

Der aktuelle Stand zahntechnischer Fügeverfahren – Teil 2

Metallische Fügeverfahren – eine Übersicht

Ein Beitrag von Joachim Mosch¹, Ztm. Andreas Hoffmann² und Dr. Michael Hopp³

Eigentlich sollte es gar nicht vorkommen, dennoch passiert es fast jede Woche (manchmal sogar fast jeden Tag) in jedem Dentallabor weltweit: Eine Brücke passt nach dem Gießen nicht mehr optimal auf das Modell, sie „schaukelt“, der Sitz ist unpräzise und der Randschluss mangelhaft. Ein alternatives Szenario könnte sein, dass die Brücke perfekt auf dem Modell passt, sich aber bei der Gerüsteinprobe im Mund des Patienten nicht einpassen lässt. Es gibt zahlreiche verschiedene Gründe, weshalb solche Probleme entstehen können. Im ersten Fall könnte die Modellation beim Abheben verformt worden sein – im zweiten Fall könnte es an der Abformung liegen. Obwohl es also viele Gründe für Probleme mit der Passung geben kann, bleibt im Resultat nichts anderes übrig, als die Brücke zu trennen und in der korrekten Position zusammenzufügen.

Indizes: Dentallegierungen, Fügeverfahren, Lichtbogenschweißen, Laserschweißen, Löten, primotec phaser mx1, Metalle, Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)

Zielsetzung

Eine Brücke, die wegen mangelhafter Passung im Labor durchtrennt und wieder gefügt worden ist, sollte an erster Stelle perfekt sitzen. Die Verbindungsstelle sollte so stabil und biokompatibel wie das Ausgangsmaterial (die „Gusslegierung“) sein, wobei die verwendete Fügeverfahren so effizient wie möglich sein sollte, zumal sie einen zusätzlichen, Arbeitsschritt bedeutet, der nicht weiterberechnet werden kann.

Löten oder Schweißen

Wie schon im ersten Beitrag dieser Serie festgestellt wurde, erfüllt das Löten im Allgemeinen nicht alle dieser Ziele. Die Qualität einer Lötverbindung hängt in sehr hohem Maße von der Legierung, die gelötet werden soll, dem Lötverfahren, dem dazu verwendeten Material, der Größe der Verbindungsstelle und

nicht zuletzt auch von den Fähigkeiten des Technikers ab. Selbst wenn diese Parameter alle optimal sind, verringert sich die Zugfestigkeit einer gelöteten Brücke um bis zu 59 Prozent im Vergleich zur ursprünglichen Festigkeit der gegossenen Legierung. Diese Daten stammen aus einer Studie von *Rosen* [1] an gelöteten Keramiklegierungen. Sie erklären die relative Häufigkeit von intraoralen Brückenfrakturen, besonders wenn die Brücke, wie in den meisten Fällen, interdental gelötet wurde (Abb. 1).

Neben der bis zu einem gewissen Grad fragwürdigen Stabilität von gelöteten Verbindungen ist die Biokompatibilität der wahrscheinlich wichtigere Faktor. *Wirz et al.* [2, 3] hoben in einer Studie folgendes hervor: „Grundsätzlich sollten Lötungen in der Zahntechnik nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen.“

¹Joachim Mosch, Zt., GF Fa. primotec, Kolberger Weg 14b, 61348 Bad Homburg, Deutschland

²Ztm. Andreas Hoffmann, GF 1.DSZ, Ludwig-Erhard-Str. 7, 37434 Gieboldehausen, Deutschland

³Dr. Michael Hopp, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde
Direktor: Prof. Dr. Reiner Biffar, Rotgerberstraße 8, 17489 Greifswald, Deutschland



Abb. 1 Gebrochene, interdental gelötete Metallkeramikbrücke



Abb. 2 Verfärbter und korrodierter Lötkontaktpunkt eines Goldinlays

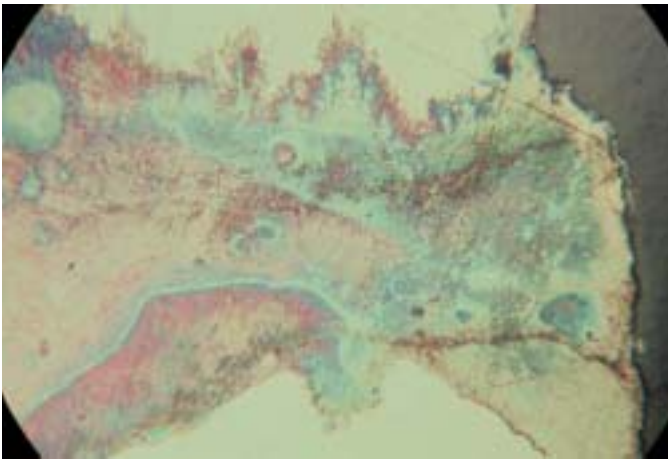


Abb. 3 Abgestumpfte Lötstelle, metallographischer Schnitt, Hellfeld, 50-fache Vergrößerung



Abb. 4
Gepulstes Wolfram-
Inertgas-(WIG)-
Schweißgerät primotec
phaser mx1

In der Regel haben gelötete Verbindungen darüber hinaus eine deutlich geringere Korrosionsbeständigkeit (Abb. 2) und neigen dazu schnell trübe und stumpf zu werden (Abb. 3).

Auch sind Gewebereaktionen und -reizungen durch den Kontakt mit gelöteten Verbindungen ein regelmäßiges Diskussionsthema. *Wirz et al. [4]* gelangen in ihrer Studie über die Lötung von nichtedelmetallhaltigen Legierungen zu dem Schluss, dass die verwendeten nichtedelmetallhaltigen Lote deutlich weniger korrosionsbeständig sind als die ursprünglichen NEM-Legierungen.

