



### Zusammenfassung

Goldfräsen stellt nach Ansicht des Autors eine hohe Gefügequalität sicher. Er vergleicht die Prozesse Gießen, Fräsen und Galvanotechnik miteinander und sieht in der Gold-Teleskoptechnik per CAD/CAM-Verfahren zeitliche und finanzielle Vorteile. Fehler durch manuelle Arbeitsschritte, technische Einrichtungen und/oder unkontrollierte Prozesse entfallen. Vor allem die Verwendung von vorgefertigten Blanks erleichtert die Arbeit in den Laboren.

### Indizes

Doppelkronen, Teleskoptechnik, CAD/CAM, taktile Scan, Galvanotechnik

## Gold-Teleskoptechnik mit CAD/CAM-Verfahren konsequent weitergedacht

### Herstellungskonzepte im Vergleich

#### Martin Wepler

Goldlegierungen gehören zu den klassischen zahntechnischen Werkstoffen, die nichtsdestotrotz in den vergangenen Jahren etwas in Vergessenheit geraten sind. Obwohl es sich hierbei um die evidenzbasierteste und erfolgreichste Materialgruppe überhaupt handelt. In diesem Beitrag wird die Herstellung eines Teleskops bzw. Konus aus hochgoldhaltiger Legierung beschrieben. Dank CAD/CAM werden solche Arbeiten permanent und konsequent verbessert und den modernen Anforderungen angepasst (Abb. 1 bis 4).

Die materialbedingten Vorteile von Goldlegierungen in der Doppelkronentechnik sind bekannt. Zu nennen sind vor allem das gute Haftreibungsverhalten, gepaart mit gleichbleibenden Friktion (im Vergleich mit Kobalt-Chrom-Paarungen) und die sehr gute Nachhaltigkeit, bezogen auf eventuell im Laufe der Jahre notwendig werdende Umänderungen (z. B. Zahnextraktionen) oder Revisionen (Verblendungen).

Eine in-vitro-Untersuchung von 2011 von Dr. Timo Dillschneider, Charité Berlin, zum Verschleißverhalten verschiedener Doppelkronensysteme zeigte, dass bei den untersuchten hochgoldhaltigen Teleskopen ca. zehn Prozent der anfänglichen Haftkraft, bei den edelmetallfreien Legierungen jedoch 40 Prozent verloren ging. Zwischen beiden Legierungsformen

### Einleitung



Abb. 1 CAD/CAM-Bearbeitung hochgoldhaltiger Legierungen.



Abb. 2 Digital und per Goldfräsen hergestellte Teleskope.



Abb. 3 Hochverdichtete Oberfläche. Porenfrei gefräste, herausgetrennte Primärteleskope.



Abb. 4 Homogenes Gefüge. Beim Gummieren und Polieren lässt sich dies besonders gut erfassen.

konnten deutliche Unterschiede in Bezug auf Passung und Abnutzungserscheinungen aufgezeigt werden.

Eine Übersichtsarbeit von Dr. Franz Sebastian Schwindling, erschienen 2015 in der Quintessenz Zahntechnik, beleuchtete das Thema „Wie erfolgreich sind Doppelkronen heute? – Eine systematische Literaturrecherche.“ Als Fazit attestiert der Autor den Doppelkronenprothesen, dass sie mit einer Überlebensrate von ca. 90 Prozent, bezogen auf eine Tragedauer von zehn Jahren, zu den erfolgreichsten prothetischen Therapieoptionen gehören. Die Überlebensrate der Pfeilerzähne lag im gleichen Zeitraum bei 80 bis 95 Prozent.<sup>1</sup>

Die Pfeilervermehrung durch Implantate, die ja nicht immer mit einer festsitzenden Versorgung korreliert bzw. korrelieren kann, wird ebenfalls als eine erfolgreiche Behandlungsmethode beschrieben. Die Ergebnisse von gemischt zahn- und implantatgetragenen Doppelkronenprothesen waren ebenfalls positiv.



**Abb. 5** Bei CAD/CAM muss die Legierung nicht erneut aufgeschmolzen werden. Beim Guss dagegen kommt die heiße, flüssige Schmelze in Kontakt mit der Einbettmasse, reagiert und oxidiert.

Die CAD/CAM-Technologie hat eine erhebliche Diversifikation an Materialien gebracht. So ist die Indikation Doppelkrone jetzt mit unterschiedlichen Materialien, auch metallfreien, scheinbar gleichwertig lösbar. Aber eben diese CAD/CAM-Technologie erlaubt es nun auch, bislang analoge Fertigung und deren Qualitätsmerkmale zu optimieren und neu zu definieren. Neue Arbeitsabläufe mit neuen Materialien bilden sich heraus.

