

# Die Herstellung von Galvano-Implantatkronen

Andreas Hoffmann

## THEMA DES MONATS



**Indizes**

Galvanokappe,  
Einstückguss,  
Metacon,  
Polymerisierendes Wachs,  
Laserschweißen,  
Biokompatibilität

Gerade in der Implantattechnik rückt der Wunsch nach der Verwendung von biokompatiblen Materialien immer mehr in den Vordergrund. Hier hat sich die Galvanokrone einen festen Platz erobert. Anhand eines Patientenfalls dokumentiert der Autor die einzelnen Herstellungsschritte aus zahntechnischer Sicht unter dem Einfluss neuester Produktionstechniken. Bei der Konstruktion der Suprastruktur macht der Verfasser mit einem neuartigen polymerisierenden Modellationswachs und dessen Verarbeitung im Bereich der Kalt-Modellation bekannt. Des Weiteren beschreibt er die Vorzüge und Handhabung des Dental-Laser-Schweißens bei der Verbindungstechnik von Galvanokappe und Metallgerüst. Bis hin zur keramischen Fertigstellung werden die Arbeitsschritte visuell dargestellt.

**Einleitung**

Die Herausforderungen an den Zahntechniker hinsichtlich von Qualität und technischer Innovation werden heutzutage immer größer. Dabei wird es für den einzelnen Techniker auch von Tag zu Tag schwieriger, einen Überblick über die neuesten Techniken zu behalten. Der Verfasser hat im Rahmen seiner Arbeit als Geschäftsführer des 1. Dentalen Service Zentrums die Gelegenheit, innovative Produkte für den VUZ-Qualitätsverbund zu testen und mit diesen praktisch zu arbeiten. In dem folgenden Patientenfall, in dem es um eine Oberkieferrekonstruktion mit Hilfe von implantatgestützter Galvanokronentechnik geht, wurde die Modellation des Brückengerüsts im Kalt-Modellations-Verfahren mit Metacon betrieben. Die leichte Verarbeitung, die große Stabilität, die filigrane Gestaltung des Gerüsts und die Zeit- und Materialersparnis durch dieses Verfahren sind seine großen Vorteile. Bei der Frage nach den Möglichkeiten des Verbundes zwischen dem Galvano-Käppchen und dem Brückengerüst werden die Vorteile des Laserschweißens gegenüber anderen Techniken sichtbar.

**Die Herstellung der Galvano-Implantatkrone**

Die Herstellung von Galvano-Implantatkronen unterscheidet sich nicht von der Herstellung normaler Galvanokronen. Da es sich bei der Herstellung einer Implantatkrone um reproduzierbare, ständig wiederkehrende CNC gefräste Außenstrukturen handelt, lässt sich die Arbeit, im Gegensatz zur Herstellung einer Krone, mit dem Massivsekundärteil und einem Hilfsimplantat beginnen. Zur Herstellung einer Galvano-Kappe verwenden wir den für diesen Patienten an der Stelle bestimmten Massivaufbau des Implantatpfostens und verschrauben diesen Aufbau mit einem Übungsimplantat, um den Schulterbereich des im Mund befindlichen Implantates zu erzeugen (Abb. 1). Um zwischen dem Schraubenaufbau und dem Implantat keine

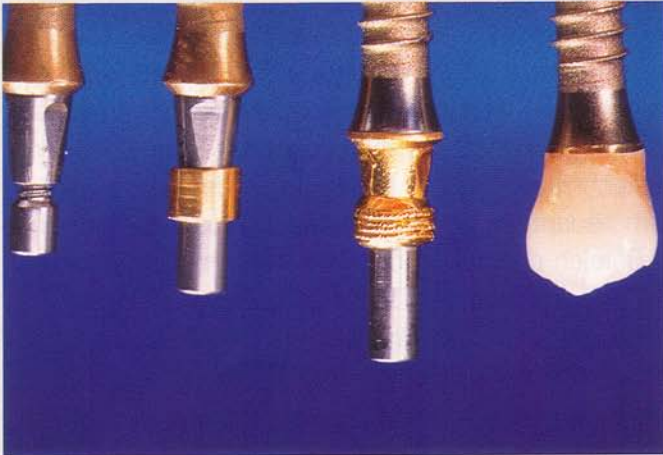


Abb. 1 Massivpfosten (Straumann), Gold-Insert für den Schraubenkanal, galvanische Konstruktion, fertige Krone (v.l.n.r.).



Abb. 2 Auffüllen des Gewindebereichs des Implantatpfostens mit Leitsilber.

Mikrospalte zu erhalten, füllen wir vor dem Aufschrauben den Gewindebereich des Implantatpfostens mit Leitsilber auf und verschrauben diesen im noch flüssigen Zustand des Leitsilberlackes. Der Aufbau darf in diesem Fall nicht ganz in den Implantatkörper eingeschraubt werden ( $\frac{1}{4}$  Umdrehung – wird nach dem Festschrauben des Aufbaus sofort zurückgedreht, und diese Position wird markiert). Nach dem Kontaktieren mit der Kupferelektrode am Ende des Übungsimplantates, welches durch Anpunkten oder Anheften einen sicheren metallischen Kontakt herstellt, versehen wir die abzuscheidenden Bereiche mit einem Leitsilber. Durch die Titanitrierung der heutigen Aufbauten sind diese nicht so leitfähig, ebenso sind die Übungsimplantate durch eine Beschichtung nicht gut leitfähig. Die gleichmäßige Stromleitung der Oberfläche ist für die Abscheidung jedoch von Bedeutung. Deshalb beschichten wir die Oberfläche mit Leitsilber. Diese Leitsilberschicht trägt ebenfalls  $5,0\ \mu\text{m}$  bis  $6,0\ \mu\text{m}$  auf. Die durch das Hochsetzen des Aufbaus erzeugte Spielpassung ist notwendig, um eine saubere Zementierung zwischen Aufbau und Krone zu erzeugen. Nach der Zementierung soll die Schulter zervikal sauber aufliegen, aber die konische Passung des Stumpfes nicht zu einem Aufspannen der Krone führen. Dieser Vorgang ist von großer Bedeutung, da wir hier direkt auf einem Implantataufbau galvanisch eine Abscheidung vornehmen und sonst kein Sicherheitsspielraum für eine Zementierung vorhanden wäre. Das Aufpressen einer konisch geformten Krone auf einen Konus bewirkt das Aufspannen dieser Krone und damit die Gefahr von Keramikfrakturen durch Zugspannung bei der Aufspannung der Kappe. Erst durch einen genügend großen Platzhalter im Bereich des Aufbaus werden diese Fehler vermieden. Die Überdeckung aller nicht zur galvanischen Schicht abzuscheidenden Bereiche mit einem Schrumpfschlauch beendet die Herstellung der Elektrode (Abb. 2).

