

Die Werkstoffqualität von geschweißten Dentallegierungen im Vergleich

Plasma versus Laser

Ein Beitrag von Prof. Dr. Wolfgang Lindemann, Tübingen

Das Plasma- und das Laserschweißverfahren zählen seit langem zu den etablierten Techniken unter den dentalen Fügetechnologien. In jüngster Zeit ist als Alternative zum Laserschweißen das „Mikroplasma-schweißverfahren“ entwickelt worden. Diese neue Technologie bietet – laut Firmenwerbung – „punktgenaues Schweißen in Laserqualität“ („primotec“). Diese Behauptung war Veranlassung für eine werkstoffkundliche Untersuchung, mit dem Ziel eines Qualitätsvergleiches zwischen dem Plasmaschweißen neuer Technologie und dem herkömmlichen Laserschweißen.

Indizes:
Laser
Plasmaschweißen
Gefüge
Werkstoffqualität
Metallverbund
Gefüge

In Anlehnung an eine frühere Untersuchung [1] sind für den direkten Vergleich jeweils sechs rechteckige Plättchen mit den Abmessungen 15x10x1 Millimeter von einer nichtaufbrennfähigen hochgoldhaltigen und einer goldreduzierten Gusslegierung („Orplid EH“ und „Cehadentor CF“) gegossen worden sowie von einer Modellgusslegierung („Remanium GM 900“). Die

edelmetallfreien Plättchen wurden paarweise mit Plättchen aus jeweils einer der Edelmetalllegierung mittels des neuen Mikroplasma-schweißgerätes („primotec phaser mx1“) gefügt (sog. „Hybridschweißung“). Zusätzlich wurden je zwei Plättchen aus ein und derselben Legierung ebenfalls miteinander verbunden (sog. „Homogene Schweißung“).

Untersuchung der Schweißnähte

Nach der makroskopischen Bilddokumentation der Schweißraupen (Abb. 1 bis 4) wurden metallografische Anschliffe senkrecht zur Schweißzone gefertigt. Eine Schliffhälfte wurde lichtmikroskopisch auf das Schweißergebnis hin untersucht, die andere Hälfte wurde zur Sichtbarmachung des Schweißgefüges mit „Königswasser“ angeätzt. Bei der mikroskopischen Beurteilung der ungeätzten Anschliffe fällt auf, dass in der Fügezone teilweise ein Spalt zu beobachten ist, und zwar überwiegend in der Mitte. Hier sind die Plättchen nicht in die Tiefe durchgeschweißt worden (Abb. 5 bis 7).

Als Ergänzung zu den lichtmikroskopischen Untersuchungen wurden exemplarisch die geätzten Schliffhälften einer „homogenen“ beziehungsweise einer „hybriden“ Schweißung rasterelektronen-

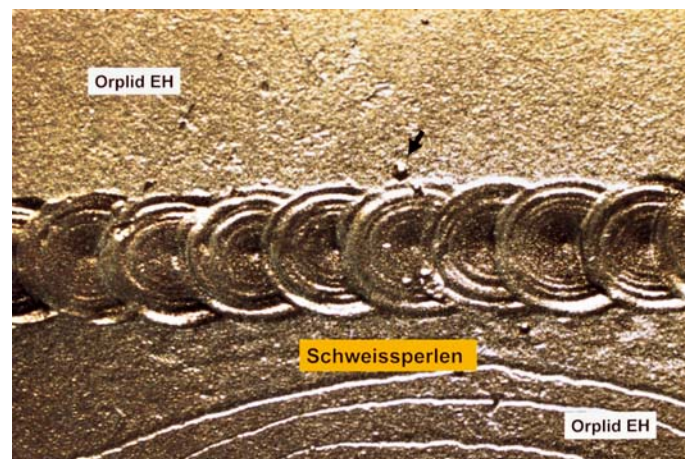
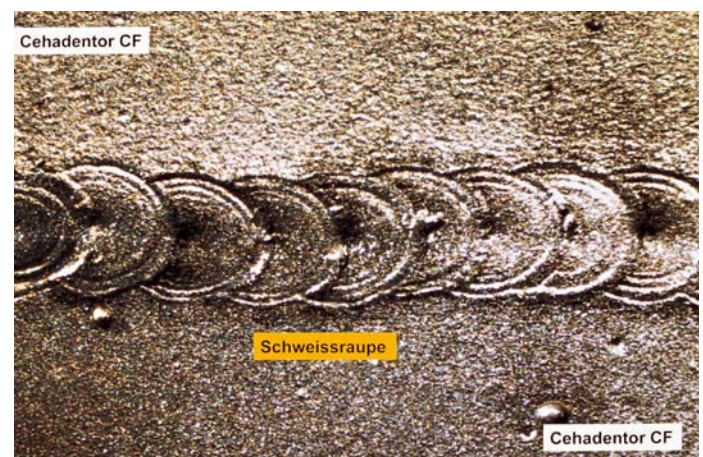