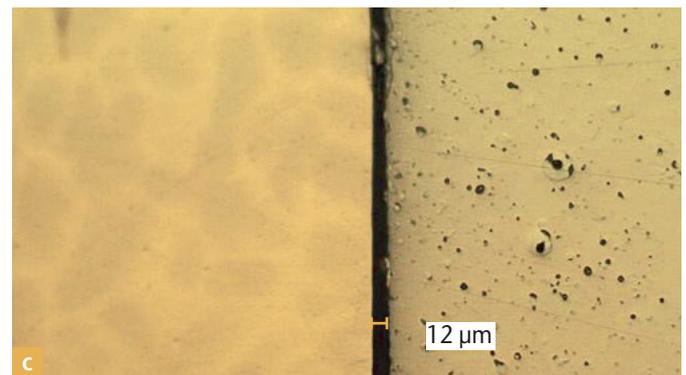
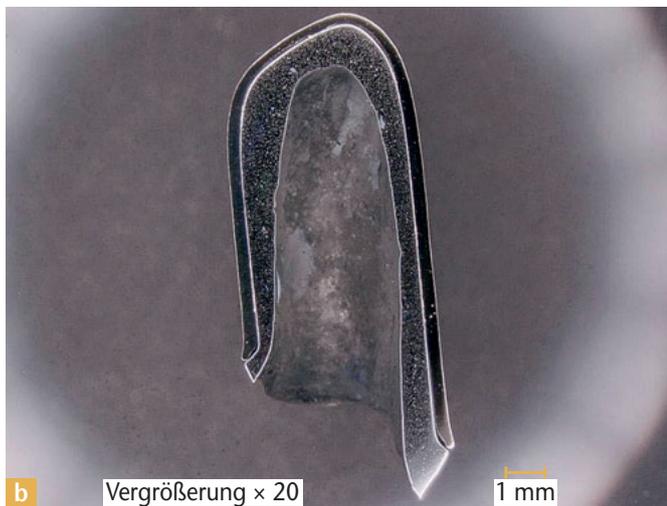
Dem gegenüber stehen in der konventionellen Gusstechnik die aufwendigen Arbeitsabläufe, die Fehleranfälligkeit beim Gießen und Einbetten, z. B. über den möglichen Eintrag von Verunreinigungen, der vorhandene Materialverlust beim Gießen und Bearbeiten, die Bevorratung an Material und die nach wie vor hohen Goldpreise. Mit dem ausgelagerten Fräsen von Goldlegierungen beim Originalhersteller können diese Nachteile umgangen bzw. minimiert werden.

Beim Gießprozess muss das Grundmaterial ein erneutes Aufschmelzen über sich ergehen lassen. Die heiße, flüssige Legierung kommt in Kontakt mit der Einbettmasse, reagiert und oxidiert (Abb. 5). Dieser Vorgang hat einen Einfluss auf die Oberfläche, das Gefüge und unter Umständen auf die mechanischen Werte des erstarrten Gussobjektes. Fehlgüsse, Legierungsvermischungen, Kontaminationen, Einbettmasseneinschlüsse, Gaseinträge durch Überhitzen begleiten diesen Prozess. Von möglichen Fehlgüssen, mehr oder weniger starker Lunker- und Porenbildung ganz zu schweigen. Zudem muss die Einbettmasse abgestrahlt werden. Dass die mikroskopische, makroskopische und metallurgische Beschaffenheit eines solchen Werkstückes negative Einflüsse auf sein elektrochemisches (Durchbruchspotenzial) und korrosives (Immersionstest) Verhalten haben kann, sollte auch im Zeitalter von Zirkonoxid nach wie vor bekannt sein. Erneute, eventuell notwendig werdende Wärmebehandlungen entfallen, wie etwa beim Lasern und Löten, bei dem lokal zudem eine weitere neue Legierung entsteht. Die Fehlerkorrektur ist ebenfalls ein wichtiger Faktor bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung und muss in einer Kalkulation berücksichtigt werden. Es ist daher durchaus sinnvoll, die Objekte aus einem im industriellen Maßstab mit der höchstmöglichen Qualität hergestellten, hochverdichteten Blank herausfräsen zu lassen (Abb. 6).