Gestützt auf diese Tatsachen, halten die Autoren das Schweißen für die eindeutig bessere Option zur Lösung des in der Einleitung der vorliegenden Publikation beschriebenen „Brückenproblems“. Anmerkung: In dieser Beitragsserie bezieht sich der Begriff

„Schweißen“ immer auf das Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG) mit dem primotec phaser mx1 (Abb. 4) und auf das Laserschweißen. Das Gas-Lichtbogenschweißen (Plasmaschweißen) wird aus den in der ersten Publikation dieser Serie angeführten Gründen nicht berücksichtigt.

Löten und (phaser-/Laser-)Schweißen sind nicht dasselbe

Nochmals soll an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass Löten und Schweißen zwei verschiedene Verfahren sind, die unterschiedliche Techniken und Ansätze erfordern. Überträgt man die Arbeitsvorbereitungen und die werkstoffkundlichen Überlegungen, die zum Löten eines Werkstücks erforderlich sind 1:1 auf die Schweißtechnik, erreicht man höchstwahrscheinlich nicht das gewünschte Ergebnis.

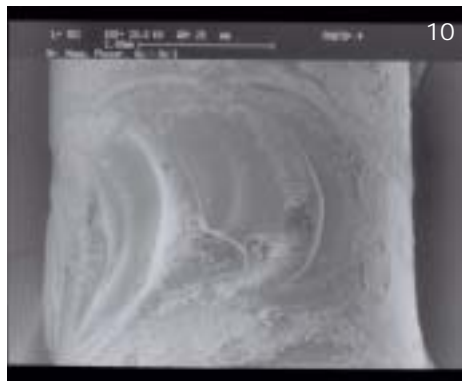


Abb. 5 Zum Löten vorbereitete Probe für den Festigkeitstest nach Norm EN 29333 mit Simulation der Spaltdivergenz. Die Spaltdivergenz ist durch den Schnitt entstanden, der die Verformung der Brücke ausgleicht und das „Schaukeln der Brücke“ einstellt.



Abb. 8 Der abgeschrägte Bereich wird mit artgleichem Zulegematerial aufgefüllt.

Die erste Frage von Technikern, die noch keine Erfahrung mit dentaler Schweißtechnik gesammelt haben, betrifft meistens die Eindringtiefe des Schweißpunktes in das Werkstück. Diese Frage ergibt sich aus der Notwendigkeit für die Lotverbindung, dass das Lot (durch Kapillarwirkung) in den Spalt „schießen“ und ihn vollständig ausfüllen sollte. Wenn der Durchmesser der



Fügestelle zum Beispiel drei Millimeter beträgt, dann entspricht es der allgemein verbreiteten Meinung, dass die Schweißpunkte allseitig mindestens 1,5 mm eindringen sollten, um eine vollständige homogene Schweißung zu erzielen. Das ist zwar grundsätzlich möglich, sowohl mit dem phaser mx1, wie auch mit jedem beliebigen Laserschweißgerät, aber es ist nicht zu empfehlen. Die Energie, die man benötigen würde, um eine Eindringtiefe von 1,5 mm zu erzielen, würde in den meisten Fällen zu einer Überhitzung der Legierung führen, was deutlich an dem ausgedehnten Funkenflug während des Schweißens zu erkennen ist. Diese Überhitzung führt zu den gleichen Ergebnissen wie ein überhitzter Guss (in homogene, poröse, schwammähnliche Struktur) und entspricht nicht dem gewünschten Resultat.

Um dieses Problem zu lösen, muss die alte „Lötregel“ (Trennschnitt interdental, der zwei parallele Oberflächen mit einer Spaltbreite von 0,2 mm ergibt), (Abb. 5)



Abb. 6 Die Kanten der Schnittflächen sollten abgeschrägt werden.

Abb. 7 Die abgeschrägten Ränder ermöglichen es, den Spalt voll zu durchschweißen, ohne die Legierung durch zu viel Energie zu überhitzen.



Abb. 9 Vollständig geschweißter Prüfkörper für den Standardtest

für die Schweißtechnik abgeändert werden (was zunächst in einem theoretischen Ansatz erklärt werden soll, unter Verwendung von Proben, die für den Festigkeitstest gemäß Norm EN 29333 vorbereitet wurden).

Abb. 10 REM-Bild eines phaser-geschweißten Prüfkörpers für den Instra-Test

Um eine volldurchdringende, homogene Schweißung zu erreichen, müssen die „linke“ und die „rechte“ Oberfläche des interdentalen Trennschnitts (der beispielsweise vom Zahnarzt bei der Gerüsteinprobe durchgeführt wurde) abgeschrägt werden (Abb. 6 und 7).

Nachdem die beiden Teile zentral durchgeschweißt sind, wird ein Schweißdraht aus der gleichen Legierung (oder dem gleichen Legierungstyp) verwendet, um die abgeschrägten Bereiche wieder aufzufüllen. (Abb. 8).

Sobald der Spalt mit dem Zulegedraht ausgefüllt worden ist, ist der Schweißvorgang abgeschlossen. Das Resultat ist eine homogene, kompakte Schweißung, die weitgehend die gleichen physikalischen und chemischen Eigenschaften aufweist wie die Gusslegierung (Abb. 9 und 10).



Abb. 11 „Klassischer“ interdentaler Schnitt, wie beschrieben phaser-geschweißt, mit perfekter passiver Passung.