Eine weitere Methode zur Herstellung von Elektroden besteht durch die konventionelle Dublierung mit einem Silicon und der daraus resultierenden Herstellung einer Elektrode aus Gips. Bei diesem Prozedere muss der verschraubte Aufbau mit dem Übungsimplantat nicht mit einem Distanzlack versehen werden, da die Gipsexpansion bei der Herstellung des Aufbaues der Elektrode später genügend Platz schaffen kann (Abb. 3a und b).

Zur Herstellung von Gipselektroden verwenden wir den blauen AGC-Gips (Klasse 3 Gips). Zur Abscheidung eignet sich jedes handelsübliche Galvano-Gerät. Wir bevorzugen die Geräte der Fa. Wieland, das AGC® Mikro plus sowie das AGC® Speed-



Abb. 3a Schnittdarstellung der Implantatkonstruktion.



Abb. 3b Randspaltmessung.

Gerät. Lediglich die Herstellung der Elektroden unterscheidet sich nach Herstellerangaben für deren einzelne Geräte-Typen geringfügig. Da beim Arbeiten mit Geräten der Fa. Hafner die duplizierten Elektroden aus einem Kunststoff hergestellt werden, ist es hier ratsam, vor der Dublierung einen Distanzhalter aufzubringen, da Kunststoffe eher dazu neigen zu schrumpfen als zu expandieren. Nach der galvanoplastischen Abscheidung ist die Ausarbeitung der Kronen lediglich durch das Kürzen der übergalvanisierten Ränder durchzuführen, und nach Ausätzen des Silbers erhält man eine reine Goldstruktur, die nun ihrerseits keramisch verblendet werden kann. Zu diesem Zeitpunkt, also vor der Verblendung, erfolgt die Abformung am Patienten. Hierzu wird der Pfosten in situ eingeschraubt und definitiv angezogen. Danach erfolgt das Aufsetzen der Kappe, die nun gleichzeitig als Abform-Pfosten benutzbar ist. Etwas Vaseline sorgt dafür, dass die Galvano-Kappen sicher in situ bleiben und nicht durch eindringenden Speichel abgeschwemmt werden können. Die mit der Abformung eingesammelte Galvano-Kappe, welche zum besseren retentiven Sitz in der Abformung mit einem Kunststoffpropfen versehen wird, kann nun mit einem Modell-Implantat ergänzt werden und somit zur Modellherstellung verwendet werden (Abb. 4). Somit haben wir eine exakte Wiedergabe der Mundsituation und verfügen nach der Modell-



Abb. 4 Modellimplantate in der Abformung.



Abb. 5 Exakte Wiedergabe der Mundsituation auf dem Modell. Die Modellierung der Suprastruktur kann beginnen.

herstellung über die Pfeilerkronen auf dem Modell (Abb. 5). Das übliche Prozedere zum Einartikulieren und zur Einstellung der Bisregistrade vorausgesetzt, beginnen wir mit der Modellation des Brückenkörpers. Da das Galvano-Metall mit einer Stärke von zirka 0,2 mm und einer nach dem Weichglühen und Rekristallisieren des Goldes vorgesehenen Härte von zirka 28 HV bis 45 HV eine relativ weiche Grundlage darstellt, ist es absolut notwendig, die gusstechnisch hergestellte Brückenstruktur so zu gestalten, dass die Kraftverteilung axial auf die Implantatpfosten übertragen werden kann. Ein zirkulärer modellierter Ring im oberen Drittel des Implantataufbaus oder eine Überkappung der Aufbauten sorgt für eine sichere Kraftübertragung auf die konisch zulaufenden Implantatpfosten. Die interdentale Verbindung entspricht den Regeln des Einstückgusses und verbindet das Brückenglied mit den beiden Pfeilerkappen.

Die Herstellung eines Gusses mit dem sogenannten „Metacon-Wachs“ versetzt den Techniker in die Situation, eine abnehmbare Restauration in Metacon zu modellieren, sie zu polymerisieren, auszuarbeiten und danach gusstechnisch umzusetzen. Hierbei sind die vorhandenen Merkmale des im zahntechnischen Bereich vorhandenen Arbeitsablaufes für Kronen und Brückentechnik anwendbar.

Bei Metacon handelt es sich um ein modellierfähiges Material, das lichthärtend ist. Es eignet sich zum einen für eine Vorgehensweise, so wie man als Zahntechniker gewohnt ist, zu modellieren, nämlich mit Aufwachsinstrumenten, tröpfchenförmig, ziehend, schnitzend und schabend. Das Material lässt sich jedoch zum anderen auch „kalt modellieren“ – eine neue Technik, bei der das Modelliermaterial bei Raumtemperatur kalt plastisch geformt wird. Nach der Fertigstellung der Wachs-Modellation ist durch die Polymerisation eine so hohe Stabilität gegeben, dass diese Konstruktion, die so filigran hergestellt ist, ohne Deformationen vom Modell abzuheben ist. Fotoinitiatoren in diesem wachsähnlichen Material sorgen für eine Polymerisation, die es zulässt, dass Modellationen, egal welcher Größe, sich problemlos vom Modell abheben lassen. Die anschließende mit rotierenden Instrumenten mögliche mechanische Bearbeitung ergibt ein neues und bislang noch nicht existierendes Konzept in der Herstellung von zahntechnischen Leistungen. Ausgangspunkt für die Entwicklung dieses Materials liegt darin, die Herstellung in der Modellgusstechnik, im Bereich der Kronen- und Brückentechnik sowie gerade auch im Bereich der Geschiebomodellation zu vereinfachen und zu präzisieren. Mit dieser neuen Technik ist die Herstellung und Gestaltung der Gerüste für die Gusstechnik unter hoher Arbeitszeiterparnis machbar.