Neue  
Entwicklungen durch  
CAD/CAM-Technik

Fräsen versus Gießen

**Abb. 6** Das Schlibbild einer Molarenkrone, gefräst aus einem Oberkiefer-5-Blank, zeigt ein homogenes Gefüge.



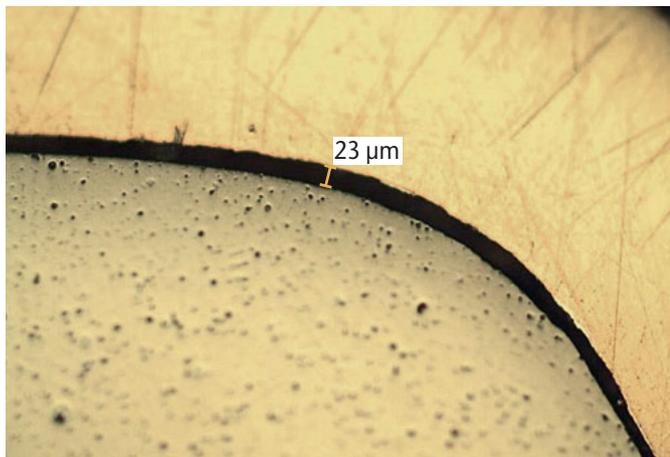
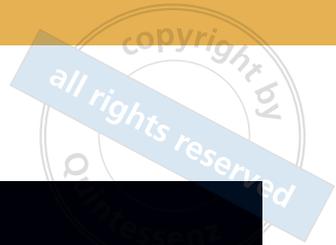
**Abb. 7a bis c:** Hauchdünnes, sehr gleichmäßig gefrästes Sekundärteil aus Orplid H auf einem Primärteil aus Zirkonoxid. Das maximale Spaltmaß beträgt im Durchschnitt ca. 30 bis 40 µm, was ein einfaches Gleiten möglich macht. Durch entsprechende Passung und Fräsparemeter ist es möglich, Spalten zu generieren, die deutlich unter dem Spaltmaß des mit Airbrush konditionierten Galvanoteleskops liegen und Ergebnisse zeigen, die denen entsprechen, die erreicht werden, wenn ein taktile Scanner verwendet wird.

Dieser Blank erfährt durch den Fräsprozess noch zusätzlich eine Art Verdichtung und Finierung der Oberfläche. Speziell in der Doppelkronentechnik, bei der im Spalt zwischen Patrize und Matrize ein anaerobes (sauerstoffarmes) Milieu herrscht und z. B. die Gefahr von Belüftungselementen (mögliche Spaltkorrosion) besteht, ist dies buchstäblich Gold wert.

Ein weiterer Vorteil beim Fräsen ist die Tatsache, dass es möglich ist, eine gleichbleibend dünne Wandstärke von 0,15 bis 0,2 Millimetern zu fräsen. Dies ist in diesen Dimensionen beim Gießen nicht üblich. Das spart Zeit beim Ausarbeiten, Geld für den Patienten und den oft dringend zusätzlich benötigten Platz (Abb. 7a bis c).

### Galvanotechnik (additiv) versus Fräsen (subtraktiv)

Die positiven Eigenschaften von Galvanosekundärteilen, mit ihrem weichen Lauf und ihrer kongruenten Passung sind unbestritten. Aber nicht jeder Anwender arbeitet gerne mit der Galvanotechnik und nicht jeder Fall kann oder soll mit Galvanotechnik gelöst werden.



**Abb. 8** Maßstab und Vorbild einer kongruenten Passung: dünnes intermediäres Käppchen, per Galvanotechnik hergestellt. Die Primärkrone wurde hauchdünn im Airbrushverfahren mit Silberleitlack beschichtet.



**Abb. 9** Galvanosekundärteile müssen im Gegensatz zu einer Typ 4-Legierung nach wie vor mit der Tertiärstruktur gut ummantelt und dadurch gegen Aufbördelung und Verformung stabilisiert werden. Und das, obwohl die neue Galvanogeneration deutlich härter als das Galvanogold der ersten Phase ist.