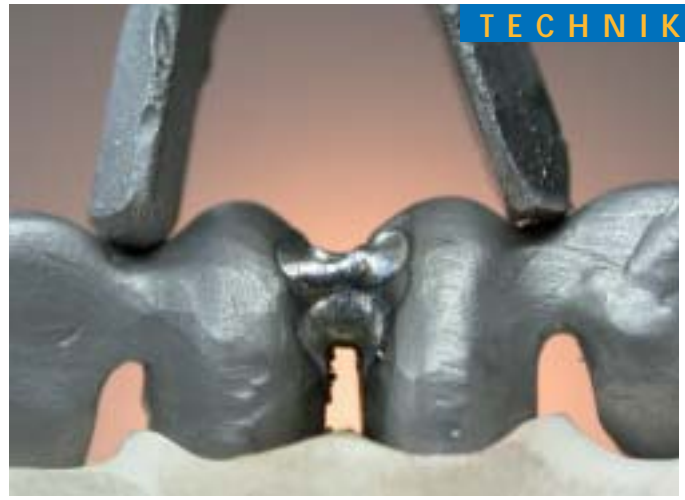


Abb. 12 Der gleiche Fall von lingual

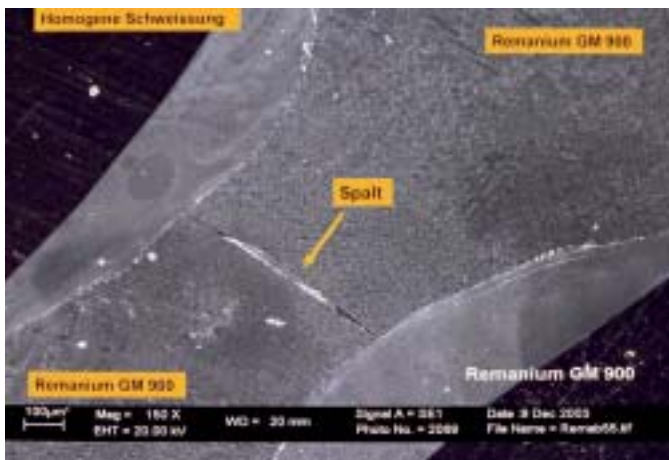


Abb. 13 Bild einer „Hohlkammernaht“, bei der der innere Spalt zu sehen ist. Die „Hohlkammernaht“ ist in der Regel genauso stabil wie eine kompakte Schweißung. (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Lindemann, Universität Tübingen/Deutschland)



Abb. 14 Voreingestellte aber individuell veränderbare Programme des primotec phaser mx1 für Gold, Kobalt-Chrom, Hybridschweißungen (Gold an CoCr), Titan und KFO

So weit die Theorie. In der Praxis spielt der Faktor des Verzugs gleichfalls eine Rolle. Um eine Verformung während des Schweißvorgangs besonders beim Interdentalschnitt, der eigentlich eher der „alten“ Lötverfahrensweise entspricht zu vermeiden, müssen die Schweißpunkte vorsichtig alternierend gesetzt werden. Der erste Punkt kann von labial erfolgen (aber nur einer), der zweite von lingual. Der dritte Punkt wäre von inzisal aus zu setzen, der vierte von basal usw. Nach den ersten zwei Impulsen kann die Brücke vom Modell abgehoben werden, aber die Passung sollte regelmäßig während des Schweißvorgangs überprüft werden (Abb. 11 und 12).

Durchgeschweißt oder „Hohlkammernaht“?

Falls es nicht möglich sein sollte, die Ränder wie zuvor beschrieben abzuschrägen, möglicherweise aufgrund Platzmangel (zum Beispiel zwischen zwei unteren Frontzahnkronen), kann eine so genannte

„Hohlkammernaht“ geschweißt werden. In diesem Fall wird die Verbindungsstelle „rundherum“ geschweißt, wobei in der Mitte ein Hohlspalt verbleibt (Abb. 13).

Der Hohlraum ergibt sich, weil die Energie, die zum vollständigen Durchdringen der Nahtstelle erforderlich wäre, zu einer Überhitzung der Legierung würde (wie schon zuvor erklärt). Infolgedessen, obwohl der primotec phaser mx1 noch viel stärkere Energieintensitäten liefern könnte, sind seine Programme so eingestellt, dass eine Eindringtiefe von etwa 0,5 bis 0,8 mm erreicht wird. Im Allgemeinen gewährleistet dies eine dauerhafte Schweißnaht, ohne die Legierung zu überhitzen (Abb. 14).

Die Tatsache, dass man in der Mitte einer Schweißverbindung bewusst einen Hohlraum belässt, mag aus der Sicht der herkömmlichen Löttechnik sehr merkwürdig erscheinen. Dennoch ist es beim Schweißen anders. Einer der möglichen Zweifel könnte zum Beispiel die Stabilität betreffen.

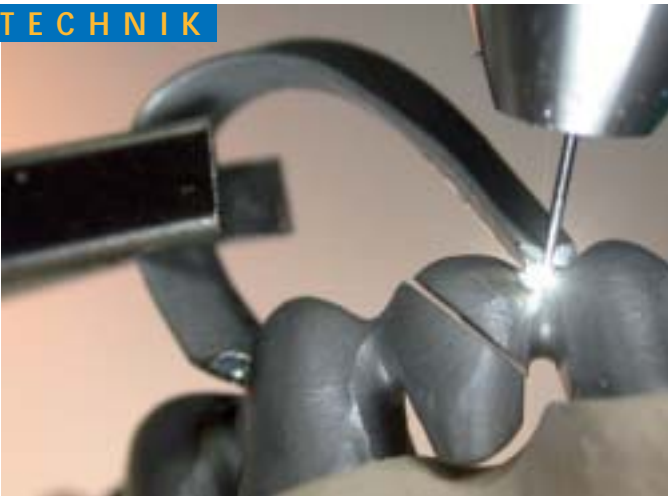


Abb. 15 Schrägschnitt durch ein Brückenglied. Der Spalt ist relativ breit und muss mit Schweißdraht gefüllt werden. Der am Oberteil aufgeschweißte gebogene Balken sichert die Position und verhindert eine Verdrehung beim Schweißen.