Das Material ist plastisch wie eine Knete und kann durch Abkühlen steifer und fester gemacht werden sowie durch das Aufschmelzen in einen flüssigen Zustand versetzt werden. In seinem Originalzustand besitzt das Metacon eine bei Zimmertemperatur plastische Verformbarkeit, welche durch das bleitote Verhalten in der jeweilig geformten Position verhardt. Die Modellation eines sekundären Gussgerüsts über die galvanischen Kappen erfolgt durch das Aufdrücken dieses Materials mit den Fingern. Hierbei verfahren wir so, dass wir einen zirka 4,0 mm dicken Strang aus diesem Material herstellen (Abb. 6 bis 8) und diesen von okklusal beziehungsweise inzisal auf den Galvano-Kappen, welche sich auf dem Modell befinden, festdrücken (Abb. 9). Damit sich die Kappen später problemlos aus der Modellation lösen lassen, werden sie durch einen Gummierungsprozess im Vorfeld leicht konisch gehalten und Überhänge der galvanischen Abscheidung auf diese Weise entfernt. Ein Platzhalterlack gewährleistet nach dem Guss ein spannungsfreies Gerüst (Abb. 10). Nachdem dieses lichthärtende Modelliermaterial mit den Fingern grob platziert worden ist, können

**Metacon - ein neues  
Modellierverfahren des  
„Kalt-Modellierens“**

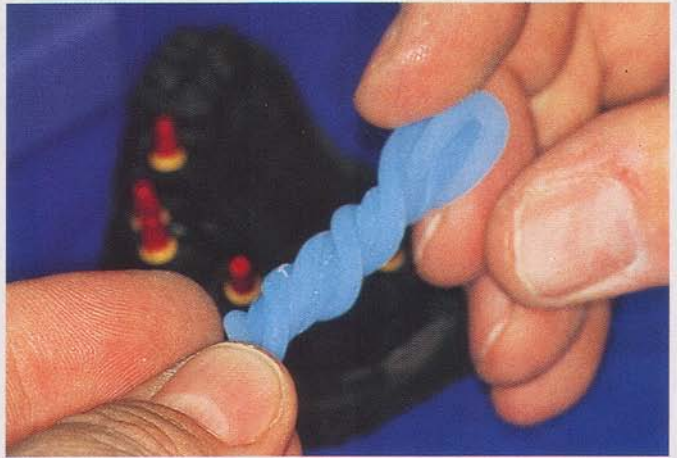
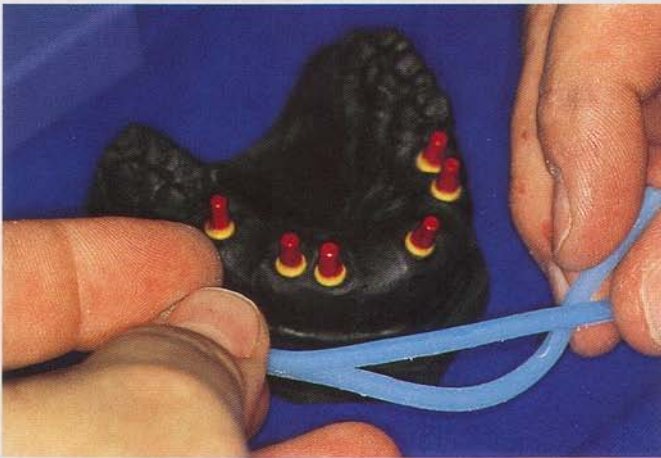


Abb. 6 bis 8 Kneten eines zirka 4,0 mm dicken Strangs aus Metacon.

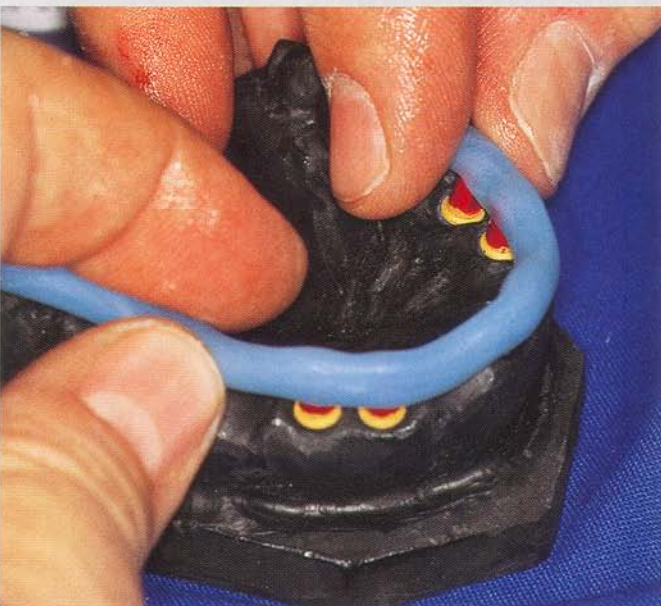


Abb. 9 Festdrücken des Metacon-Strangs auf die Galvanokappen.



Abb. 10 Auftragen des Platzhalterlacks.

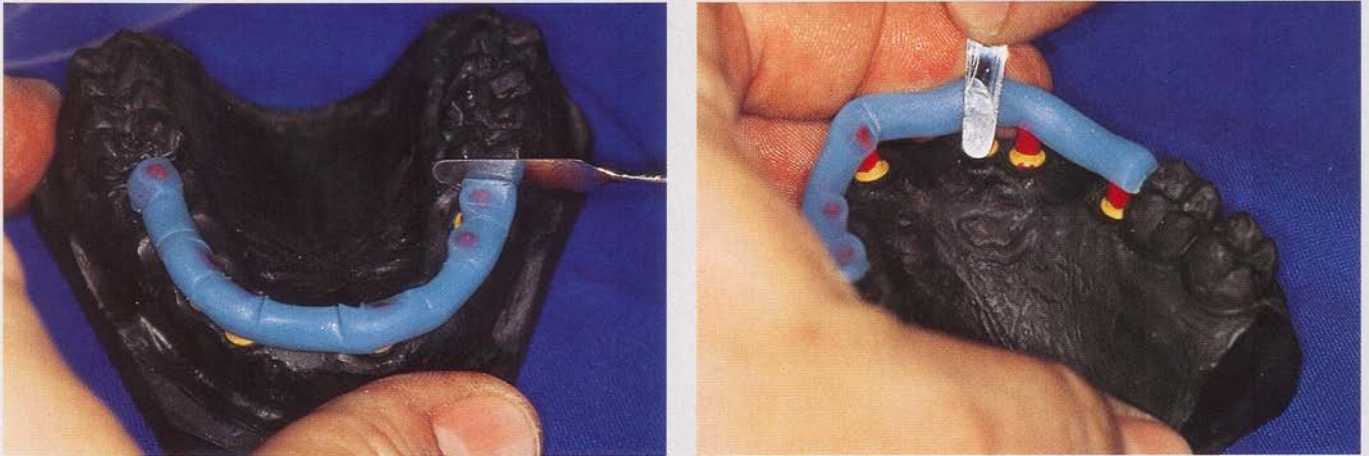


Abb. 11 und 12 Modellieren der Brücke mit Hilfe eines löffelartigen Instruments nur durch drückendes Formen.

