenz* 2017; 68: 151–163
- [6] Steinmassl PA, Klaunzer F, Ruech L et al. Total digital. Materialkundliche Aspekte CAD/CAM-gefertigter Prothesen. *Teamwork J Cont Dent Educ* 2016; 16: 206–209
- [7] 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
- [8] Bidra AS, Farrell K, Burnham D et al. Prospective cohort pilot study of 2-visit CAD/CAM monolithic complete dentures and implant-retained overdentures: Clinical and patient-centered outcomes. *J Prosthet Dent* 2016; 115: 578–586
- [9] Bilgin MS, Erdem A, Aglarci OS et al. Fabricating Complete Dentures with CAD/CAM and RP Technologies. *J Prosthodont* 2015; 24: 576–579
- [10] Kanazawa M, Inokoshi M, Minakuchi S et al. Trial of a CAD/CAM system for fabricating complete dentures. *Dent Mater J* 2011; 30: 93–96
- [11] 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
- [12] Klaunzer F. CAD/CAM-gefertigte Totalprothesen – Ein Überblick über aktuelle Systeme [Diplomarbeit]. Innsbruck: Medizinische Universität; 2016
- [13] Ruech L. Klinische Anwendung CAD/CAM-gefertigter Totalprothesen [Diplomarbeit]. Innsbruck: Medizinische Universität; 2016
- [14] Grunert I. Was ist für die digitalen Totalprothesen gegenüber der konventionellen Totalprothetik noch aktuell? *Teamwork* 2018; 21: 318–325
- [15] Grunert I, Crepaz M. Totalprothetik ästhetisch, funktionell, individuell. Ein umfassendes, praxisorientiertes Therapiekonzept. Berlin: Quintessenz; 2003
- [16] Prücklmaier L, Prücklmaier M, Prücklmaier M. Alles erfasst. Digitale Abformung bei der Herstellung von Totalprothesen. *Teamwork* 2016; 19: 232–237
- [17] Goodacre B, Goodacre CH. Using Intraoral Scanning to Fabricate Complete Dentures: First Experiences. *Int J Prosthodont* 2018; 31: 166–170
- [18] Schweiger J, Stumbaum J, Edelhoff D et al. Systematics and concepts for the digital production of complete dentures: risks and opportunities. *Int J Comput Dent* 2018; 21: 41–56
- [19] 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
- [20] Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I et al. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clinic Oral Investig* 2018. doi:10.1007/s00784-018-2369-2
- [21] Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I et al. Influence of CAD/CAM fabrication on denture surface properties. *J Oral Rehabil* 2018; 45: 406–413
- [22] Steinmassl O, Offermanns V, Stöckl W et al. In vitro Analysis of the Fracture Resistance of CAD/CAM Denture Base Resins. *Materials* 2018; 11: 401
- [23] Baba NZ, AlRumaih HS, Goodacre BJ et al. Current techniques in CAD/CAM denture fabrication. *Gen Dent* 2016; 11: 23–28
- [24] Rustemeyer T, Frosch PJ. Occupational skin diseases in dental laboratory technicians. (I). Clinical picture and causative factors. *Contact Dermatitis* 1996; 34: 125–133

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0646-9304>
Zahnmedizin up2date 2019; 13: 199–215
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 1865-0457

Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Den genauen Einsendeschluss finden Sie unter <https://eref.thieme.de/CXB4MBR>. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://eref.thieme.de/CXB4MBR> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests.



Frage 1

Wie verhält sich die Monomerfreisetzung von CAD/CAM-Prothesen im Vergleich zu konventionellen Prothesen?

- A Es gibt keinen Unterschied.
- B CAD/CAM-Prothesen setzen weniger Monomer frei als konventionelle Prothesen.
- C CAD/CAM-Prothesen setzen teilweise mehr Monomer frei als konventionelle Prothesen.
- D CAD/CAM-Prothesen setzen anderes Monomer frei als konventionelle Prothesen.
- E Es gibt bislang keine Daten zur Monomerfreisetzung aus CAD/CAM-Prothesen.

Frage 2

Wie verhält sich die Passgenauigkeit von CAD/CAM-Prothesen im Vergleich zu konventionellen Prothesen?

- A Es gibt keinen Unterschied.
- B CAD/CAM-Prothesen sind passgenauer als konventionelle Prothesen.
- C CAD/CAM-Prothesen sind nur in unterschrittenen Bereichen passgenauer als konventionelle Prothesen.
- D CAD/CAM-Prothesen sind weniger passgenau als konventionelle Prothesen.
- E Es gibt bislang keine Daten zur Passgenauigkeit von CAD/CAM-Prothesen.

Frage 3

Wie verhalten sich die Oberflächen von CAD/CAM-Prothesen im Vergleich zu konventionellen Prothesen?