Abb. 16 Von Anfang an wird Schweißdraht aus der gleichen Legierung wie das Werkstück verwendet.



Abb. 17 Da die Schweißnaht lang sein kann, ist die Hohlnahtschweißung auch aus Sicht der Produktivität das geeignete Verfahren, um die beiden Teile miteinander zu verbinden.

Da die Schweißnaht nicht aus einem Lot mit niedrigem Schmelzpunkt besteht, sondern aus einem Schweißdraht aus der gleichen Legierung wie das Werkstück, verhält sich diese Art von Schweißverbindung ähnlich wie ein Rohr. In der Physik gilt die Geometrie des Rohres als ebenso biegefest, und je nach dem verwendeten Material sogar als noch biegeester, als das massive Material.

Ein weiterer Punkt, der häufig bei Diskussionen über die „Hohlkammernaht“-Technik angeführt wird, betrifft die Möglichkeit, dass während der Keramikbrände eine Entgasung des Hohlraumes stattfinden könnte, die zu einer Bläschenbildung in der Keramik führen würde. Erstens besteht die einfache Möglichkeit, eine gasdichte Hohlkammernaht zu schweißen, indem man die einzelnen Schweißpunkte um mindestens 50 Prozent überlappt. Zweitens, selbst wenn die Schweißnaht nicht perfekt dicht wäre (zum Beispiel wegen eines vom Techniker verschuldeten Fehlers), bestünde auch keine Gefahr einer Bläschenbildung in der Keramik. Denn nachdem die Opakerschicht aufgetragen und das Werkstück in den Ofen gesetzt worden ist, beginnt die Vakuumpumpe sofort mit der Evakuierung der Brennkammer. Während des Brennzyklus sintert die Opakerschicht und verschließt somit den Teil

der Schweißnaht, der im Verlauf des Schweißvorgangs nicht vollständig geschlossen wurde. Abgesehen davon ist Luft in der Regel die Ursache der Bläschen („Froschaugen“), die sich in der Keramik bilden. Der Grund dafür ist meistens irgendeine Art von Verunreinigung, die beim Brennen Gas freisetzt.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass im Fall eines interdentalen Schnittes die Ränder der Schnittflächen zum Schweißen möglichst abgeschrägt werden sollten, um dann „von innen nach außen“ eine volle Schweißverbindung aus kompaktem Material zu gestalten. Sollte es nicht möglich sein, die Ränder abzuschrägen, muss man eine „Hohlkammernaht“ bilden. In Abhängigkeit von der Spaltbreite muss auch bei der Hohlkammernaht ein Schweißdraht aus dem gleichen Material wie die Gusslegierung zum Schließen des Spaltes verwendet werden.

Außerdem ist die Hohlnahtschweißung die bessere Methode, wenn eine lange Schweißraupe erforderlich ist (oder gemacht werden kann) wie im folgenden Fall:

Es wurde beschlossen, die Brücke schräg durch das Brückenglied zu trennen (Abb. 15 bis 17).

Verformungen beim Schweißen durch Schmelzbadkontraktion

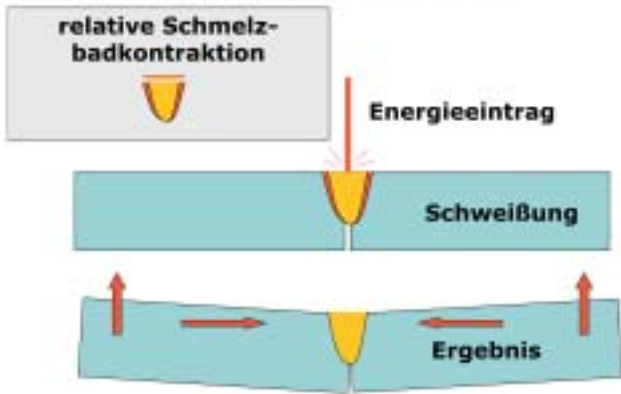


Abb. 18 Der gelbe Bereich zeigt die Größe des Schweißpunktes im festen Zustand der Legierung, die roten Bereiche links und rechts davon zeigen die Ausdehnung der Schweißstelle im flüssigen Zustand.

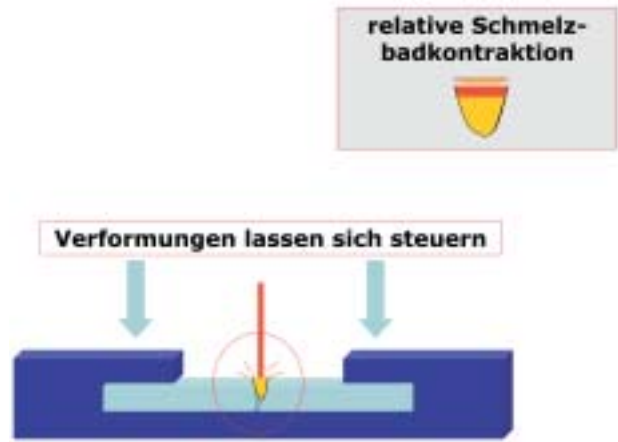


Abb. 19 Die beiden Objekte sind fest in ihrer Position verankert, so dass die flüssige Schmelze nicht zum Zentrum hin schrumpfen kann, sondern dazu „gezwungen“ wird, nach unten hin zu schrumpfen.

Abb. 20 Der gegossene Balken wird mit einem oder zwei Schweißimpulsen an jedem der zu verbindenden Teile befestigt. Nachdem das Werkstück zusammengesweißt worden ist, lässt sich der Balken leicht mit bloßer Hand „abknicken“.