wir mit dem Einsatz eines löffelartigen kleinen Modellierinstrumentes dieses Wachs in jede Position drücken (Abb. 11 und 12) und somit modellieren, ohne ständig neues Material aufschmelzen und wieder auf der zu modellierenden Fläche erstarren lassen zu müssen. Hierbei kann wesentlich rationeller gearbeitet werden, da sich dieses Material in jede Position verschieben lässt und somit ein permanentes Modellieren auf dem Stumpf ermöglicht. Neues Material kann in Form von kleinen Portionen hinzugeedrückt und muss nicht einmal aufgeschmolzen werden. So kann permanent in einem plastischen Zustand die Modellation entstehen (Abb. 13 bis 17). Zwischenpolymerisieren des Metacons sowie die Ergänzung nach der Bearbeitung mit normalen Wachsen oder wiederum Metacon lassen sogar eine Sandwich-Bauweise zu. Die Modellationstechnik ist sicherlich gewöhnungsbedürftig. Zahntechniker sind gewohnt, mit flüssigen Wachsen zu arbeiten. Jedoch haben wir sehr schnell bemerkt, dass das Drücken einer Modellation mit dem Modellierinstrument wesentlich schneller durchgeführt werden kann. Diese Modellationstechnik unterscheidet sich im Wesentlichen dadurch, dass man kein Wachs tanken muss und somit auch kein flüssiges Wachs in kleinen Portionen auf die Modellation aufschwemmen muss. Die Zeiten für das Schmelzen von Wachs und Erwärmen der Sondenspitzen entfallen. Somit kann permanent an einer Modellation gearbeitet werden. Durch diese Technik wird das Modelliermaterial nicht ständig thermischen Veränderungen unterworfen und hat somit auch keine Volumenänderungen. Diese Spannungsfreiheit kennzeichnet das Material in besonderer Weise.

Nachdem dieses Gerüst soweit hergestellt worden ist, dass es unseren Vorstellungen entspricht (Abb. 18), kommt das gesamte Modell mit der Metaconmodellation in ein Polymerisationsgerät und wird dort binnen weniger Minuten polymerisiert (Abb. 19). Nach der Polymerisation lässt sich dieses Gerüst spannungsfrei von den Galvano-Kappen heben und mit rotierenden Instrumenten in seine endgültige Form bringen (Abb. 20 bis 22). Hierbei wird das Gerüst so filigran ausgearbeitet, wie später die tatsächliche Gerüstsituation sein soll (Abb. 23 und 24). Ein gravierender Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass

- ☞ nur sehr wenig Materialverlust bei der späteren metallischen Ausarbeitung entsteht und
- ☞ der Ausarbeitungsprozess in einem sehr weichen Material und nicht in Metall ausgeführt werden muss.



Abb. 13 bis 17 Die Suprastruktur wird „kalt-modelliert“.





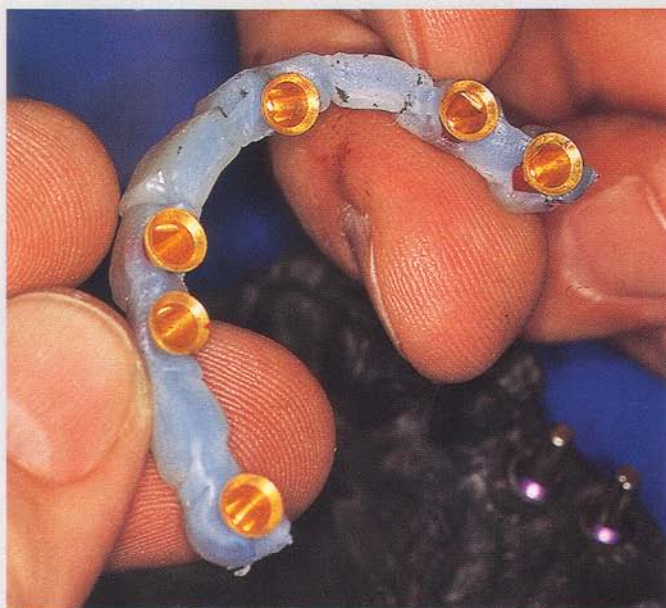


Abb. 18 Das fertig modellierte Gerüst lässt sich ohne Deformierung vom Modell nehmen.



Abb. 19 Das Gerüst nach Polymerisation auf dem Modell.

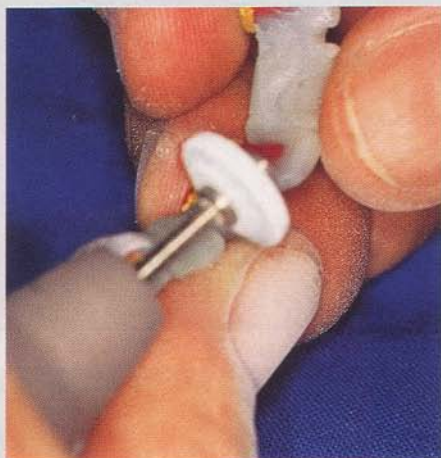


Abb. 20 bis 22 Ausarbeiten des polymerisierten Gerüsts mit rotierenden Instrumenten.



Abb. 23 und 24 Filigrane Ausarbeitung des Gerüsts.

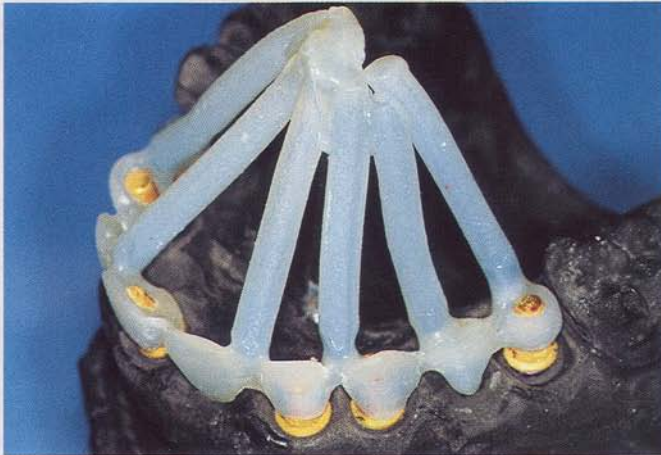


Abb. 25 Anstiften der Gusskanäle auf dem Modell.

