

Löten und Schweißen sind nicht dasselbe

# Metallische Fügetechniken – eine Übersicht

Ein Beitrag von Joachim Mosch, Andreas Hoffmann, Dr. Michael Hopp, Deutschland

Die drei vorangegangenen Beiträge dieser Serie über das Schweißen im Dentallabor stellten klar, dass Schweißen und Löten zwei unterschiedliche Fügetechniken sind. Um erfolgreich zu Schweißen, benötigt man einen anderen technologischen Ansatz. Für den Zahntechniker, der „vom Löten kommt“, stellt sich ein guter Erfolg beim Umstieg auf die Schweißtechnik dann am schnellsten ein, wenn er seine Lötterfahrung und sein Lötwissen zunächst einmal „ausblendet“.

Im vorangegangenen dritten Teil dieser Serie wurde unter anderem erläutert, welche Schweißdrähte als Zulegematerial für welche Legierungen verwendet werden sollten und welche Vorgehensweise bei Hybridschweißungen den besten Erfolg verspricht.

Im vierten Teil dieser Serie wollen wir nun weitere grundlegende Schweißregeln beschreiben, die Lösung allgemeiner Schweißprobleme erklären, zeigen, wie „Unfälle“ zu beheben sind und einige der am häufigsten gestellten Fragen beantworten.

Indizes: Schweißregeln, Schweißprobleme, Schweißspannen, Fragen zum Schweißen, Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG), phaser mx1, Laser, Joker-Schweißassistent

## Grundlegende Schweißregeln

### 1. Wählen Sie das geeignete Schutzgas und stellen Sie die Gasdurchflussmenge (l/min) korrekt ein.

Das Schweißen mit dem primotec phaser mx1 (oder einem beliebigen Laserschweißgerät) erfordert den Einsatz von Argon als Schutzgas (Abb. 1). Zu verwenden ist Argon 4.6, was bedeutet, dass das Gas eine Reinheit von 99,996 % aufweisen muss (in den USA wird diese Gasqualität als Argon Güteklasse 5 bezeichnet).

Sobald der Druckminderer (mit Durchflussmengenmesser) an der Flasche montiert und an das Schweißgerät angeschlossen ist, muss die Gasdurchflussmenge voreingestellt werden (Abb. 2). Für den phaser mx1 liegt die richtige Durchflussmenge bei zwei bis drei Litern pro Minute. Bei Laserschweißgeräten beträgt sie in der Regel 10 bis 15 Liter pro Minute.



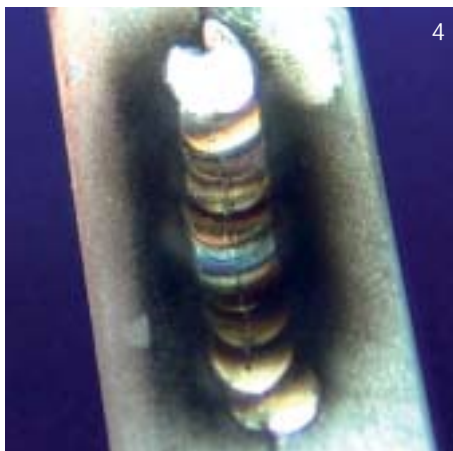
Abb. 1  
Um erfolgreich zu Schweißen benötigt man Argon 4,6 (entspricht einer Reinheit von 99,996 %) oder höher.

Beim primotec phaser mx1 wird das Schutzgas Argon „automatisch“ durch das Handstück direkt auf den Schweißbereich geführt. Die meisten Laserschweißgeräte haben eine oder zwei Argondüsen im Inneren der Schweißkammer, die so

Abb. 2  
Die Gasdurchflussmenge (l/min) wird mit dem Ventil an der Unterseite des Druckminderers eingestellt und auf der rechten Messuhr angezeigt.



Abb. 4  
Der schlimmste anzunehmende Fall. Blaue und gelbe Verfärbungen an den Schweißpunkten, starke Rußbildung und Mikrorisse in der Schweißnaht (die Ursachen der Mikrorisse und Gegenmaßnahmen werden später besprochen).

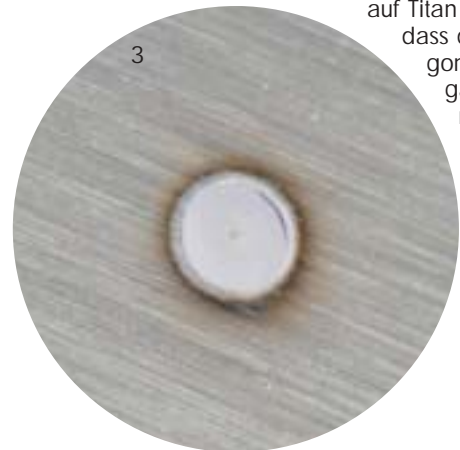


eingestellt werden müssen, dass sie auf den Punkt auf der Fokusebene gerichtet sind, an dem der Laserimpuls das Objekt trifft. Dieses Ausrichten der Argondüsen kann zwar etwas zeitaufwendig sein, ist aber unbedingt notwendig um oxidfreie, dauerhafte Schweißungen zu erzielen.

Um zu prüfen, ob die Gasdurchflussmenge (und bei Lasergeräten die Ausrichtung der Argondüsen) korrekt ist, empfehlen wir, einige Schweißpunkte auf Titanplättchen zu setzen. Titan ist hoch reaktiv im geschmolzenen Zustand. Wenn die Argonabdeckung der Schweißstelle mangelhaft ist, reagiert Titan entweder mit atmosphärischem Sauerstoff und bekommt eine bläuliche Verfärbung, oder es reagiert mit Stickstoff, das heißt der Schweißpunkt verfärbt sich gelblich. Durchflussmenge und Argondüsen sind nur dann richtig eingestellt, wenn der Schweißpunkt auf Titan eine glänzende silberne Farbe hat (Abb. 3).