Abb. 1
Makroskopische Wiedergabe der Schweißraupe einer „homogenen“ Schweißung bei einer hochgoldhaltigen Gusslegierung („Orplid EH“)

Abb. 2
Makroskopische Wiedergabe der Schweißraupe einer „homogenen“ Schweißung bei einer edelmetallreduzierten Gusslegierung („Cehadentor CF“)



Plasma
versus Laser

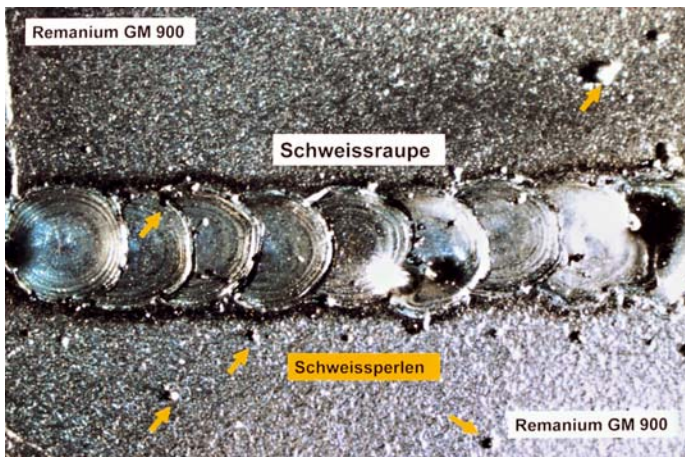


Abb. 3
Makroskopische Wiedergabe der Schweißraupe einer „homogenen“ Schweißung bei einer Modellgusslegierung („Remanium GM 900“)



Abb. 4 Makroskopische Wiedergabe der Schweißraupe einer „Hybridschweißung“ zwischen einer Modellguss- („Remanium GM 900“) und einer Edelmetalllegierung („Cehadentor CF“)

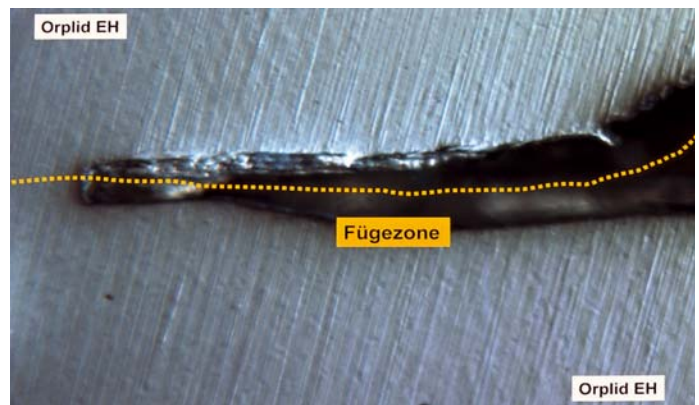


Abb. 5
Mikroskopische Wiedergabe der Fügezone einer „homogenen“ Schweißung bei einer hochgoldhaltigen Gusslegierung („Orplid EH“). Deutlich ist ein Spalt zu erkennen.