Der Autor ist der Frage nachgegangen, ob sich mittels CAD/CAM-Technologie ein mit der Galvanotechnik vergleichbarer gewollter Mikrospace und vergleichbare Laufeigenschaften herstellen lassen (Abb. 8).<sup>2</sup>

Galvanisches Gold besitzt mittlerweile, durch neue Beifügungen, eine merkbar höhere Härte, man könnte auch Sprödigkeit sagen, als es das ehemals reinste Galvanogold, das sogenannte vier-Neuner-Gold (99,99 %) hatte. Sehr dünne Galvanoteleskope sind jedoch, aufgrund des kleineren E-Moduls und der eingeschränkten Biegefestigkeit, nach wie vor nicht so resistent gegen Deformierung, Aufbiegen und Aufbördelung wie eine hochgoldhaltige Typ 4-Legierung. Galvanosekundärteile müssen mit der Tertiärstruktur nach wie vor besser ummantelt und stabilisiert werden als ein Sekundärteil aus einer Goldlegierung (Abb. 9). Bei dieser ist es auch deutlich leichter, beispielsweise im Mund zu verkleben oder eine Sammelabformung zu machen. Außerdem sind Strahlvorgänge vor dem Verkleben sicherer durchführbar. Je nach Indikation, z. B. Cover Denture u.ä., können benötigte Retentionen konstruiert werden.

Bei Revisionsarbeiten, wenn noch oder bereits im Mund befindliche Primärteile mit dem Intraoralscanner abgescannt werden, lassen sich die Sekundärteile im Fräsverfahren wesentlich einfacher herstellen (Abb. 10a und b).

Gefräste Sekundärteile jeglicher Art stellen also eine nützliche Alternative zu den Galvanoteilen dar bzw. sind, in speziellen Fällen, die bessere und eventuell einfachere Lösung. Der in der DIN 7157 beschriebene allseitige Spalt zwischen Primär- und Sekundärteil ist gusstechnisch kaum herstellbar. Frästechnisch sehr wohl.

Wenn wir in der Lage sind, in der CAD/CAM-Technik Sekundärteile so zu fräsen, dass die in der DIN beschriebene Forderung erfüllbar ist, können wir eventuell einen definierten Spalt so herstellen, dass dieser mit einem Hilfsmedium so ausgefüllt werden kann,



**Abb. 10a** Bei einer einfachen Cover-Denture-Arbeit lassen sich in der CAD Retentionen designen. Weil frästechnisch eine sehr stabile Typ 4-Legierung verwendet werden kann, genügt es, das Sekundärteil direkt einzupolymerisieren.



**Abb. 10b** Arbeiten der Zukunft. Das Primärteil in situ ist noch intakt. Gewünscht werden eine Revision der Prothese und neue Matrizen. Solche Fälle werden zunehmend mit Intraoralscannern gescannt, die Sekundärteile können dann direkt aus Gold gefräst werden.

dass die Funktion eines adhäsiven Schmierfilms entsteht. Besagtes Hilfsmedium kann Speichel, könnte aber auch z. B. Glycerin sein. Das wäre dann ein Abbild mechanischer Gesetzmäßigkeiten.

### Reproduzierbarkeit und Fertigungssicherheit

Was für den Mechatroniker Alltag ist, ist für den Zahntechniker bis heute (noch) nicht möglich. Im Maschinenbau werden Teile und Passungen bis auf den Mikrometer genau berechnet und mit entsprechend hochwertigen Technologien maßgenau hergestellt. Nicht so in der Zahntechnik. Das Primärteil ist ein Unikat, welches durch manuelle Bearbeitung bereits den ersten Fehlerquellen (z. B. Unterschnitten) ausgesetzt ist. Ein darauf gefertigtes Sekundärteil wird nicht rechnerisch erstellt und seine Herstellung ist somit erneut fehlerbehaftet.

Es wird inzwischen damit geworben, dass das Primär- und das Sekundärteil innerhalb eines einzigen CAD-Konstruktionsgangs gefertigt werden können. Dieser Ansatz wird vermutlich von der Industrie weiter verfolgt werden.

### Beherrschbarkeit von Fehlerquellen

Was manuell die Einflüsse des Patternkäppchens sind, sind digital die Einflüsse z. B. des Scan-Sprays, die Einstellungen der Passungsparameter im CAD und die Genauigkeit bzw. Auslegung des Scanners. Die Einbettmasse wird ersetzt durch die Mathematik der STL, die Frässtrategie des CAM, die Genauigkeit des Fräsvorganges und den Zustand der Werkzeuge. Auch den Einfluss von Form und Volumen des Sekundärteiles, der Härte und des Haftreibungsverhaltens der Materialien spüren und sehen wir nach wie vor. Auch bei digitalem Vorgehen fallen reproduzierbare Ergebnisse in Form von Sekundärteilen nicht immer auf Anhieb und gleich aus der Maschine.

Genau wie bei der analogen Technik müssen definierte Parameter benutzt und reproduzierbare Arbeitsabläufe durchgeführt werden. Und wie bei der analogen Technik gibt es hier andere, aber ebenso viele Stolpersteine:



Abb. 11 Primärteil.