Wenn die Schweißstelle beim phaser

Abb. 3  
Ein silbern glänzender Schweißpunkt auf Titan zeigt an, dass das Argon-Schutzgas korrekt eingestellt ist.



mx1 eine blaue oder gelbe Verfärbung aufweist, dann bedeutet das in der Regel, dass die Gasdurchflussmenge zu hoch eingestellt ist (mehr als vier Liter pro Minute). Dies führt dazu, dass das Argon mehr oder weniger auf die Schweißstelle „aufprallt“, statt sie sanft abzudecken. Das Gas „spritzt“ dann sozusagen vom Objekt weg, ähnlich wie bei zu stark fließendem Wasser, das vom Wasserhahn auf den Boden der Küchenspüle auftrifft. Außerdem führt eine überhöhte Durchflussmenge zu Turbulenzen entlang des Gaststromes, was dazu führt, dass das Argongas zusätzlich mit Umgebungsluft verdünnt wird. Das Gleiche gilt für Laserschweißgeräte, bei denen jedoch zuerst die Gasdüsen ausgerichtet werden sollten, bevor man die Durchflussmenge überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

## 2. Säubern Sie den zu schweißenden Bereich gründlich.

Die zweite Grundregel besagt, dass das zu schweißende Objekt im Schweißbereich sauber sein muss. In 99 Prozent aller Fälle stammt schwarzer Ruß (Schmauch) an der Schweißstelle von Verunreinigungen, die durch die große Hitze des Plasma (phaser mx1) oder des Laserimpulses zu Kohlenstoff verbrannt sind. Es kann sich dabei aber auch um einen kombinierten Effekt handeln, wenn noch dazu mit falscher Gaseinstellung oder ungeeignetem Gas geschweißt wurde (Abb. 4).

Um Schweißschmauch zu vermeiden (selbst wenn dies nur reaktiv geringen Einfluss auf die Qualität der Schweißung hat), sollte die Schweißstelle gut gereinigt werden, denn alle organischen (und sogar die meisten anorganischen) Stoffe im Bereich der Schweißstelle werden aufgrund der hohen Schweißtemperatur (zirka 3.300 °C) zu Kohlenstoff verbrennen.

„In 99 Prozent aller Fälle stammt schwarzer Ruß (Schmauch) an der Schweißstelle von Verunreinigungen, die durch die große Hitze des Plasmas (phaser mx1) oder des Laserimpulses zu Kohlenstoff verbrannt sind.“



Abb. 5 Nach dem Sandstrahlen nicht abgedampft. Die verbliebenen Aluminiumoxidpartikel im Bereich des Schweißpunktes sind verbrannt.



Abb. 6 Schlecht gelötete Teleskopkronen, die von der Teilprothese abgebrochen sind. Das alte Lötmaterial wurde vollständig entfernt und das Werkstück für die Reparatur zum Schweißen vorbereitet.



Abb. 7 und 8 Ein neues Verbindungsstück wurde gegossen und korrekt eingeschweißt.

**Folgende organischen/anorganischen Stoffe können das Werkstück verunreinigen (hier nur einige Beispiele):**

**A. Handschweiß oder Fett:** Halten Sie Ihre Hände sauber. Verbleibende organische Rückstände verbrennen und Kohlenstoff bleibt zurück.

**B. Aluminiumoxid:** Nach dem Sandstrahlen verbleiben Reste von Aluminiumoxidstaub in den Oberflächenrauigkeiten des sandgestrahlten Objekts. Wenn dieser Staub nicht vor dem Schweißen durch Dampfstrahlen oder Ultraschallreinigung entfernt wird, dann verbrennt er beim Schweißen (Abb. 5).

**C. Polierpasten:** Wenn zum Beispiel ein approximaler Kontakt beim Polieren verloren ging, muss dieser Bereich zuerst gereinigt werden (zum Beispiel Dampfstrahlen), um die noch auf der Oberfläche haftende Polierpaste zu entfernen, bevor ein neuer Kontaktpunkt aufgeschweißt wird.

**3. Schweißen Sie nie auf altem Lot.**

Die dritte Grundregel betrifft Reparaturen. Schweißen Sie niemals an Stellen, die zuvor gelötet

waren, es sei denn, Sie haben das alte Lot zuerst vollständig entfernt und das Werkstück in geeigneter Weise für den Schweißvorgang vorbereitet (Abb. 6, 7, 8). Verwenden Sie nie Lot als Zulegematerial zum Schweißen. Lote enthalten niedrigschmelzende Bestandteile, die beim Schweißen verbrennen und stark spritzen!

**4. Berücksichtigen Sie sorgfältig die Wärmeleitfähigkeit der zu schweißenden Legierungen.**

Beim Einstellen der Schweißparameter (Leistung, Impulsdauer) am phaser mx1 oder am Laserschweißgerät ist es grundsätzlich wichtiger, die Wärmeleitfähigkeit der Legierung zu berücksichtigen, als ihr Schmelzintervall.

So braucht eine hochgoldhaltige Legierung, die die auftreffende Energie aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit schneller ableitet, mehr Energie (Leistung x Impulsdauer) als zum Beispiel Kobalt-Chrom oder Titan, obwohl das Schmelzintervall der Co-Cr Legierung (beziehungsweise der Schmelzpunkt des Titan) wesentlich höher ist als das der hochgoldhaltigen Legierung.