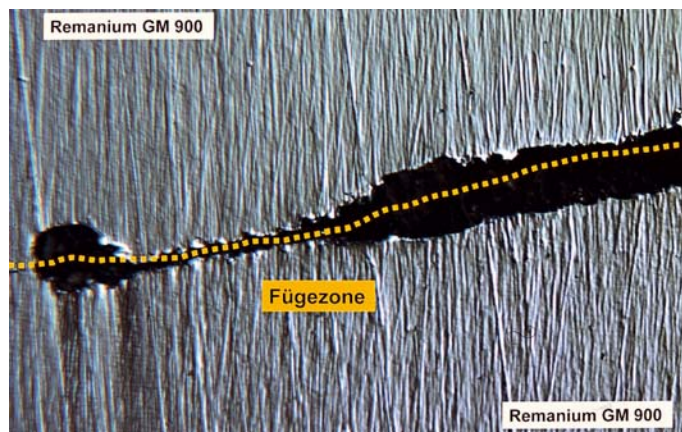


Abb. 6
Mikroskopische Wiedergabe der Fügezone einer „homogenen“ Schweißung bei einer Modellgusslegierung („Remanium GM 900“)

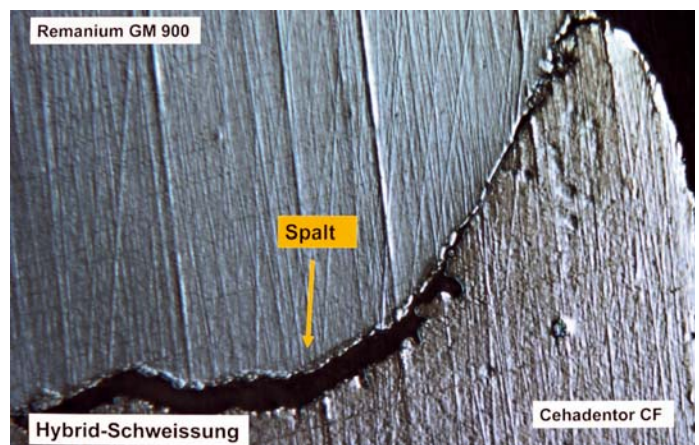


Abb. 7
Mikroskopische Wiedergabe der Fügezone einer „Hybridschweißung“

mikroskopisch abgebildet (Abb. 8a und 8b). Bei beiden Schlifffhälften ist deutlich eine Spaltbildung zu erkennen, die auf eine unzureichende Tiefenschweißung hinweist. Genau dieses Erscheinungsbild zeigen auch die lasergefügten Proben aus der früheren Untersuchung [1] (Abb. 9).