Abb. 12 Ob Lacke oder Sprays – das Ergebnis muss stimmen. Mit gleichbleibenden Parametern bei sauberer Arbeitsweise sind auch ohne taktilen Scanner gleichmäßige, kongruente Spalten zwischen Primär- und Sekundärteil frästechnisch herstellbar.

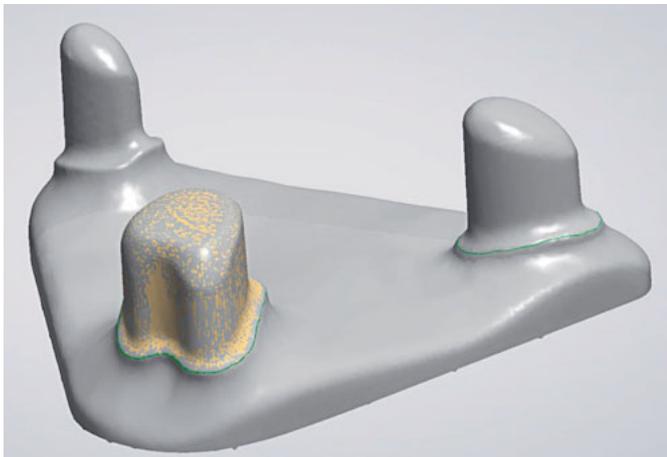
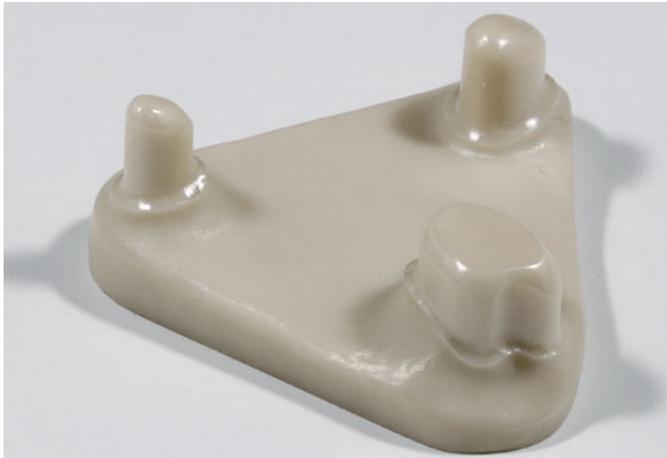


Abb. 13 Scan des Referenzmodelles, das hauchdünn mit Scanspray bedudert wurde.

- Exaktheit des Primärteiles
- Geometrie Primärteil
- Vorbereitung des Primärteiles – Entspiegelung
- Scannertyp
- Scannerkalibrierung
- Auflösung des Scans
- Passungsparameter je nach CAD-Software
- Fräsmaschinentemplate
- Abnutzungszustand des Fräasers
- Werkstoffkombinationen Primär-/Sekundärteil (Abb. 11 und 12)

Bislang verfügen die wenigsten Labore über einen taktilen Scanner. Dieser ist auch nicht zwingend erforderlich, um passende Sekundärteile herzustellen. Es ist möglich, funktionierende Außenteleskope mit klassischen optischen Scanverfahren zu fertigen (Abb. 13).

Einsatz eines taktilen Scanners



**Abb. 14a** Referenzmodell mit Teleskopen in 0° mit umlaufender Schulter. Massiv aus Zirkonoxid gefertigt, um keine Fehlerquellen durch Abrieb zu generieren.

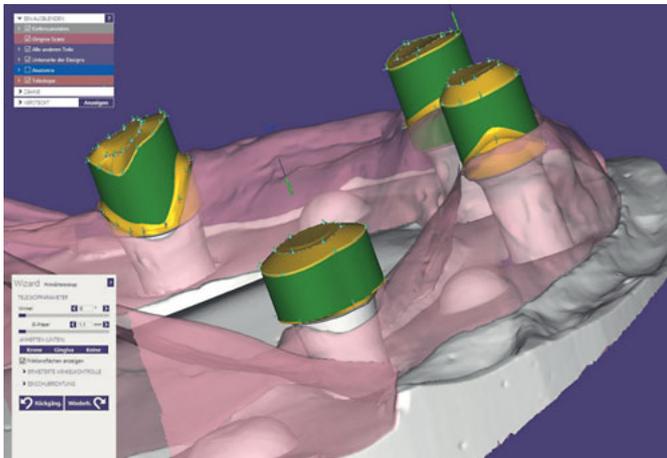


**Abb. 14b** Referenzmodell mit soft gleitenden, aufgesetzten gefrästen Käppchen aus der hochgoldhaltigen Legierung Orplid H, in 0,25 mm Wandstärke.