Verzug: Wie man ihn verhindert, wie man ihn nutzt

Die mit dem primotec phaser mx1 oder mit dem Laser ausgeführten Schweißungen zeigen identische Resultate [5], auch in Bezug auf die Kornstrukturen in den geschweißten Zonen. Die „Regeln“ des beim Schweißen auftretenden Verzugs sind deshalb auch für beide Methoden nahezu identisch.

In den meisten Fällen ist dieser Verzug der „natürliche Feind“ des Technikers, der die Schweißung auszuführen hat, aber manchmal kann er ihm auch nutzen. Zunächst wollen wir uns damit befassen, wie dieser „Feind“ zu besiegen ist, wozu wir allerdings erst verstehen müssen, wie er sich verhält.

Jedes Material dehnt sich bei Erhitzung aus und schrumpft (kontrahiert) sobald es wieder abkühlt. Das grundsätzliche Problem liegt darin, dass dieses Verhalten nicht linear ist, was bedeutet, dass die Ausdehnung nicht unbedingt identisch zur Schrumpfung verläuft. Wenn die Energie auf den Spalt zwischen den beiden zu verschweißenden Objekten trifft, dann bringt sie die Legierung zum Schmelzen und bildet einen Schmelzsee. Dieser

Schmelzsee verbleibt im ausgedehnten Zustand, solange die Legierung flüssig ist. Beim Abkühlen der Legierung schrumpft er, bis er wieder seinen festen Zustand erreicht hat. Im Verlauf dieses Schrumpfungsprozesses, ziehen die Kontraktionskräfte die beiden vorher getrennten Teile zusammen, weil die Schmelzfläche auf natürliche Weise zum Zentrum hin abkühlt. Der gesamte Prozess läuft innerhalb von Millisekunden ab – aber diese kurze Zeit reicht aus, um das Objekt zu verziehen (Abb. 18).

Um diese Verformung zu vermeiden, muss die Schrumpfungsrichtung beim Abkühlen kontrolliert werden. Die effizienteste Art und Weise, dies zu erreichen, besteht darin, dass man die zu verbindenden Teile in ihrer jeweiligen Position sichert. Wenn man dies richtig macht, dann muss der Schmelzsee abwärts in das Objekt „hinein“ schrumpfen, ohne es dabei zu verziehen (Abb. 19).

Die Stärke dieser Verformungskraft darf nicht unterschätzt werden. Es genügt nicht, wenn man die beiden Teile lediglich mit der Hand (auf dem Modell) festzuhalten versucht, um die Schrumpfung und damit den Verzug zu kontrollieren.

Ist der Mechanismus des Verzuges im Wesentlichen verstanden, bezieht sich die nächste Frage auf die möglichen Gegenmaßnahmen. Der erste und zuverlässigste Weg, um die Position der einzelnen zu schweißenden Teile zu sichern, besteht darin, sie über einen festen, gegossenen Balken miteinander zu verbinden. Diese Balken können für die Legierungen, die am häufigsten im Labor verwendet werden, schon im Vorfeld vorbereitet sein. Man braucht für den Balken lediglich das Wachprofil eines Sublingualbügels, das etwa in einem Halbkreis gebogen wird. Der Balken wird nur einmal gegossen, kann aber mehrere Male wieder verwendet werden. Es könnte aber erforderlich sein, mehrere Balken mit unterschiedlichen Spannweiten vorzuhalten (Abb. 20).

Zu diesem Balken kann zusätzlich auch noch ein Stück Schweißdraht zur Überbrückung des Spaltes an den zu schweißenden Teilen befestigt werden, obgleich dieses Extramaß an Sicherheit (Gürtel und Hosenträger) wohl nur eher selten erforderlich sein wird (Abb. 21).

In Fällen, in denen das Anbringen eines gegossenen Balkens zur Fixierung der beiden Hälften des zu schweißenden Objekts nicht möglich ist (zum Beispiel bei einer bereits verblendeten Brücke), müssen die Schweißpunkte alternierend gesetzt werden. So könnte der erste Punkt von labial erfolgen, der zweite von lingual usw. In diesem Fall muss der Sitz regelmäßig geprüft werden. Da normalerweise ein Spalt zwischen den zu schweißenden Teilen vorhanden ist (weil die Brücke mit einer Trennscheibe durchtrennt wurde), muss von Anfang an Zulegematerial zum Auffüllen des Spalts verwendet werden. Ohne diesen zusätzlichen Draht, würde die beim Abkühlen entstehende Kontraktionskraft die beiden Teile zusammenziehen und dadurch das Werkstück verziehen (vergl. Abb. 18).

Immer dann, wenn ein Spalt vorhanden ist (wie oben beschrieben), muss von Anfang an mit Zulegedraht gearbeitet werden, um den Verzug des Werkstücks zu vermeiden.

Ein weiterer Faktor, der die Gefahr einer Verformung während des Schweißprozesses erhöht oder verringert, ist der Energieeintrag. Je mehr Energie (Leistung x Impulsdauer) appliziert wird, desto größer ist das Risiko eines Verzuges. Anfangs, als die Lasergeräte in den Dentallabors eingeführt wurden, herrschte die allgemeine Auffassung, dass mehr Energie auch zu besseren Ergebnissen führen müsse. Das ist falsch! Zu viel Energie führt lediglich zur Überhitzung der Legierung und zur Verformung des Werkstücks. Wenn also eine neue Legierung im Labor zur Anwendung kommt und die Parameter Leistung und Zeit noch ungewiss sind, ist es stets zu empfehlen, bei einer eher zu niedrigen Energiestufe zu beginnen und die Parameter dann entsprechend zu steigern, als von Anfang an eine zu hohe Energiestufe zu wählen. Daraus folgt:

Die Kontrolle des Energieeintrages erleichtert wesentlich die Kontrolle des Verzugs.