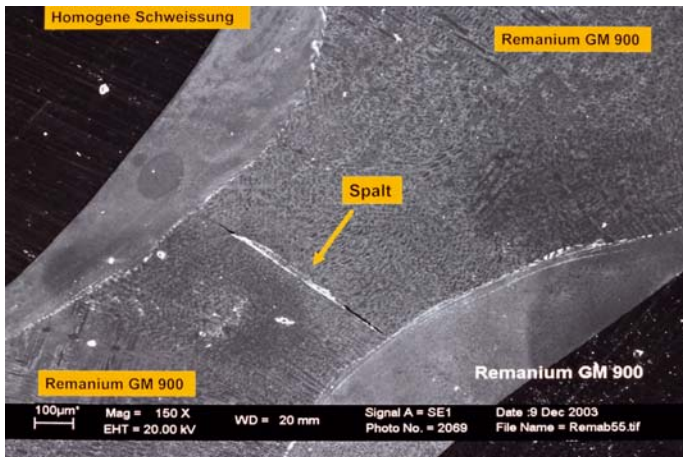


Abb. 8a
REM-Wiedergabe
einer „homogenen“
Plasmaschweißung
mit Spaltbildung

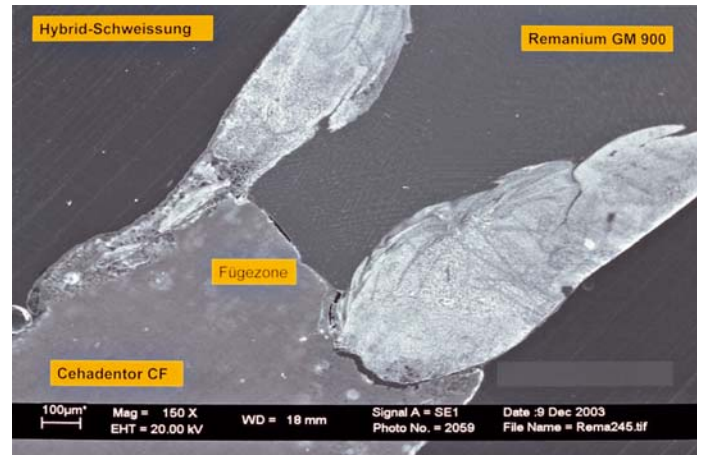


Abb. 8b
REM-Wiedergabe
einer „hybriden“
Plasmaschweißung
mit Spaltbildung

Gefügeausbildungen

Werden zusätzlich die mit „Königswasser“ angeätzten Metallschliffe untersucht, so können in der Grenzzone zwischen der thermisch unbeeinflussten Modellgusslegierung und dem Schweißkegel zwei sehr unterschiedliche Gefügeausbildungen beobachtet werden. Im Gegensatz zum grobkörnigen Gussgefüge (Abb. 10) der Modellgusslegierung ist in der Plasmaschweißnaht infolge der extrem raschen Abkühlung ein äußerst feinkörniges Nahtgefüge („Mikrogefüge“) entstanden (vgl. Abb. 10). Derartige Gefüge zeichnen sich durch eine große Härte aus, die zu einer gewissen Versprödung des Werkstoffes in diesem Bereich führen.

Schmelzverwirbelungen

Außerdem lassen die mit „Königswasser“ angeätzten metallografischen Querschliffe aus der Probenserie der Hybridschweißungen eine deut-

liche Schmelzverwirbelung erkennen (Abb. 11a). Ähnliche Verwirbelungen sind auch bei den lasergeschweißten Hybridverbindungen zu beobachten (Abb. 11b). Ursache hierfür ist der hohe Energieeintrag, der beim Hybridschweißen benötigt wird, da das Schmelzintervall der Modellgusslegierung weit über dem der Edelmetalllegierung liegt.

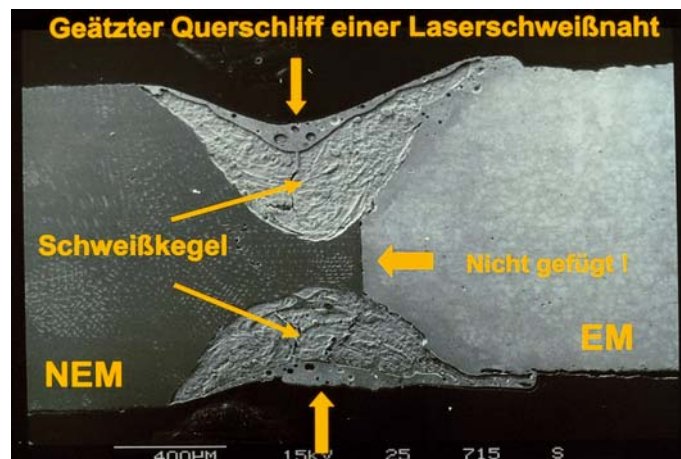
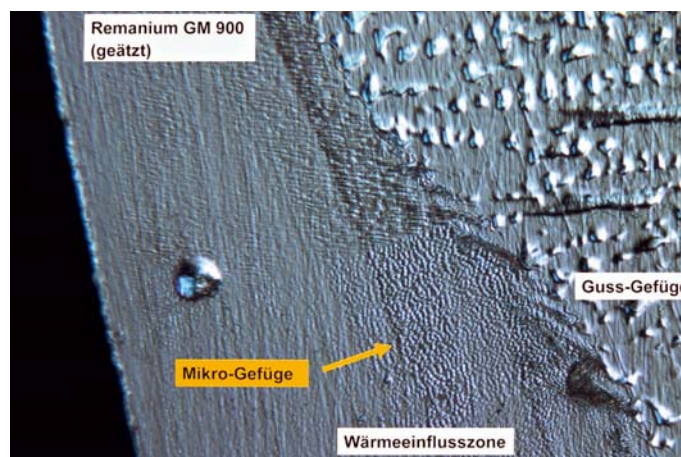