**Aufpassarbeit** Realistisch besehen gilt auch beim digital konstruierten Sekundärteil die Regel: „Lieber einen Tick zu eng, als zu weit.“ Von der Idealvorstellung, dass ein Sekundärteil immer und zu 100 Prozent im gewünschten, funktionsfähigen Zustand angeliefert wird, sollte Abstand genommen werden. Denn in der CAD/CAM-Technik wird mit zu vielen, auch konträren und nicht immer vorhersagbaren Parametern gearbeitet. Das in den Social Media-Foren gezeigte soft und selbsttätig in das Sekundärteil hineingleitende Primärteil ist in der Regel mit einer eigenen Fräsanlage bzw. wenn die Primärteile zur Überprüfung am Platz sind, deutlich einfacher zu erreichen. Grund dafür ist, dass bereits in der Maschine erste Passungstests vorgenommen werden können, ohne den Blank herausnehmen zu müssen. Durch das gezielte Nachfräsen definierter Areale kann dann eine optimale Passung erreicht werden.

**Das Testmodell** Teleskoptechnik ist Präzisionstechnik. Was in der manuellen Herstellung der Probeguss ist, ist in der digitalen die Probefräsung nach definierten Parametern. Wobei auch das Primärteil probegefräst werden sollte, insbesondere seitens nicht so erfahrener Techniker. Dem ins Fräszentrum geschickten Datensatz ist selten die detaillierte, tatsächlich authentische Optik zu entnehmen. Schließlich muss beim Goldfräsen, zumindest bislang, immer outgesourct werden. Der gesamte Workflow muss also geprüft und anhand echter Objekte verifiziert werden. Dies ist optimal nur durchführbar, wenn das Labor anhand eines Testmodelles seine benötigten Parameter in Absprache mit dem Fräspartner ermittelt und auf diesem Weg die Genauigkeit seines Fräsgerätes, seiner Turbine und seiner eigenen Einschätzung ermittelt (Abb. 14a und b).

**Kosten** Neben dem Material ist es hauptsächlich der aufwendige Herstellungsprozess, der den Preis eines Primär- und eines Sekundärteiles ausmacht. Die Preise für Sekundärteile aus NEM, die im Rahmen einer Fräsdienstleistung hergestellt werden, variieren von 30 bis 50 Euro. Der Kobaltpreis hält sich seit Beginn des Jahres 2018 hartnäckig auf einem hohen Niveau, ein



**Abb. 15** Primär- und Sekundärteile lassen sich digital schnell konstruieren.

weiterer deutlicher Anstieg ist nicht auszuschließen, was den Preis für NEM-Legierungen weiter erhöhen wird.

Beim Goldfräsen ist ein Outsourcing unumgänglich. Wird bedacht, dass z. B. bei C.Hafner im Komplettpreis, je nach Abrechnungsmodus, bereits der Fertigungsaufwand inbegriffen ist, relativiert sich der gegenüber NEM höhere Materialpreis. Es verbleibt in der Summe ein attraktiver Preis für ein Funktionsteil aus einer hochwertigen Goldlegierung. Unter Umständen bekommt der Patient einen Teil des Goldpreises erstattet, je nachdem, ob und über welche Zusatzversicherung er verfügt.

Von einem geübten Anwender kann ein Primärteil, je nach Ausführung, digital in fünf bis zehn Minuten konstruiert werden. Je mehr Primärteile, desto geringer werden die Scanzeiten je Teil (Abb. 15).

Ein Primärteil manuell aus Wachs und dann das Sekundärteil aus Pattern zu modellieren, ist zeitlich deutlich aufwendiger und erfordert manuelles Geschick. Die digitalen Fertigungsmöglichkeiten dagegen werden es zunehmend erlauben, dass angelernte Kräfte, Primär- und Sekundärteile konstruieren können. Die Stumpfvorbereitung, das Aufwachsen, das Nachfräsen, die Randgestaltung, das Anstiften und Abheben benötigen sehr viel mehr Arbeitszeit und Rüstzeiten. Beim Primärteil aus Zirkonoxid sind solche Arbeitsschritte natürlich obsolet.