Nach dem Anstiften dieser filigranen Strukturen mit lighthärtenden Gusskanälen (Abb. 25) wird das gesamte Gussgerüst durch das Ansetzen der Gusskanäle so versteift, dass man es problemlos vom Modell abheben kann, ohne es zu deformieren (Abb. 26 bis 29).

Metacon verbrennt rückstandslos ohne zu expandieren und führt somit zu sehr glatten und sehr sauberen Gussergebnissen.

Nach der Einbettung und der gusstechnischen Umsetzung unseres Gusses wird dieser lediglich abgestrahlt und in den abgetrennten Gusskanalbereichen etwas nachgeschliffen und korrigiert (Abb. 30). Wo man wenig ausarbeiten muss, kann auch nur wenig Verzug im Metall entstehen. Nun sind wir in der Lage, mit einer Verbindungstechnologie eine galvanisch getragene Brückenkonstruktion herzustellen (Abb. 31 bis 34).

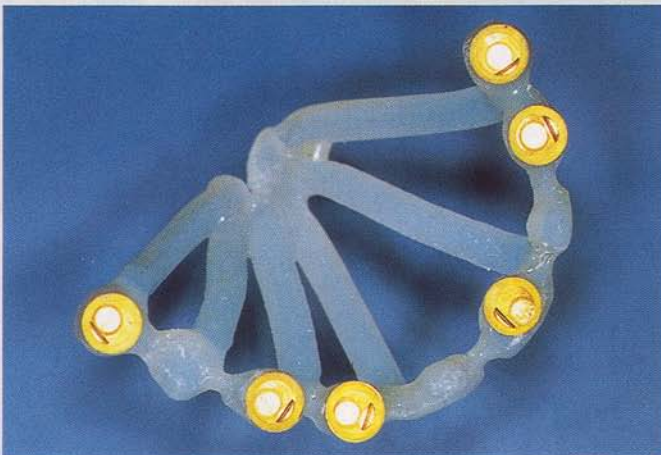


Abb. 26 und 27 Gussmodell verstärkt nach Abheben vom Modell.



Abb. 28 und 29 Das polymerisierte Gussmodell vor dem Guss.



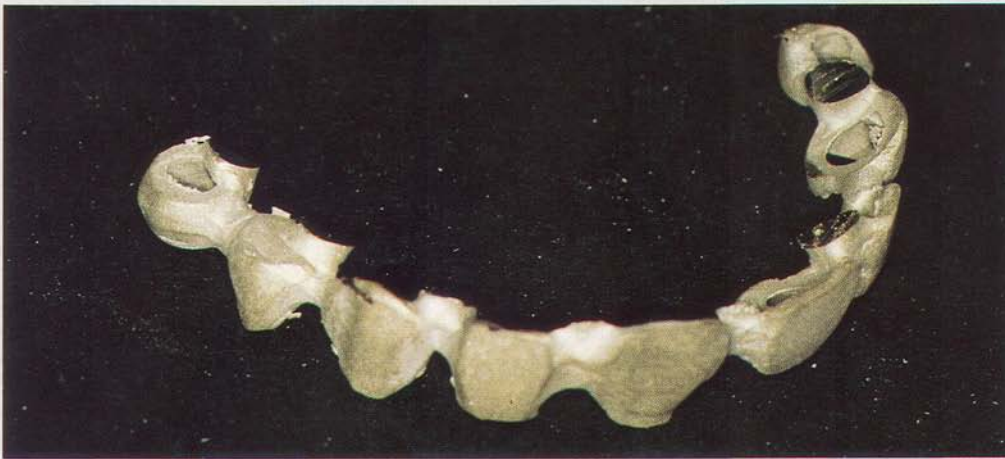


Abb. 30 Das von den Gusskanälen abgetrennte Metallgerüst.



Abb. 31 bis 34 Die Brückenkonstruktion und die Galvano-Kappen auf dem Modell vor der Verbindung.

Vor der endgültigen Verbindung besteht die Möglichkeit, die Kronen und die Brückenglieder getrennt zur Einprobe zu verwenden (Abb. 35). Hier kann der Behandler jede einzelne Pfeilerkrone auf Passung und Randschluss überprüfen. Nach Überprüfung der Passungen im Mund setzt der Zahnarzt die Brückenzwischenglieder mit den Umfassungsrings oder den Überkappungen über die galvanisch hergestellten Kronen und fixiert sie mit Kunststoff. Nach der Entfernung aus dem Mund kann auf dem Meistermodell die Brückenkonstruktion auf Passung überprüft

## Die Einprobe



Abb. 35 Kronen und Brückenglieder können getrennt einprobiert werden.



Abb. 36 bis 39 Die Brückenglieder und Kronen sind nach der Einprobe fixiert.

werden. Diese Arbeit geht in das Labor zur Fertigstellung, wenn die Passung sämtlicher fixierter Kronen auf dem Arbeitsmodell in Ordnung ist (Abb. 36 bis 43). Stellt sich bei der Einprobe heraus, dass zwischen einer oder mehreren Kronen keine 100 %ige Spannungsfreiheit besteht, aber durch die galvanischen Kronen eine exakte Passung im Mund vorliegt, so kann in der gleichen Sitzung nach der Fixierung der Brückenglieder ein neuer Sammelabdruck genommen werden und anschließend im Labor ein neues Meistermodell erstellt werden.



Abb. 40 bis 43 Brückenglieder und Kronen im Verbund.

Einige Gedanken zu einer Verbindungstechnologie zur Herstellung von galvanischen Brücken: Es gibt fünf verschiedene Möglichkeiten, galvanisch-unterstützt gegossene Brücken herzustellen und miteinander zu verbinden. So ist die Angusstechnik bekannt, bei der das modellierte Gerüst mit den Galvano-Kappen eingebettet und gegossen wird. Durch das höhere Legierungsschmelzintervall, welches bei der Schmelzung des Goldbereiches entsteht, kommt es hierbei zu einer metallurgischen Verbindung. Es besteht ebenso die Möglichkeit, diesen Brückenkörper separat zu gießen und später mit einer Lotfügetechnik mit einem speziellen Lot bei 1000 °C einzulöten. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass gegossene Gerüst mit einem speziellen Keramik-Kleber, welcher temperaturbeständig ist, um die keramischen Brände zu überstehen, auf die Galvano-Kappen zu kleben. Auch mit einem Goldbonder ist es möglich, dieses Brückengerüst mit Hilfe eines Bonderbrandes im Ofen metallisch zu verbinden, um eine sichere Verbindung zwischen den AGC-Kappen und dem Brückengerüst herzustellen.