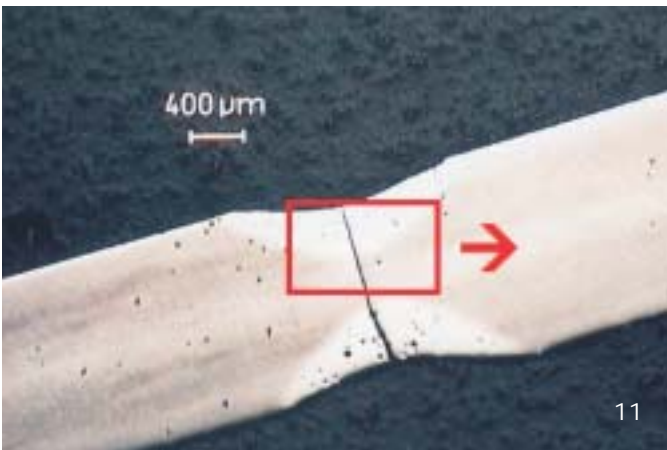


9

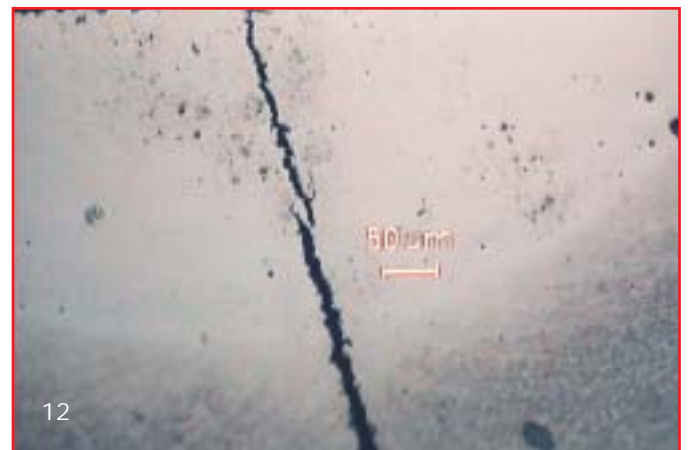


10

Abb. 9 und 10 Eine alte Co-Cr-Teilprothese wurde mit einer Scheibe durchtrennt und mit falscher Impulsdauereinstellung (3 ms) geschweißt.



11



12

Abb. 11 und 12 Probeschweißung einer Pd-Basis-Legierung mit kurzer Impulsdauer und ohne hochgoldhaltigen Zulegdraht...



13

Abb. 13 Der neue Joker Schweißassistent verhindert Verzug, der beim phaser- oder Laser-schweißen entstehen kann (primotec, Bad Homburg)

## Grundlegende Schweißprobleme

### 1. Mikrorisse innerhalb der Schweißstelle

Dieses Phänomen kann vor allem beim Schweißen von Co-Cr-Legierungen oder Pd-Basis Legierungen beobachtet werden. Bei Co-Cr-Legierungen entstehen solche Sprünge hauptsächlich dann, wenn die Impulsdauer (das heißt die Zeit in Millisekunden, während der der Plasma- oder Laserimpuls „auf das Objekt einwirkt“) zu niedrig eingestellt wurde (zum Beispiel 3 ms). Co-Cr-Legierungen sind eutektische Legierungen, was bedeutet, dass sie ein sehr enges Schmelzintervall haben. Sobald der Schweißpunkt gesetzt wurde, beginnt der „kühlere“ Bereich um die Schweißstelle herum, dem Schweißpunkt Energie zu entziehen, noch bevor die Abkühlkontraktion abgeschlossen ist. Bei kurzer Impulsdauer ist dieser Energieentzug schneller als die Abkühlkontraktion. Dies führt unweigerlich zur Bildung des Risses. Solche Risse dürfen niemals ignoriert werden! Fährt man mit dem Schweißen fort, dann wird das Werkstück nach

Abschluss des Schweißvorganges in der Naht brechen „wie ein Keks“, weil die Risse sich tief im Inneren der Schweißnaht fortsetzen (Abb. 9 und 10).

Das gleiche Problem mit den weitgehend gleichen Ursachen kann auch bei Pd-Basis-Legierungen beobachtet werden (Abb. 11 und 12).

Bis zu einem gewissen Punkt sind die Ursachen, die daraus resultierenden Ergebnisse (Risse) und Gegenmaßnahmen die gleichen wie bei Co-Cr-Legierungen. Doch am einfachsten vermeidet man Risse in Pd-Basis-Legierungen, indem man ab dem ersten Schweißpunkt einen hochgoldhaltigen Schweißdraht als Zulegematerial verwendet.

### 2. Verzug

Dieses Problem wurde bereits in den Teilen zwei und drei dieser Beitragsserie diskutiert und erklärt. Der Schlüssel zum Vermeiden eines solchen Verzuges liegt darin, dass man die Schrumpfrichtung der Schmelze während ihrer Abkühlungsphase entsprechend umlenkt, indem man die „natürliche“ Schrumpfung in Richtung des Hitzezentrums blockiert. Um dies zu erreichen, wurde ein neues Werkzeug entwickelt – der Joker Schweißassistent (Abb. 13).



14



15

Der Joker besteht aus einem hochwertigen CNC-gefrästen Balken aus Edelstahl, in den zwei austauschbare Spitzen geschraubt werden können. Eine Spitze ist feststehend, während die andere auf dem Balken verschoben werden kann um den Abstand der jeweiligen Schweißaufgabe anzupassen (Abb. 14 und 15). Der Joker-Schweißassistent kann sowohl zum Laser- als auch zum phaser-schweißen verwendet werden. Wenn man mit dem phaser mx1 schweißt, kann er sogar direkt an das Gerät angeschlossen werden, das Werkstück muss dann nicht gesondert angeklemt (Krokodilklemme) werden (Abb. 16).

Der Joker wird mit zwei gegossenen Co-Cr-Spitzen und 12 Plastikspitzen geliefert. Die Plastikspitzen können in den im Labor normalerweise verwendeten Legierungen gegossen werden. So ist sichergestellt, dass nur die Originallegierung mit dem Werkstück in Berührung kommt, wenn die Spitzen an die Arbeit geschweißt werden (Abb. 17 bis 20).