Der Zeitaufwand, der bei der analogen Herstellung mittels Gießverfahren notwendig wird, versus subtraktiver und/oder additiver Verfahren in der CAM-Technik wird zugunsten der CAM-Technologien ausfallen.

So liegt der Vorteil, wenn der Zeitaufwand plus Materialeinsatz, der ja beim digitalen Herstellungsprozess nahezu null ist, den Fertigungskosten der CAM-Herstellung gegenübergestellt wird, klar auf Seiten des CAD/CAM-Prozesses. Auch die Galvanotechnik ist hier nicht schneller. Hinzu kommt bei der analogen Fertigung das latent vorhandene Restrisiko einer Fehlproduktion oder eines schlechten Gussergebnisses, welches beim Einbetten, Ausbrennen der Muffel und beim Gießvorgang vorhanden ist. Beim Outsourcing des Goldfräsens

Arbeitszeit



**Abb. 16** Gefügebild einer Kronenwand aus einem Fräsblank.

liegt das Restrisiko beim Hersteller. Das Labor erhält Teile mit perfektem Gefüge, ohne Lunker, Poren und eventuell gussbedingten Verunreinigungen, deren funktionelle Innenseite nicht gestrahlt werden mussten (Abb. 16).

Ein weiterer geldwerter, da zeitlicher Vorteil liegt unter Umständen darin, dass parallel zur Fertigung der Sekundärkappchen bereits die Tertiärstruktur hergestellt werden kann, mit dem 3-D-Drucker oder virtuell als Fertigungs-Datensatz. Da die Sekundärkappchen, auch die anatomischen mit anmodellierten Klebeverbindungen, maßgenau hergestellt werden, lassen sich hier die Vorteile des Baukastenprinzips nutzen.

Die Besitzer eines mit dem Autor befreundeten Labors sagen eindeutig, dass sie, aufgrund ihres Arbeitsumfanges und der vorhandenen personellen Situation, ohne die CAD/CAM-Technologie niemals in der Lage wären, die bei ihnen geforderten teleskopierenden Arbeiten in einem vertretbaren Zeitraum zu fertigen, also den geleisteten Jahresumsatz zu realisieren. Gegossen werden in diesem Labor nur noch Kronen, bei denen morgens der Abdruck gebracht und die nachmittags eingesetzt werden. Vermutlich werden die Kosten von Labor zu Labor variieren, aber insgesamt dürfte der wirtschaftliche Vorteil aufseiten der CAD/CAM-Fertigung liegen.

Natürlich fallen im Bereich CAD Geräte und vor allem Softwarekosten an, die es zu amortisieren gilt. Werden diese jedoch auf die gesamte Menge der mit CAD konstruierten Teile umgeschlagen, wird bedacht, dass ein CAD-System im heutigen Labor so unabdingbar ist wie ein PC im Büro und wird die für die analoge Technik benötigte Manpower gegengerechnet, dann liegen die Vorteile der digitalen Fertigung bei Gerüsten nach Meinung des Autors auf der Hand.

**Fazit** Der vielzitierte Paradigmenwechsel, wie er in vielen Bereichen der dentalen Prothetik aufgrund der CAD/CAM-Technologie bereits stattgefunden hat, könnte nun auch bei den Edelmetallen auf breiter Basis Einzug halten. Das eine oder andere Labor ist bereits auf dem Weg, sukzessive auch den Bereich der gefrästen Edelmetallgerüste in seinen CAD/CAM-Alltag zu integrieren (Abb. 17).

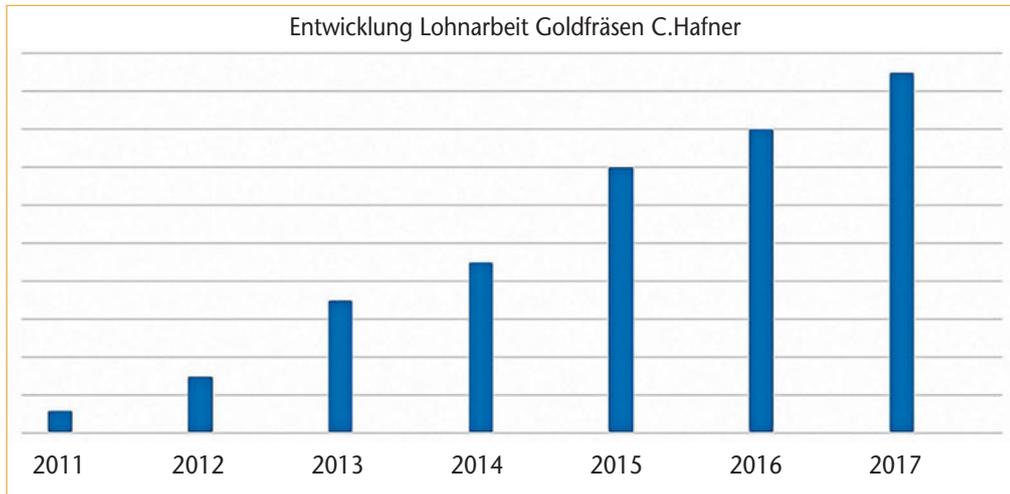


Abb. 17 Entwicklung des Goldfräsens bei C.Hafner seit 2011.