- A Es gibt keinen Unterschied.
- B CAD/CAM-Prothesenoberflächen sind glatter als konventionelle Prothesen.
- C CAD/CAM-Prothesenoberflächen sind weniger glatt als konventionelle Prothesen.
- D CAD/CAM-Prothesen sind nur in unterschrittenen Bereichen glatter als konventionelle Prothesen.
- E Es gibt bislang keine Daten zur Oberflächenrauigkeit von CAD/CAM-Prothesen.

Frage 4

Wie verhalten sich die mechanischen Eigenschaften von CAD/CAM-Prothesen-Kunststoffen im Vergleich zu manuell verarbeiteten Heiß- oder Kaltpolymerisat?

- A Es gibt keinen Unterschied.
- B CAD/CAM-Prothesen-Kunststoffe sind generell bruchresistenter als konventionelle Prothesenkunststoffe.
- C CAD/CAM-Prothesen-Kunststoffe sind generell weniger bruchresistent als konventionelle Prothesenkunststoffe.
- D CAD/CAM-Prothesen-Kunststoffe sind generell weniger spröde als konventionelle Prothesenkunststoffe.
- E CAD/CAM-Prothesen-Kunststoffe sind generell spröder als konventionelle Prothesenkunststoffe.

Frage 5

Was wird als Hauptvorteil bei den digital gefertigten Totalprothesen mittels neuer Behandlungskonzepte angesehen?

- A Möglichkeit der Herstellung eines individuellen Zahnersatzes
- B Alle klinischen Situationen können problemlos versorgt werden.
- C digitale Abformung des Unterkiefers möglich
- D Zeitersparnis durch Reduktion der Zahl der notwendigen Behandlungssitzungen
- E digitale Kieferrelationsbestimmung möglich

Frage 6

Welche Aussage ist *richtig*, wenn digitale Duplikatprothesen angefertigt werden sollen?

- A Es müssen alle Behandlungsschritte noch einmal durchgeführt werden.
- B Es kann auf den vorhandenen Datensatz zurückgegriffen werden.
- C Die Abformungen müssen nochmals durchgeführt werden.
- D Es muss nochmals eine zentrische Kieferrelationsbestimmung durchgeführt werden.
- E Digitale Duplikatprothesen sind noch nicht machbar.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung...

Frage 7

Was passiert, wenn die zahnlosen Kieferabschnitte nicht gut abgeformt sind?

- A Bei digitaler Fertigung ist trotzdem ein guter Prothesenhalt zu erwarten, sowohl im Ober- als auch Unterkiefer.
- B Bei digitaler Fertigung ist nur im Oberkiefer ein guter Prothesenhalt zu erwarten.
- C Bei digitaler Fertigung ist nur im Unterkiefer ein guter Prothesenhalt zu erwarten.
- D Ein guter Prothesenhalt ist auch bei digitaler Fertigung nicht zu erwarten.
- E Nur bei muskelgriffiger Außengestaltung ist ein Saugeneffekt zu erzielen.

Frage 8

Welche Aussage ist richtig? Bei der oberen Prothese soll bei digitaler Fertigung ...

- A die A-Linie weiterhin radiert werden.
- B die A-Linie nicht radiert werden, da eine Polymerisations-schrumpfung nicht kompensiert werden muss.
- C die A-Linie nur bei Schlotterkamm radiert werden.
- D die A-Linie nur bei Vorhandensein eines Torus palatinus radiert werden.
- E der hintere Prothesenrand verkürzt werden.

Frage 9

Welche Aussage ist korrekt? Die klinische Erfahrung zeigt, dass Patienten nach Eingliederung von CAD/CAM-gefertigten Totalprothesen ...

- A wegen der besseren Passform weniger Druckstellen als bei konventioneller Herstellung bekommen.
- B gleich viele Druckstellen wie bei der konventionellen Prothesenherstellung bekommen.
- C eher mehr Druckstellen bekommen, weil auf die Abformung weniger geachtet wird.
- D trotz der besseren Passform mehr Druckstellen bekommen.
- E nur bei insuffizientem Prothesenhalt mehr Druckstellen bekommen.

Frage 10

Die Zusammenfassung mehrerer Teilschritte in einer Sitzung ist bei manchen digitalen Prothesen möglich. Welche Aussage dazu ist richtig?

- A Dies erleichtert generell die Kontrollmöglichkeit.
- B Dies erschwert die Kontrollmöglichkeit.
- C Dies erleichtert die Kontrollmöglichkeit, insbesondere bei unerfahrenen Behandlern.
- D Dies erleichtert die Kontrollmöglichkeit nur bei erfahrenen Behandlern.
- E Dies macht keinen Unterschied zum konventionellen Vorgehen.