Der erste Schritt beim Arbeiten mit dem Joker besteht darin, die Spitzen aus der gewünschten Legierung in den Balken zu schrauben. Anschließend wird die Schraube an der Oberseite des Balkens gelockert, um die zweite Spitze entsprechend dem benötigten Abstand einzustellen (Abb. 21).

Sobald der Abstand stimmt und die Schraube an der Oberseite des Balkens wieder festgezogen wurde, werden die Joker-Spitzen mit einem oder zwei phaser- beziehungsweise Laserimpulsen an die ausgewählten Stellen am Werkstück geschweißt. Danach werden die Fixierschweißpunkte im Trennspalt gesetzt (Abb. 22).

Nun kann die Brücke vom Modell abgenommen und „freihändig“ fertig geschweißt werden, weil die mit der Brücke verbundenen Joker-Spitzen und die beiden durch Fixierungspunkte miteinander verbundenen Brückenteile einen äußerst stabilen Ring bilden (Abb. 23).



16

Die Joker-Technik funktioniert auch sehr gut bei Modellgussprothesen (besonders bei Sublingualbügeln), die für das phaser- oder Laserschweißen bisher immer eine gewisse Herausforderung waren (Abb. 24 bis 26). Wenn man mit dem Joker schweißt, ist es sehr wichtig, dass die Fixierschweißpunkte korrekt gesetzt sind. Wenn der Spalt zwischen den beiden zu verbindenden Teilen eher breit ist, muss von Anfang an mit Zulegedraht gearbeitet werden (Abb. 27 und 28).

### Unfälle oder „Pleiten, Pech und Pannen“

#### 1. Porositäten, Lunker und Löcher im Gussobjekt aufgrund von Einbettmasseeinschlüssen.

Das passiert zwar nicht jeden Tag, aber es kann vorkommen. Mit Hilfe des phaser mx1 oder eines beliebigen Laserschweißgerätes kann dieses Problem jedoch einfach durch ein paar gezielte Schweißpunkte behoben werden.

Dazu wird der Zulegedraht auf (nicht in) den Lunker oder das Loch gelegt. Dann zielt man auf den Draht (und zwar nicht auf die Drahtspitze, sondern auf den Teil des Drahtes, der über dem Zentrum des Defekts liegt) und löst den Schweißimpuls aus (Abb. 29 und 30).

Abb. 14 und 15 Das „Herz“ des Joker – der CNC-gefräste Balken. Die verschiebbare Spitze wird mit der Schraube in der gewünschten Position arretiert.

Abb. 16 Das Verbindungskabel des phaser mx1 kann direkt in das hintere Ende des Joker-Balkens eingesteckt werden.



17

Abb. 17 bis 20 Die mitgelieferten Plastikspitzen aus rückstands-frei verbrennendem Kunststoff können mit den, im Labor norma-lerweise verwendeten Legierungen, gegossen werden.



18



19



20



21

Abb. 21 Der Abstand zwischen den Spitzen kann individuell eingestellt werden, abhängig von den jeweiligen Anforderungen des Werkstücks.

Abb. 23 Es entsteht ein stabiler Ring, so dass man „freihändig“ ohne Modell fertig-schweißen kann...



23



22

Abb. 22 Die beiden Jokerspitzen sind an die Brücke geschweißt. In Kombination mit den ersten Fixierpunkten im Trennschlitz wird die Position des Werkstücks festgelegt und gegen die Verzugskräfte gesichert.

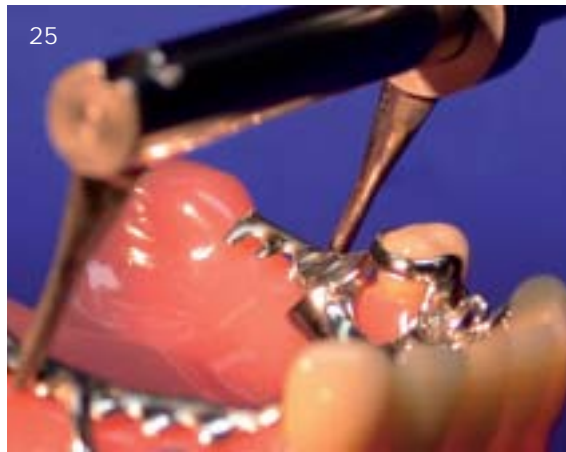


Abb 24 bis 26  
Sobald „der Ring geschlossen ist“, können sogar Arbeiten, die mehr zu Verzug neigen, problemlos geschweißt werden.



Abb 27 und 28 In den meisten Fällen muss von Anfang an mit Zulegedraht geschweißt werden.

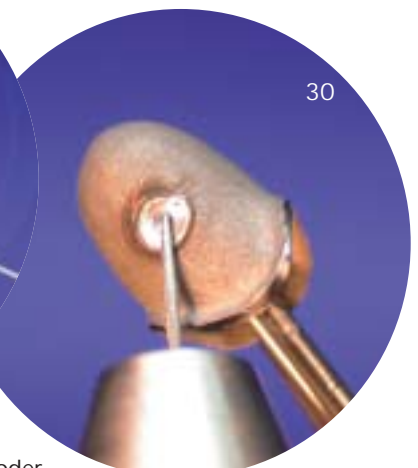
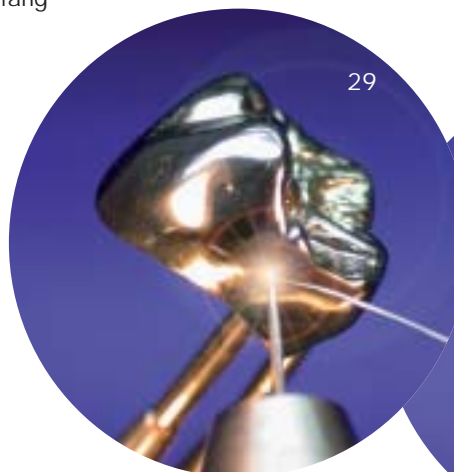


Abb. 29 und 30  
Das Verschließen von Löchern oder Porositäten in einem Bereich mit normaler Kronenwandstärke ist einfach. Eine andere Technik ist erforderlich, wenn sich das Loch in einer sehr dünnen Kronenwand befindet,...