Ein großer Unterschied kann sich auch daraus ergeben, wo die Brücke getrennt wurde. Wie schon zuvor angesprochen: Wenn der Zahnarzt die Brücke interdental trennt, dann muss das Labor mit dieser Tatsache leben und die Schweißung wie beschrieben durchführen. Wenn die Brücke aber gleich nach dem Aufpassen „schaukelt“, zum Beispiel aufgrund eines Fehlers im Produktionsprozess, kann der Techniker entscheiden, wo er den Trennschnitt



ansetzt. In diesem Fall ist es zu empfehlen, den Schnitt durch die Krone zu legen (Abb. 22a bis 22c).

Grund dafür ist, dass in der Krone die durchschnittliche Wandstärke 0,3 bis 0,5 mm beträgt, was bedeutet, dass die zum Aufschmelzen dieser Wandstärke erforderliche Energie geringer ist und der Zulegedraht somit einen kleineren Durchmesser haben kann, was insgesamt die Verzugsgefahr verringert (Abb. 23a bis 23d).

Diese Schnittführung wäre beim herkömmlichen Löten nicht möglich, weil das Lot in die Krone fließen würde. Beim Schweißen hingegen wird die Legierung nur punktuell zum Schmelzen gebracht, so dass dieser Effekt nicht eintreten kann.

Das Verzugsphänomen ist in zahlreichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen weltweit untersucht worden. So bewies zum Beispiel *Himi* [6], dass die Passung von lasergeschweißten, dreigliedrigen Brücken (je nach Fixierungsart) besser als die von gelöteten oder sogar neu gegossenen Brücken war. Das ist gut zu verstehen, weil die individuellen Fähigkeiten des Technikers beim Gießen oder beim Löten sehr wichtig sind. Beim Schweißen hingegen spielt, wenn die Vorbereitung wie oben beschrieben erfolgt, der menschliche Faktor eher eine Nebenrolle.

Klinke et al. [7] beobachteten interessanterweise, dass gelötete Aufbrennlegierungen ein geringeres Maß an Verzug aufwiesen als gegossene oder lasergeschweißte Kontrollexemplare nach dem ersten Brand. Der Grund für dieses unerwartete Ergebnis liegt in der Spannung innerhalb der Gefügestruktur der Legierung, die sich beim Gießen, Ausbetten, Abstrahlen und Ausarbeiten aufbaut. Beim Löten wird diese Spannung automatisch durch die gleichmäßig applizierte Flammenhitze ausgeglichen. Die Studie zeigte bei gerade gegossenen Brückenstrukturen, die eine inakzeptable Passung haben, dass ein „Entspannungsglühen“ der Brücke im Keramikofen (800 °C, eine Minute, kein Vakuum) die Spannung lösen kann. Danach sollte man zuerst wieder die Passung prüfen, bevor man sich dafür entscheidet eine Brücke zu trennen.

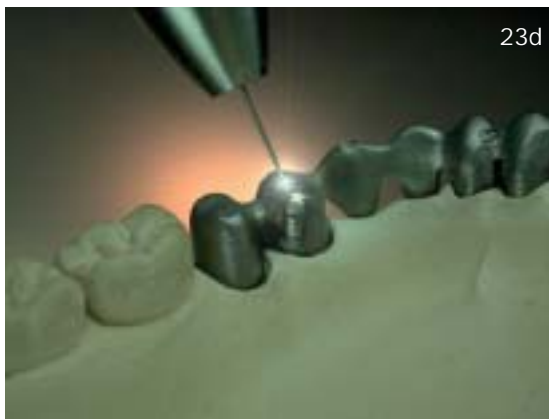
Abb. 21
Quer über dem Spalt befestigter Schweißdraht. Eine zusätzliche Sicherheitsmaßnahme, die aber meistens eher überflüssig ist.



Abb. 22a bis 22c:
Schweißen und Löten sind zwei verschiedene Techniken! Zum Löten müsste der Schnitt interdental gesetzt werden. Zum Schweißen ist es dagegen zu empfehlen, den Schnitt durch die Krone zu führen.



Abb. 23a bis 23d:
Eine sichere Methode, um den Verzug „zu besiegen“. Ein richtig platzierter Trennschnitt (durch die Krone), was weniger Schweißenergie bedeutet, in Kombination mit dem geeigneten Schweißdraht und einem festen Gussbalken als „Haltevorrichtung“ um die Position der zu schweißenden Teile zu fixieren.



Dies ist der Moment, in dem sich der Verzug sogar als „Freund“ erweisen kann. Sollte die Brücke nach dem Guss leicht schaukeln, wäre der erste Arbeitsschritt um den Sitz zu verbessern, sie im Keramikofen thermisch zu behandeln (s.o.). Es ist gut möglich, dass die dabei erreichte Entspannung in der Gefügestruktur

bereits ausreicht, um die Passung der Brücke zu erreichen. Wenn nicht, kann man statt einem Trennschnitt ein paar kräftige, jedoch nicht zu einer Überhitzung führende Schweißimpulse an der basalen oder okklusalen Fläche im Interdentalbereich setzen (abhängig von der Richtung des Schauklers). Die Verzugskraft kann die Brücke dabei in ihre richtige Position „biegen“. Es ist durchaus empfehlenswert, zuerst diese Technik zu versuchen, da sie zudem noch produktiver ist als die Brücke gleich zu trennen.



Abb. 24 Vollgusskrone aus Gold, die mit einem NEM-Brückengerüst für Keramikverblendung zu verbinden ist.