Alle soeben beschriebenen Maßnahmen haben Vor-, aber auch gravierende Nachteile. So ist die völlige Diffusion beim Angus, sowie auch beim Löten des Gussmetalles mit dem reinen Gold der Galvano-Kappe, beziehungsweise dem Lot und der Galvano-Kappe, ein Verzicht auf die Biokompatibilität, weil damit natürlich auch die Kroneninnenseiten mit einer Goldgusslegierung beziehungsweise einem Lot an der Werkstückoberfläche versehen sind. Gerade aber unter metallurgischen Aspekten im Bereich von Korrosionserscheinungen können Probleme, die bei der direkten Berüh-

### Die Verbindungstechniken

nung von Titan und einer Goldgusslegierung beziehungsweise einem Lot entstehen, vermieden werden. Die völlige Lagestabilität von reinem Gold und Titan ist in der Wissenschaft hinlänglich bekannt und beschrieben (Titan in der Zahnmedizin, *Wirz/Bischoff*, Galvano-Prothetik, *Wirz/Hoffmann*). Diesen herausragenden Vorteil, zwei reine Metalle maximal in Kontakt miteinander treten zu lassen (Ti, Au), sollte man, wenn es geht, auf keinen Fall aufgeben. Das Kleben wie auch das Sintern dieser Galvano-Strukturen mit einer Gusslegierung erfordern einige Erfahrungen und sind für die keramische Verblendung mit einigen Problemen verbunden. Die Fehlergrenze dabei ist sehr eng, es kann hier sehr leicht zu Irritationen in der keramischen Verblendung kommen. Diese Irritationen machen sich für den Keramiker durch eine „hochlebendige Keramik“ sehr schnell sichtbar.

Modern ausgestattete Labore verfügen über eine fünfte Möglichkeit: das Einschweißen dieser gegossenen Strukturen mittels eines Dental-Lasers. Nach Meinung des Autors und vieler wissenschaftlicher Untersuchungen sowie Veröffentlichungen stellt diese Verbindungstechnik einen einfachen, sicheren und reproduzierbaren Weg dar. Da für jedes Metall, bedingt durch dessen jeweiliges Reflexionsverhalten sowie die Wärmeleitfähigkeit, eine andere Einstellung am Laser vorgegeben wird, besteht genau hier die Möglichkeit, mit einer definitiven Eindringtiefe in die Werkstückoberfläche der Galvano-Kappe vorzudringen. Die mit dem Laser aufgeschmolzenen Legierungsbestandteile haben, bedingt durch ihre metallurgische Zusammensetzung, einen höheren Schmelzpunkt beziehungsweise ein höheres Schmelzintervall als das reine Gold. Bei exakter Einstellung des Laserstrahls erfolgt somit nicht die Aufschmelzung des reinen Goldes und der Legierung gleichzeitig, sondern durch einen Schmelzsee, der in der Gusslegierung entsteht, kommt es zur Kontaktierung mit dem Gold und bei der hohen Wärmeleitfähigkeit des Goldes zu einem schwammartigen Ansaugen dieser Wärme. Dieses führt im Millisekundenbereich zur Aufschmelzung der Goldoberfläche, so dass sich die flüssige Legierung mit der Goldoberfläche sauber durchmischen kann. Da dieser Schmelzprozess sehr gut steuerbar ist, ist man in der Lage, einen exakten Tiefenbereich für die Durchschmelzung der Goldkappe vorzugeben. Diese Vorgehensweise bedeutet eine oberflächlich bis zu 50 %ige Durchschmelzung der Goldkappe, ohne die Kroneninnenflächen aufzuschmelzen. Durch die Verfahrenstechnik kann sicher gestellt werden, dass wir zum einen eine stabile kraftübertragende Schweißung bekommen, zum anderen aber die Kroneninnenflächen aus reinem Gold belassen und hiermit die Biokompatibilität gewahrt bleibt. Die Gusslegierung wird später keramisch ummantelt und ist somit der Mundhöhle nicht mehr zugänglich. Des Weiteren hat dieser eben beschriebene Prozess den gravierenden Vorteil, keinerlei zahntechnische Probleme bei der weiteren keramischen Verarbeitung aufzuwerfen.

Die Anzahl der Patienten mit allergischen Erscheinungen ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Neue für uns zwingend einzuhaltende Richtlinien in der Verarbeitung und Dokumentation von zahntechnischen Materialien sind heute schon im MPG und in DIN-Normen enthalten. Sie fordern von uns den Nachweis, die Verarbeitungsrichtlinien genauestens einzuhalten. Durch Verbindungen gleicher Metalllegierungen mit gleichen Legierungen oder gleichen Metallen ist uns durch den Einsatz des Lasers in diesen Anforderungen ein ganzes Stück an Verantwortung genommen worden. Der Einsatz des Lasers in der AGC-Technik bietet erstmalig auch die Möglichkeit, auf den Einsatz von Dentalloten zu verzichten. An dieser zahntechnischen Klippe scheiterte bislang die Biokompatibilität.

Da die Verarbeitung von Loten immer zu einer Legierung im Lotbereich führt, ist hier

ein Schwachpunkt in der Metallurgie zu sehen. Durch die Möglichkeit, auf Lote verzichten zu können und die Metalle direkt durch einen Impulslaser zu verschmelzen, ist die Galvanobrückentechnik in eine der metallisch reinsten Brückensysteme aufgestiegen.

Zur Vorbereitung der AGC-Kronen sowie auch der Gusslegierung werden diese im Ofen auf zirka 450 °C bis 500 °C vorgewärmt. Das Glühen kann aber auch auf den Oxidbrand des Gussgerüsts ausgedehnt werden, sofern er 950 °C nicht überschreitet. Somit kann man auch die Oxidfarbe des Gusses prüfen:

1. Verbrennen dabei alle organischen Stoffe (Kunststoff, Blutreste, Speichelreste, Fette etc.) und
2. dient dieser temperische Vorgang dazu, Spannungen aus dem Gussgefüge zu nehmen und gleichzeitig die AGC-Kronen zu entspannen.