Abb. 31  
Schon der erste  
Schweißimpuls  
an einem Loch  
mit dünner  
Wandstärke  
macht das Loch  
eher viel größer,  
anstatt es zu  
schließen.

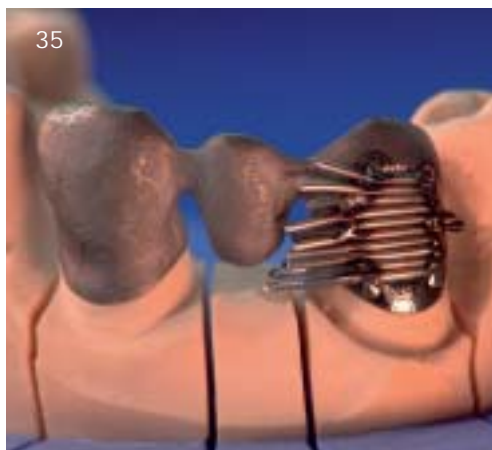
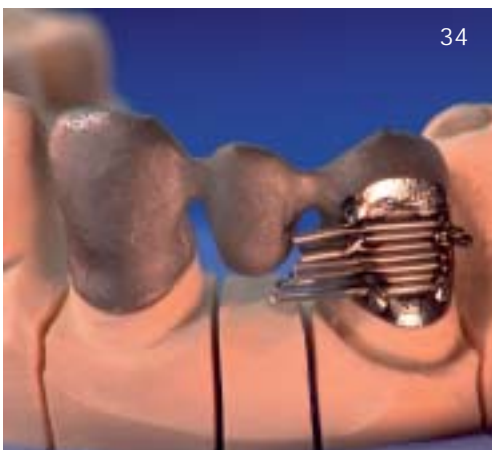
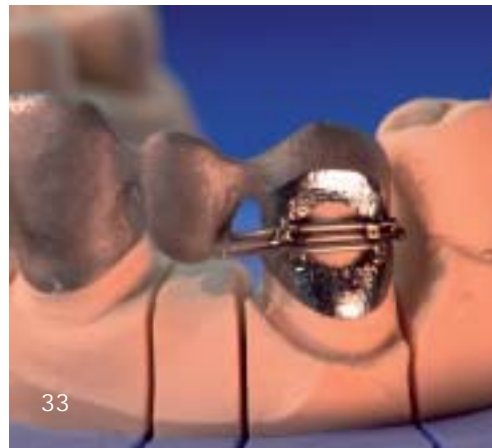
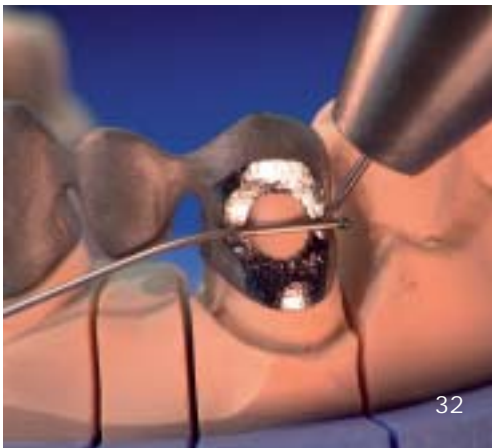


Abb. 32 bis 35  
Schritt für Schritt  
werden Stücke  
des Schweiß-  
drahtes über den  
Defekt gelegt  
und ansch-  
ließend an bei-  
den Seiten am  
Rand festge-  
schweißt. Das  
sieht zwar eher  
zeitaufwändig  
aus, ist aber in  
Wirklichkeit  
durchaus  
effizient.

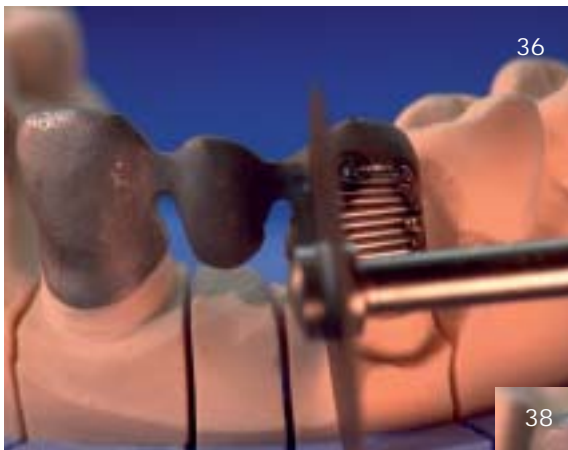
## 2. Löcher in extrem dünnen Kronenwandungen zuschweißen.

Diese Schweißaufgabe stellt eine größere Herausforderung dar und muss anders angegangen werden. Im Allgemeinen tritt dieses Problem auf, wenn entweder die Labialfläche einer Krone zu dünn geschliffen wurde (meistens aufgrund von Platzmangel, was ohne Ausdünnen zu einer zu protudiert wirkenden Krone führen würde), oder aber an den Palatinalflächen der oberen Frontzähne bei einem tiefen Biss. Nun, wohl jeder, der einmal versucht hat, ein solches Loch zu verschweißen, hat dabei höchstwahrscheinlich die Erfahrung gemacht, dass der erste Schweißimpuls das Loch nur noch viel größer gemacht hat, anstatt es zu schließen, besonders dann, wenn bei diesem ersten Schweißimpuls kein Zulegematerial verwendet wurde (Abb. 31).

Der Grund hierfür ist, dass der sehr dünne Randbereich um das Loch nach dem Schmelzen nicht genug Material zum Verschließen des Loches zur Verfügung stellen kann. Stattdessen folgt die flüssige Legierung ihrer Oberflächenspannung und wird von dem Loch weggezogen, wobei der Lochrand ein wenig dicker wird (aufwulstet). Nun kann man so oft weitere Schweißpunkte setzen, bis der Lochrand eine ausreichende Stärke aufweist.