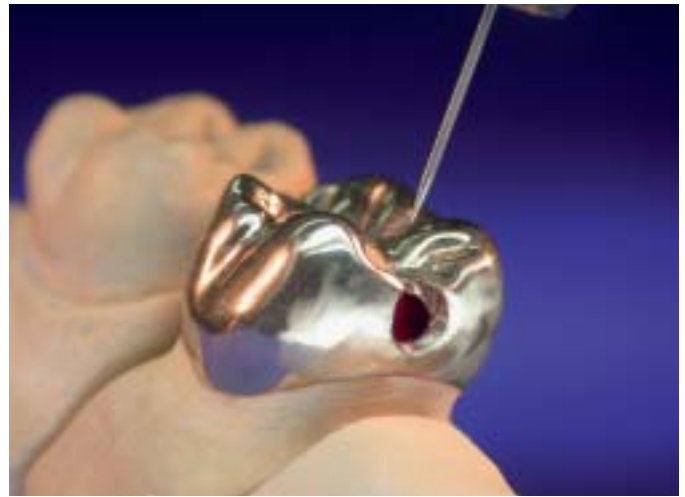


Abb. 25 Vollgusskrone aus Gold mit einer an der mesialen Seite vorbereiteten kreisförmigen Aufnahme

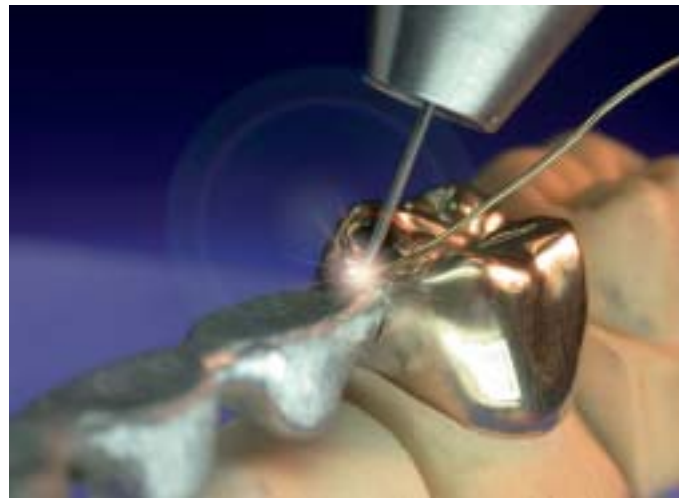
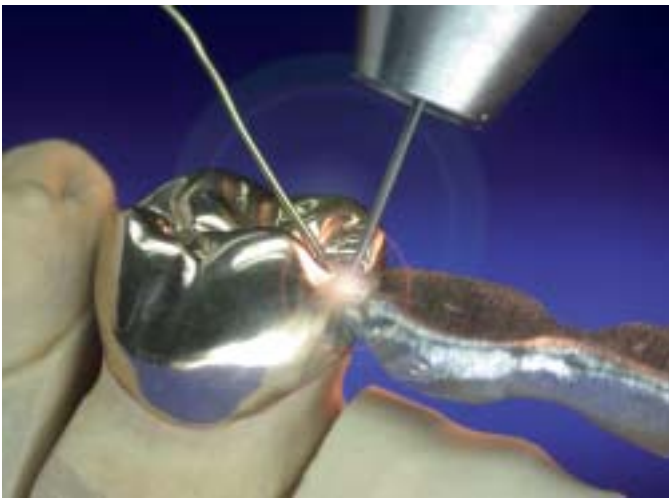


Abb. 26a und 26b: Je nach dem Raum, der zwischen „Loch“ und „Stift“ verbleibt, kann zusätzlicher Schweißdraht erforderlich sein, um den Spalt zu füllen und einen Verzug zu vermeiden.

Das „Legosteinprinzip“

Das Legosteinprinzip ist ein interessanter Ansatz, wenn es darum geht, verschiedene Legierungen in einer Brücke zu fügen. Zum Beispiel eine NEM-Legierung zur Keramikverblendung, kombiniert mit einer Vollgusskrone aus einer Goldlegierung (Abb. 24).

Statt die beiden Teile wie gewohnt aufzuwachsen, um sie anschließend interdental zu verschweißen, ist es einfacher und produktiver, wenn man beim Modellieren an der mesialen Seite der Goldkrone eine kreisförmige Aufnahme vorbereitet (Abb. 25).

Ist die Goldkrone gegossen worden, wird als nächster Arbeitsschritt die Keramikbrücke modelliert, und zwar mit einem Stift distal, der in die mesiale Aufnahme der Krone passt. Falls man das Metasystem (lichthärtendes Wachs, primotec) zur Modellation verwendet, können die Vollgusskrone und das Brückenteil gleichzeitig aufgewachst werden.

Nachdem die Brücke gegossen worden ist, fügt sich der Stift wie bei einem Legostein in die kreisförmige

Aufnahme der Krone ein. Diese Verbindung wird nun von außen alternierend komplett verschweißt (Abb. 26a und 26b).

Danach kann die Brücke mit der Krone vom Modell abgenommen werden (Abb. 27).

Abschließend wird der Stift, der sich in das Innere der Krone erstreckt, von innen her verschweißt (Abb. 28).

Das „Legosteinprinzip“ führt zu einer sehr festen NEM-Verbindung, die so sehr effizient hergestellt werden kann. Das Prinzip ist nicht auf Brücken beschränkt, sondern kann auch bei anderen Schweißaufgaben angewendet werden. Hat man verstanden, dass Löten und Schweißen nicht dasselbe sind, ist man mit einer gewissen Kreativität und der Bereitschaft umzudenken, sehr schnell in der Lage, gute Schweißergebnisse sowohl mit dem primotec phaser mx1 als auch mit einem Laser zu erzielen.