Durch die abgestrahlte Gusslegierung erfolgt die Laserung auf das AGC-Gold. Alle auf dem Markt vorhandenen Laser sind für dieses Fügeverfahren einsetzbar. Zu einer solchen modernen Schweißtechnik gehören reproduzierbare sichere Schweißergebnisse. Die Schweißenergie für die verschiedenen Legierungen sind abhängig von der Wärmeleitfähigkeit der Metalle oder Legierung. So hat das reine Feingold eine Wärmeleitfähigkeit von zirka 310 WmK. Die für die Zwischenglieder zur Anwendung gekommenen Legierungen liegen je nach Legierungszusammensetzung bei mittleren Wärmeleitfähigkeiten zwischen 200 WmK und 250 WmK bei Hochgoldlegierungen. Palladiumbasislegierungen liegen mit einer Wärmeleitfähigkeit von zirka 160 WmK weit darunter. NE-Legierungen liegen bei zirka 140 WmK bis 160 WmK, und Titan beispielsweise liegt bei zirka 21 WmK. Durch die niedrigeren Wärmeleitfähigkeit der Legierungen ist es möglich die Schmelzenergie der Legierungen mit einer relativ niedrigen Einstellung des Lasers so zu steuern, dass ein ausreichend großer Schmelzsee durch den Laserschuss entsteht. Die Kontaktwärme der Legierungsschmelze liegt über dem Schmelzpunkt des Feingoldes und ist somit in der Lage das Gold anzuschmelzen und führt so zur Verschweißung. Diese ideale Einstellung des Lasers für eine Gusslegierung liegt unter der Aufschmelzleistung für Feingold und hat somit eine große Sicherheit und kontinuierliche Schweißergebnisse. Versehentliche Laserschüsse auf das Feingold führen zu keinem Misserfolg.

Damit bietet sich diese Technik für alle in der Zahntechnik benutzbaren Metalle und Legierungen an. Alle Goldlegierungen und NE-Legierungen führen dabei zu einer guten metallurgischen Verbindung.

Da die Schweißnähte zirkulär in den Verbindungselementen im Randbereich ausgeführt werden, ergibt sich zwischen diesen beiden Zonen ein Hohlraum zwischen der Legierung oder dem Metall sowie dem reinen Gold. Bedingt durch eine sogenannte Spielpassung, die absolut drucklos verschweißt ist, sind diese Hohlräume relativ großvolumig. Solche in der Regel mit Argon gefüllten Schweißkammern führen bei der weiteren keramischen Verblendung, die im Vakuum durchgeführt wird, zum Aufblähen der galvanisch abgeschiedenen Goldwände. Bei Temperaturen um die 860 °C bis 960 °C wird hierbei eine mechanische Deformation der Goldkronen entstehen, die bis zum Platzen der Goldwände führen kann. Um diese Fehler zu vermeiden und gleichzeitig einen flächigen Kontakt zu der Goldlegierung zu erreichen, ist es unbedingt notwendig, diese Hohlkammern nicht hermetisch abzuschließen. Kleine Perforationen innerhalb der Schweißnähte garantieren im Keramikofen eine Evakuierung dieser Schweißkammern. Die nachfolgend zusammensinternde Keramik

### Verarbeitungsmethode mit Lasern

wirkt wie ein Ventil und verschließt diese Vakuumkammern. Die Duktilität des Goldes innerhalb des Temperaturbereiches bis zirka 960 °C wird nun nach dem Fluten des Vakuums dazu führen, dass diese Goldschicht durch die Kronenwandung einem genauso hohen Überdruck ausgesetzt ist, wie in dem Vakuum vorher ein Unterdruck entstanden ist. Zwischen den beiden Schweißnähten kann das Gold nun an die Gusslegierung adaptiert werden, wobei es sich innig an die Oberflächenstruktur der Gusslegierung anschmiegt. Bei hochgoldhaltigen Legierungen kann dabei sogar in den Grenzflächen eine Diffusion stattfinden (Goldhammerfüllungs-Prinzip). So kommt es zu einer totalen Befestigungstechnik der gesamten gusstechnisch hergestellten Oberflächen dieser zirkulären Umfassungen oder Überkappungen. Diese Technik stellt somit einen hohen Grad an biokompatibler Anwendung in der VMK-Technik dar.

**Die Verblendung**

Für die keramische Verblendung werden die Gerüste mit Aluminiumoxyd 100 µm und 1 bar bis 2 bar Druck im Winkel von 45 ° abgestrahlt und anschließend gegebenenfalls mit einem Bonder versehen (Abb. 44). Dieser Bonder besteht laut Angabe der Firma Wieland aus Feingold und Keramik. Er diffundiert durch seinen Goldanteil in das AGC-Gerüst ein, und die Keramikpartikel werden so von dem Gold, ähnlich einer Schmuckeinfassung, eingefangen und fixiert. Die Trocknungszeiten des Bonders müssen unbedingt eingehalten werden. Dazu wird das mit Bonder beschichtete Gerüst in der Strahlungswärme der auf 600 °C aufgewärmten und geöffneten Brennkammer des Keramikbrennofens mindestens fünf Minuten getrocknet (Abb. 45). Dabei soll sich das Objekt auf zirka 180 °C bis 200 °C erwärmen. Die zunächst noch feuchte und glänzende Oberfläche wird durch das Verdampfen des Bindemittels matt.

Sollte dieser Arbeitsschritt nicht langsam genug durchgeführt werden, so kann das Bindemittel nicht vollständig entweichen. In dem nachfolgenden Brennprozess bläht sich der Bonder dann auf und führt damit in den weiteren Bränden zur Blasenbildung. Das Vorwärmen soll bei drei Minuten und mit 600 °C durchgeführt werden. Das Brennen wird mit einer Minute bei 820 °C ohne Vakuum durchgeführt.

Durch das Abstrahlen ist eigentlich schon eine gute Oberfläche der Metallanteile, die verblendet werden sollen, erreicht, und man kann heute davon ausgehen, dass auf den Bonderbrand verzichtet werden kann. In diesem Fall wird bei gleicher Temperatur ein Brand (wie ein Oxidbrand) durchgeführt. Da nach dem Brand die Härte des Goldes nachlässt, soll die Verwendung von Klemm- oder Spreizpinzetten



Abb. 44 Auftragen des Bonders.