Obleich dies für den unerfahrenen Anwender zunächst eher schockierend ist, stellt es jedoch die richtige Vorgehensweise dar. Sobald der Rand nämlich eine ausreichende Schichtstärke aufweist, kann das Loch auf verschiedene Arten geschlossen werden. Bei hochgoldhaltigen Legierungen kann man einen dickeren Schweißdraht so lange mit einem kleinen Hammer auf einem Amboss treiben, bis man einen dünnen, breiten Legierungsstreifen erhält, der das Loch wie ein Pflaster abdeckt. Dieses Pflaster kann dann recht problemlos an den verdickten Rand geschweißt werden. Alternativ kann auch eine „Scheibe“ Gußkanal aus der gleichen Legierung zum Abdecken des Lochs verwendet werden. Sollte keine dieser Optionen zur Verfügung stehen, gibt es noch eine dritte Lösung. Dazu legt man Stücke eines normalen Schweißdrahtes über den Defekt und schweißt sie auf beiden Seiten an den Rand des Loches (Abb. 32 bis 35).





Nun wird der überschüssige Draht abgetrennt und die nebeneinander liegenden Drähte werden mit eher schwachem Energieeintrag miteinander verschweißt (Abb. 36 bis 38).

Nachdem die Außenfläche der Krone geschweißt ist, kann man die Innenfläche entsprechend gegenschweißen. Das wird nicht unbedingt die allgemeine Qualität der Schweißung erhöhen (sofern von außen gasdicht geschweißt wurde), aber es sieht besser aus und erweckt den Eindruck, als sei die Krone gänzlich „unberührt“. Abschließend wird der geschweißte Bereich ausgearbeitet und abgestrahlt. Die gesamte Reparatur nimmt etwa 10 Minuten in Anspruch (Abb. 39 bis 41).

Abb. 36 bis 38  
Nachdem der überschüssige Draht abgeschnitten wurde, werden die einzelnen Teilstücke miteinander verschweißt.

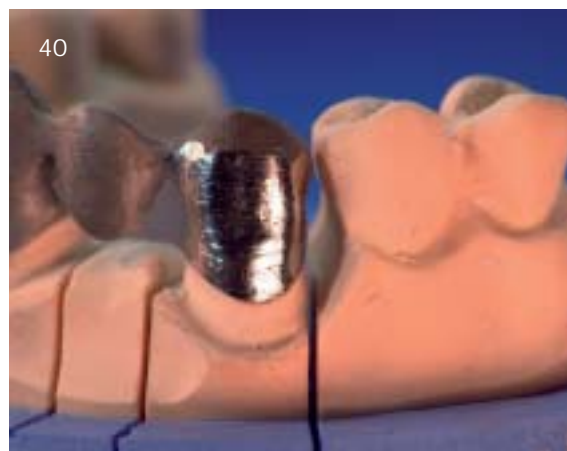
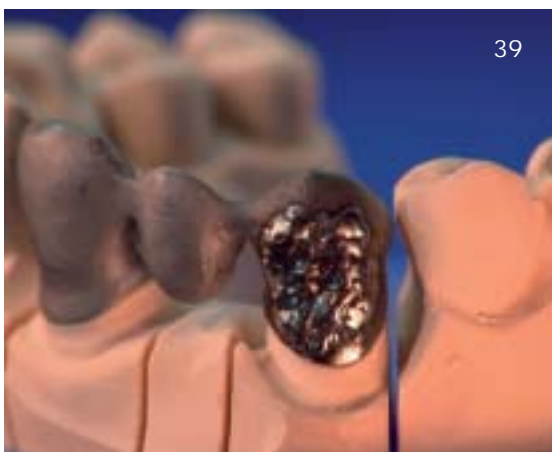


Abb. 39 bis 41  
Wenn die Schweißung richtig ausgeführt wurde, sieht das Werkstück nach dem Ausarbeiten und Abstrahlen wie „unberührt“ aus.



Abb. 42 bis 45  
Dieses Beispiel soll das Prinzip erklären; dies lässt sich leichter an einer Krone als an einer großen Brücke demonstrieren. Normalerweise, wenn eine einzelne Krone einen marginalen Defekt aufweist, würde man sie selbstverständlich wohl eher ganz neu anfertigen. Bei großen Brücken ist das hier gezeigte Verfahren aber dennoch die wirtschaftlichere Vorgehensweise.



### 3. Kronenrandverlängerungen

Wiederum gibt es auch hier mehr als eine Technik, um einen solchen „Unfall“ zu beheben. Wenn der marginale Defekt (möglicherweise verursacht durch ein Ausrutschen mit der Schleifscheibe beim Ausarbeiten) groß ist und es sich um einen komplexen Fall handelt, dann lohnt sich die Zeit, die man aufwenden muss, um den defekten Rand komplett abzutrennen, neu zu modellieren, zu gießen und schließlich den neuen Rand an die Krone zu schweißen (Abb. 42 bis 45).