Abb. 27
Der Stift des NEM-
Brückenteils erstreckt sich in
das Innere der Krone.

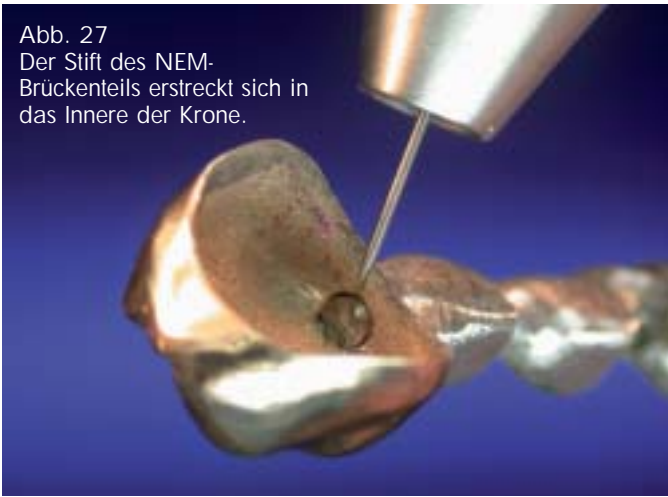


Abb. 28
Da die Schweiß-
punkte im in der
Regel konkav
sind, ist es nicht
nötig, die Krone
nach dem
Schweißen neu
aufzupassen.



Literatur

- [1] Rosen H: Ceramic/metal solder connectors; J Prosthodont 56, 671-676 (1986).
- [2] Wirz J, Jäggi D, Schmidli F: Die Qualität von Lötverbindungen – Teil 1: Lötverfahren, Prüfmethoden und Zugfestigkeit; Quintessenz, 111-118 (1990).
- [3] Wirz J, Jäggi D, Schmidli F: Die Qualität von Lötverbindungen – Teil 2: Biegefestigkeit, Elastizitätsmodul und metallografische Gefüge; Quintessenz, 323-330 (1990).
- [4] Wirz J, Schmidli F, Jäger K: Korrosionsresistenz von Lötstellen nichtedelmetallhaltiger Legierungen; Quintessenz Zahntech 17, 1140-1150 (1991).
- [5] Lindemann W: Plasma versus Laser; dental-labor, 793-799 (2004).
- [6] Himi A: Laser welding for precision bridge; Dentistry in Japan 37, 63-66 (2001).
- [7] Klinke Th; Mack F, Nemitz Ch, Biffar: Der Verzug von verblendenen Prüfkörpern nach Lötung und Schweißung, ZWR 109, 613-618 (2000).

Im nächsten Teil dieser Beitragsserie sollen folgende Themen behandelt werden:

- Zulegematerialien (Welcher Draht für welchen Legierungstyp?).
- Alternative Methoden zum Trennen und Fügen von Brücken.
- Fallbeispiel einer schlecht sitzenden CAD/CAM-gefrästen Suprastruktur aus Titan.
- Fallbeispiel für das Schweißen eines gegossenen Brückenteils an Galvano-Käppchen.

wird fortgesetzt

Produktliste

Indikation
Phaserschweißen

Name
primotec phaser mx1

Hersteller/Vertrieb
primotec

Zu den Personen

Joachim Mosch absolvierte eine zahntechnische und kaufmännische Ausbildung und war danach 18 Jahre lang in der Europazentrale eines amerikanischen Dentalunternehmens beschäftigt. Im Jahr 2000 gründete er sein eigenes Unternehmen (primotec). Joachim Mosch publizierte in Fachmedien zahlreiche Beiträge zu verschiedenen zahntechnischen Themen, wie zum Beispiel lichterhärtendes Wachs (Metaconsystem), Schienentherapie (primosplint), Schweiß- und Lasertechnik und ist international als Vortragsreferent tätig.



Andreas Hoffmann war nach seiner Ausbildung zum Zahntechniker und dem Ablegen der Meisterprüfung (1985) als Geschäftsführer und Mitgesellschafter mehrerer Dentallabore tätig. 1998 wurde er mit dem Straumann-Preis ausgezeichnet. Im Jahr 2000 gründete er das 1. Dentale Service Zentrum. Andreas Hoffmann ist Geschäftsführer der IZZ Stiftung (Institut für angewandte Material- und Verfahrensprüfung der VUZ) sowie Vorstandsmitglied im VUZ Qualitätsverbund. Er ist Autor zahlreicher Veröffentlichungen im In- und Ausland sowie ein international gefragter Referent für Kurse und Vorträge verschiedenster Themen (Galvano, Phaserschweißtechnik, Metacon, Cercon, Versyo.com, Cerec, Procera, Laser).

Michael Hopp ist Absolvent der Humboldt Universität zu Berlin, wo er auch zum Dr. med. promovierte, als wissenschaftlicher Mitarbeiter und später als Oberarzt und Leiter der Vorklinik arbeitete. Dr. Hopp ist langjähriges aktives Mitglied in vielen Organisationen (DIN, DGZI, DGL u.a.) sowie als Gastdozent in Berlin an der Meisterschule und der Universität Greifswald im Bereich Werkstoffkunde tätig. Er ist Autor und Co-Autor von 17 Büchern und über 200 nationalen und internationalen Publikationen. Seine Arbeitsbereiche sind Schweiß- und Behandlungslaser, Implantologie, Werkstoffkunde, Mykologie, Titan, Galvanoforming, Biokompatibilität u.a.



Kontaktadresse

primotec
Joachim Mosch
Tannenwaldallee 4 • D - 61348 Bad Homburg
Fon +49 (0) 61 72. 99 77 0-0
primotec@primogroup.de • www.primogroup.de