Abb. 45 Trocknen des Bonders.



vorsichtig gehandhabt werden. Über das große Retentionsfeld des Bonders oder der abgestrahlten Fläche wird nun der Keramikopaker mit dem Metallgerüst verbunden.

Die Arbeit wird nun, wie üblich den verwendeten Massen entsprechend, geschichtet, gebrannt, ausgearbeitet und fertiggestellt (Abb. 46 bis 52).

Sämtliche Galvanoarbeiten können mit nahezu allen Keramikmassen verblendet werden. Das schließt auch die niedrigbrennenden Massen mit hohem WAK-Wert ein. Arbeitswissenschaftliche Studien zeigen, dass Galvanoarbeiten rationeller, das heißt mit geringem personellen Einsatz eines Zahntechnikers, hergestellt wer-

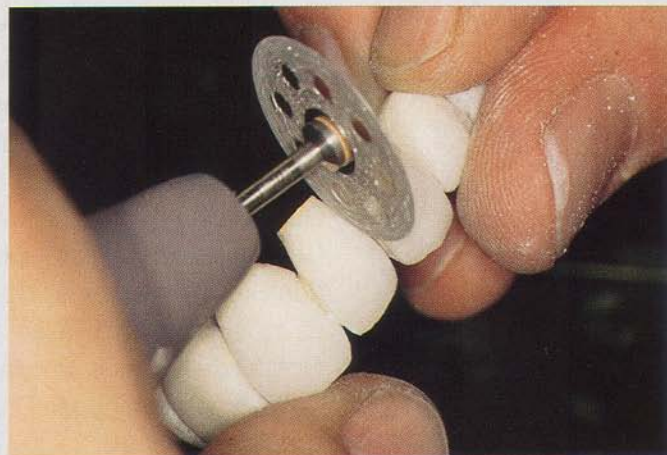


Abb. 46 Ausarbeiten der Keramikverblendung.

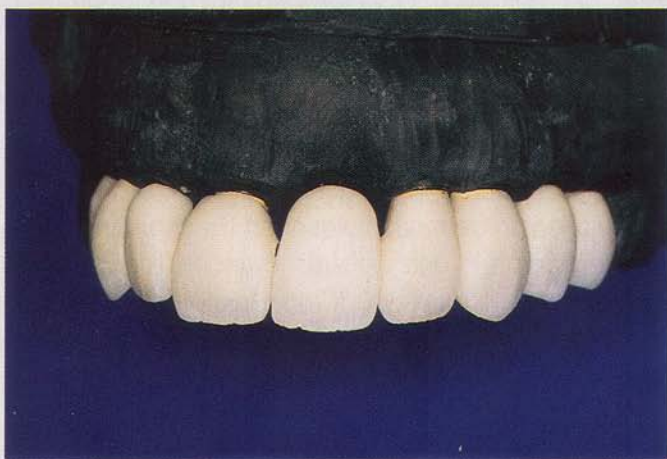


Abb. 47 und 48 Suprastruktur auf dem Modell im Rohbrand.



Abb. 49 und 50 Frontansicht der fertig verblendeten Arbeit.



Abb. 51 und 52 Die fertige Arbeit mit Blick auf die Galvano-Kronen-Innenflächen.

den können. Die Auswahl der Keramik richtet sich natürlich nach der Legierung, aus der die Gusskonstruktion hergestellt worden ist.

Unter dem Motto: Neue Technologien mit bewährten Techniken zu kombinieren, erhalten wir auf diese Weise eine, inzwischen auch klinisch bewährte, stabile Brückenkonstruktion, die allen Ansprüchen der Ästhetik und der Biokompatibilität gerecht wird.

**Weiterführende Literatur**

1. Rogers, O. W.: Electroforming A Gold Matrix For Indirect Inlay. J Prosthet Dent 11, 959-966 (1961).
2. Rogers, O. W.: The type of union between cast gold and an electroformed gold matrix in an inlay technique. Aust Dent J 21, 479-487 (1976).
3. Rogers, O. W.: Porosity in gold cast against an electroformed gold matrix in an inlay technique. Aust Dent J 22, 100-106 (1977).
4. Rogers, O. W.: The dental application of electroformed pure gold I. Porcelain jacket crown technique. Aust Dent J 24, 163-170(1979).
5. Rogers, O. W.: The dental application of electroformed pure gold II. Aust Dent J 25, 1-6 (1980).
6. Rogers, O. W.: The dental application of electroformed pure gold III. Aust Dent J 25, 205-208 (1980).
7. Schöpf, E., Wex, O. und Schulz, K. H.: Allergische Kontaktstomatitis mit spezifischer Lymphocytenstimulation durch Gold. Der Hautarzt 21, 422-424 (1970).
8. Schwickerath, H.: Biege- und Verbundfestigkeit galvanisierter Metallkeramikronen. Dent Labor 34, 375-377 (1986).
9. Schwickerath, H.: Galvanisierte Kronenherstellung im Test. Zahnärztl Mitt 76, 479-483 (1986).
10. Schwickerath, H.: Die keramisch verblendete Galvanokrone. Quintessenz Zahntech 14, 1147-1151 (1988).
11. Setz, J., Diehl, J. und Weber, H.: Der Randschluß zementierter galvanokeramischer Kronen. Quintessenz 40, 1439-1445 (1989).
12. Shillingburg, H. T., Jacobi, R. und Brackett, S. E.: Grundlagen der Zahnpräparation. Quintessenz Verlag, Berlin 1988.
13. Simonis, A., Freesmeyer, W. B., Benzing, U. und Setz, J.: Plaqueanlagerung an galvanokeramischen Kronen. Dtsch Zahnärztl Z 44, 650 (1989).
14. Stroppe, M.: Standortbestimmung 1990. Galvanoplastisch hergestellte Gerüste. Dent Labor 38, 201-207 (1990).
15. Wirz, J. und Hoffmann, A.: Galvanoprothetik – neue Wege zum biologischen Zahnersatz. Quintessenz Verlag, Berlin 1999.
16. Wirz, J. und Hoffmann, A.: Electroforming in Restorative Dentistry. Quintessenz Verlag, Berlin 1999.

**Adresse des Verfassers**

ZTM Andreas Hoffmann  
 1. Dentales Service Zentrum GmbH & Co KG im VUZ Qualitätsverbund  
 Ludwig-Erhard-Straße 7b, D-37434 Gieboldehausen  
 E-Mail: Dentales-Service-Zentrum@t-online.de