Eine zweite Technik zur Lösung dieses Problems besteht darin, den Rand mit einem Zulegedraht aus der gleichen Legierung zu verlängern. Diese Technik kommt unter anderem dann zum Einsatz, wenn bei der Gerüsteinprobe festgestellt wurde, dass ein Teilbereich des Randes zu kurz ist. Wurde für die Krone eine Tangentialpräparation angelegt, hat der Kronenrand in der Regel eine Stärke von etwa 0,1 mm oder weniger. Zuerst muss dieser dünne Kronenrand soweit zurückgeschliffen werden, dass er eine Schichtstärke von mindestens 0,2 mm aufweist. Anderenfalls würde man die gleiche „Wirkung“ erzielen, wie wenn man den ersten Schweißpunkt an einem Loch mit sehr dünner

Kronenwandstärke setzt, nämlich das sich die Legierung zurück zieht und „aufwulstet“. Nun wird der Zulegedraht (im Idealfall eher mit einer Stärke von 0,5 mm) in der gewünschten Position angelegt und mit geringer Schweißenergie an den Kronenrand geschweißt. Ziel ist es dabei, den Draht so an den Rand zu schweißen, dass die untere Drahtrundung nicht komplett aufgeschmolzen wird (Abb. 46 bis 48). Sobald der Draht von außen an den Kronenrand mit mindestens 50 Prozent überlappenden Punkten geschweißt worden ist, muss man in der gleichen Weise von der Innenseite her vorgehen (Abb. 49 bis 51).

Abschließend muss der geschweißte Bereich abgestrahlt und der Rand neu aufgepasst werden (Abb. 52 bis 54). Diese Technik der Randverlängerung funktioniert auch, wenn die Brücke bereits mit Kunststoff oder Keramik verblendet ist. In diesem Fall muss man aber sehr langsam arbeiten um eine Überhitzung im Bereich der Schweißstelle zu verhindern, die das Verblendmaterial unnötig beschädigen würde. In diesen Fällen muss der verlängerte Rand nochmals mit Kunststoff oder Keramik überschichtet werden.

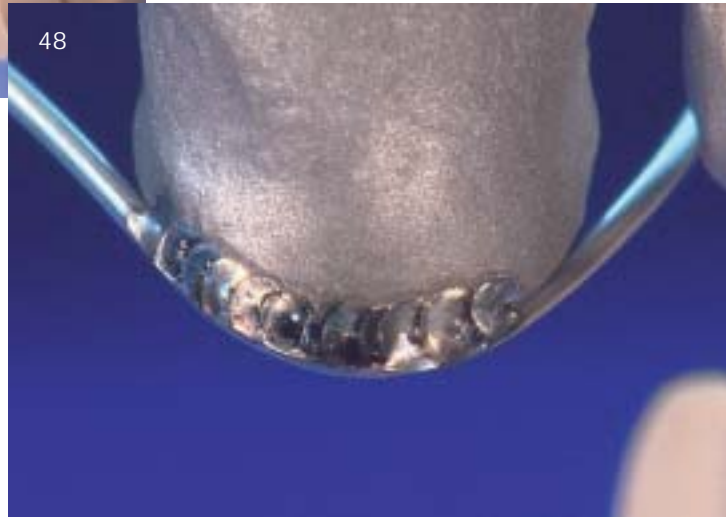
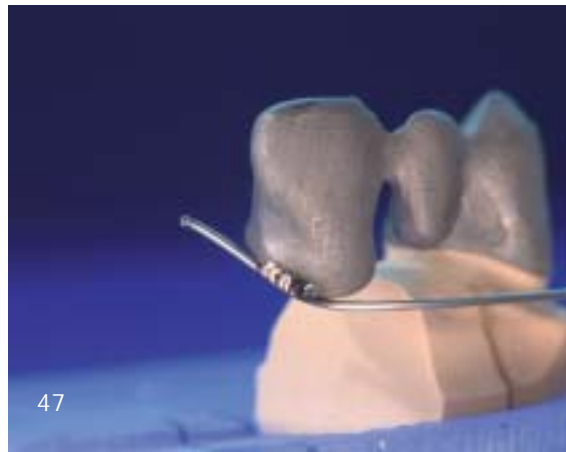


Abb. 46 bis 48:  
Bei dieser  
Schweißaufgabe  
ist die perfekte  
Einstellung der  
Parameter  
(Leistung und Zeit)  
sehr wichtig, so  
dass der Draht  
zwar an den  
Kronenrand  
geschweißt wird,  
aber nicht vollstän-  
dig schmilzt. Der  
Draht sollte den  
Kronenrand  
berühren, der pha-  
ser- oder  
Laserimpuls sollte  
zwischen den  
Rand und den (in  
Berührung befindli-  
chen) Draht  
gerichtet sein.

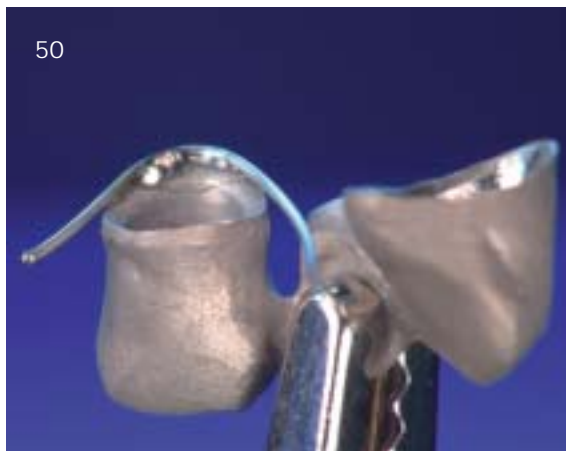


Abb. 49 bis 51  
Nachdem der  
Draht außen sorg-  
fältig ange-  
schweißt wurde,  
muss er nun auch  
„Punkt für Punkt“  
an der Innenseite  
verschweißt  
werden.