Dauerhaft stattfinden kann dieser Wechsel jedoch nur dann, wenn die neuen Paradigmen, im Vergleich zu den bisherigen, nennenswerte Vorteile mit sich bringen oder vielleicht sogar grundsätzlich unabdingbar sind. Ist die digitale Fertigung gleich gut, aber teurer und aufwendiger, so wird das den neuen Technologien den Einzug schwer machen.

Die Labore reagieren unterschiedlich. Es gibt zum Beispiel eine Gruppe, die rein betriebswirtschaftlich denkt. Für diese ist es notwendig, mithilfe von Fakten und Zahlen die manuelle und digitale Herstellung von teleskopierenden Teilen miteinander zu vergleichen.

Eine zweite Gruppe stellt dünne intermediäre Käppchen auf Zirkonoxid oder NEM-Primärteilen her, um diese dann in Tertiärkonstruktionen einzukleben, eventuell auch direkt im Mund. Dafür bieten sich seit vielen Jahren Galvanokäppchen an. Aus unterschiedlichen Gründen favorisiert das eine oder andere Labor diese Technik jedoch nicht mehr.

Neue Indikationsbereiche und Arbeitsaufträge werden durch den Einsatz des Intraoralscanners quasi neu geschaffen, wenn Primärteile bereits im Mund sind und darauf nur die Sekundärstruktur neu gefertigt werden soll und eine manuelle Herstellung im klassischen Sinne nicht mehr möglich oder wirtschaftlich und technisch sinnlos ist. Dieser Paradigmenwechsel wird alle Labore gleichermaßen betreffen.

Und dann gibt es noch die Labore, die grundsätzlich und konsequent alle nur erdenklichen Arbeitsschritte, die digital machbar sind, auch als solche durchführen. Es sind Aussagen von Laborinhabern zu hören wie: „Bei uns wird, wenn möglich, nicht mehr gegossen.“

Das Argument, auf das Goldfräsen umzusteigen, könnte für alle sein, dass hier mit validierten, industriell vorgefertigten Rohmaterialien gearbeitet wird, die eine sehr hohe Gefügequalität sicherstellen. Fehler durch manuelle Arbeitsschritte, technische Einrichtungen und/oder unkontrollierte Prozesse entfallen.

Jedes Labor muss aber für sich selbst berechnen, was ökonomisch, möglich und sinnvoll ist. Bei sorgfältiger und konsequenter Abstimmung ist die Teleskoptechnik mit Edelmetallen auch im Fernverfahren, also über Outsourcing, möglich. Galvanogegner werden im Goldfräsen eine Alternative zu den dünnen additiven Goldkäppchen finden. Durch die hochwertigen, vorgefertigten Blanks hat die digitale Technik auf der metallurgischen Seite beim



Goldfräsen in jedem Fall den Joker schon auf der Hand.

Der Wandel in der Fertigungstechnologie wird wohl dazu führen, dass die zukünftige Generationen grundsätzlich nur digitale Fertigungswege gehen werden, weil sie analoge nicht gehen will und/oder nicht kann. Das wird tägliche Routinen im Arbeitsumfeld verändern, neu strukturieren und schneller machen. Damit wird neu kalkuliert werden müssen und alte, analoge Berechnungen werden obsolet.

- Literatur*
1. Schwindling FS. Wie erfolgreich sind Doppelkronen heute? – Eine systematische Literaturrecherche. *Quintessenz Zahntech* 2015;41:1276–1289.
  2. Tele Goldfräsen C.Hafner Martin Wepler – dentalgerade. <https://www.youtube.com/watch?v=QA5KAmM7m0E> (Zugriff am 21.03.2018).



**Martin Wepler**

Dentalgerade  
Kantstr.6  
76356 Weingarten  
E-Mail: [wepplerschwarzwald@gmail.com](mailto:wepplerschwarzwald@gmail.com)