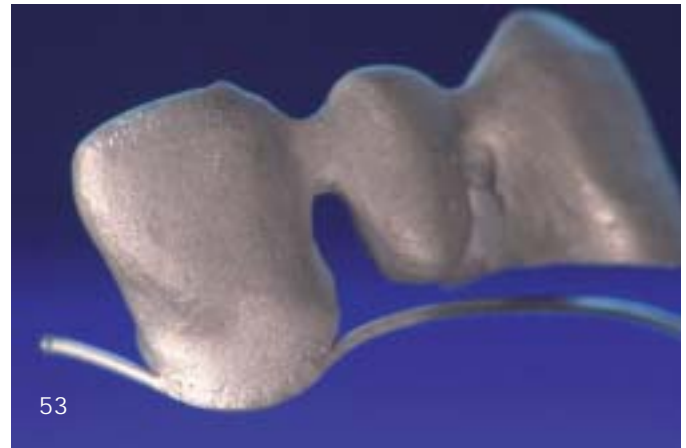
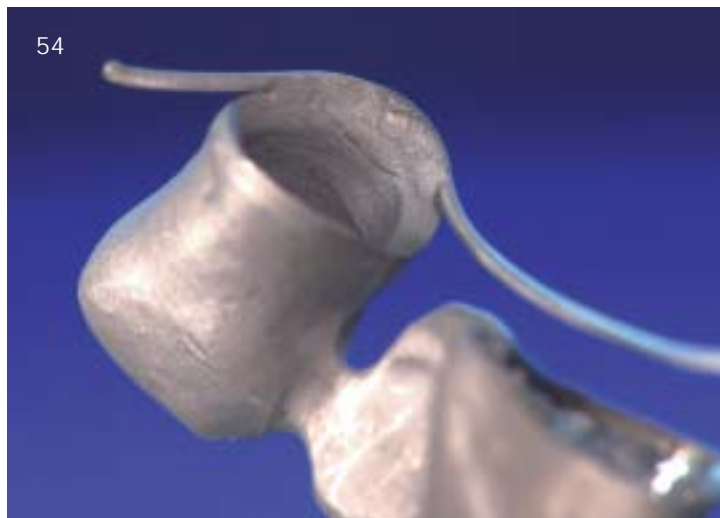


Abb. 52 bis 54:  
Die Abbildung 52 zeigt deutlich, dass – obwohl der Draht vollständig an den Rand geschweißt ist, der äußere Rand des Drahtes jedoch unberührt bleibt. Dies wird durch die korrekte Einstellung der Parameter, gutes Zielen und ruhige Hände erreicht.



### Häufig gestellte Fragen

**Welche Legierungen und Metalle können geschweißt werden?**

- Alle edelmetallhaltigen Legierungen aus Gold, Silber, Platin und Palladium.
- Co-Cr-Legierungen, Ni-Cr-Legierungen, Titan und Edelstahl.
- Mit gewissen Einschränkungen (abhängig von den Legierungen), Aluminium, Zinn und die meisten Messinglegierungen.

**Verhalten sich alle Legierungen beim Schweißen gleich?**

- Nein – Das Schweißergebnis ist vom Schmelzintervall der Legierungen und von deren Wärmeleitfähigkeit abhängig.
- Je niedriger zum Beispiel die Wärmeleitfähigkeit einer Legierung ist, desto weniger Energie (Leistung x Impulsdauer) muss aufgewendet werden, um sie zu schmelzen.

**Kann man direkt neben Kunststoff und Keramik schweißen?**

- Ja – die Wärmeinflusszone beim Schweißen mit dem primotec phaser mx1 ist vergleichbar der Wärmeentwicklung beim Laserschweißen.

**Kann man auch ohne Schutzgas erfolgreich schweißen?**

- Nein – Das Schweißen ohne Schutzgas verursacht starke Oxidation und vermehrte Rußbildung an der Schweißstelle.
- Die Schweißpunkte werden porös und verlieren an Stabilität.

**Können außer Argon Güteklasse 4.6 auch andere Schutzgase verwendet werden?**

- Theoretisch, ja. Dennoch empfehlen die Autoren Argon der Güteklasse 4.6, weil damit die besten Resultate erzielt wurden.

**Kann man Lot zuführen?**

- Nein – Lot neigt aufgrund seiner niedrig schmelzenden Bestandteile zum „Verbrennen“.
- Aus diesem Grund sollte man auch nicht an alten Lötstellen schweißen.

### Wie tief dringen die Schweißpunkte in das Material ein?

□ Die Eindringtiefe ist von der eingestellten Schweißenergie (Leistung x Impulsdauer), der Wärmeleitfähigkeit des zu schweißenden Materials und dem Auftreffwinkel des Schweißpunktes abhängig.

□ Das heißt, je höher die Schweißenergie und je niedriger die Wärmeleitfähigkeit, desto tiefer dringt der Schweißpunkt ein.

### Wie dünn darf das zu schweißende Material sein?

□ Je nach Material sollte eine Mindestschichtstärke von 0,15 bis 0,2 mm verfügbar sein.

### Kann man verschiedene Legierungen miteinander verschweißen?

□ Ja – es können sogar Legierungen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften verschweißt werden, zum Beispiel Gold- mit Kobalt-Chrom-Legierungen.

Mit dieser Auswahl von Fragen und Antworten beenden wir den vierten Teil dieser Serie. Einige der Themen, die in weiteren Folgen erörtert werden sollen, sind das Schweißen von Co-Cr-Legierungen bei Neuanfertigungen und Reparaturen, sowie verschiedene Möglichkeiten zum Schweißen von Implantatstegen und Kombiarbeiten.



Abb. 55:  
Der primotec phaser mx1.

Anmerkung: Obwohl alle in diesem Beitrag gezeigten Werkstücke mit dem primotec phaser mx1 (Abb. 55) geschweißt wurden, gelten die gleichen Regeln und Verfahren auch für das Laserschweißen. □

### Zu den Personen

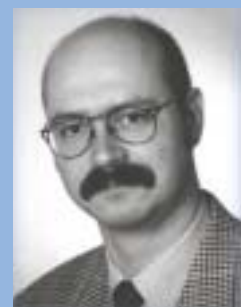
Joachim Mosch absolvierte eine zahntechnische und kaufmännische Ausbildung und war danach 18 Jahre lang in der Europazentrale eines amerikanischen Dentalunternehmens beschäftigt. Im Jahr 2000 gründete er sein eigenes Unternehmen (primotec). Joachim Mosch publizierte in Fachmedien zahlreiche Beiträge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