Abb. 9
REM-Wiedergabe
einer „hybriden“
Laserschweißung
mit Spaltbildung

Abb. 10
Mikroskopische Wiedergabe
der Übergangszone
zwischen dem grobkörnigen
Gussgefüge (rechts) der
NEM-Legierung und dem
feinkörnigen Mikrogefüge
in der Plasmaschweißnaht
(links).



■ Plasma versus Laser

Abb. 11a
Mikroskopische Wiedergabe der Schmelzverwirbelung in der Plasmaschweißnaht einer „Hybridschweißung“

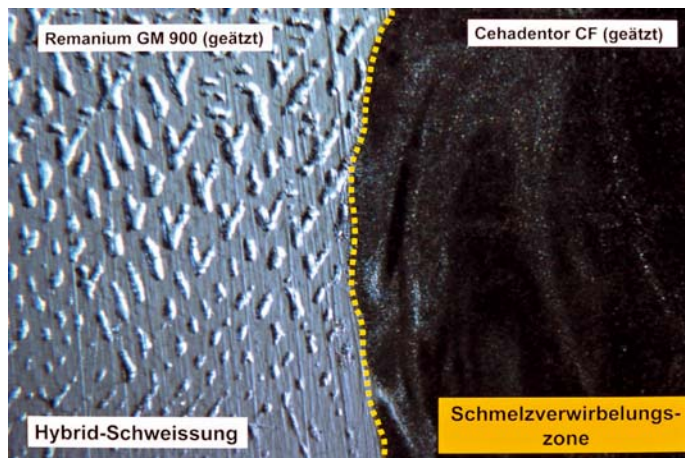
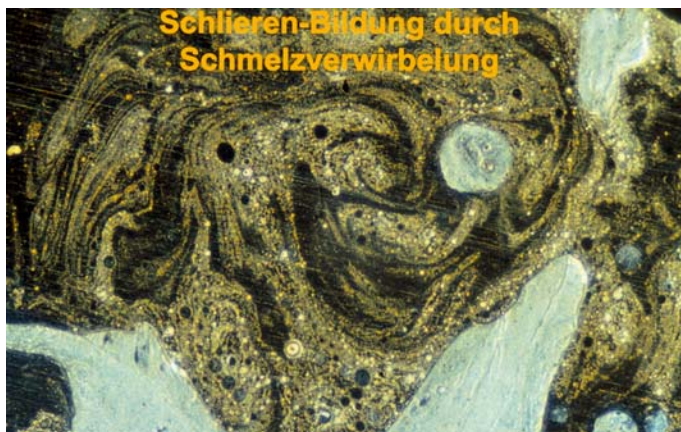
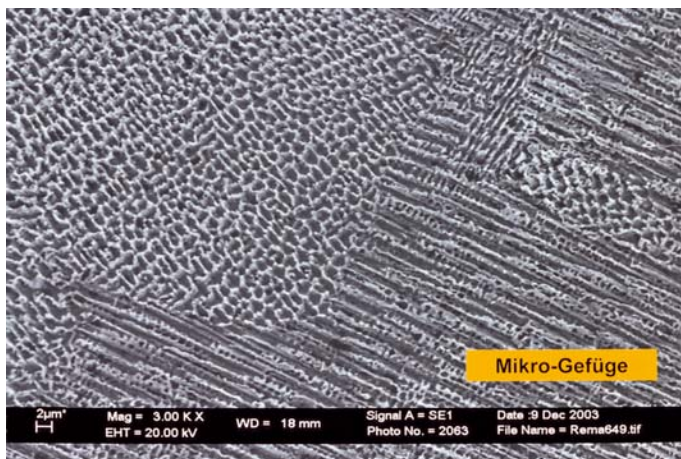


Abb. 11b
Mikroskopische Wiedergabe der Schmelzverwirbelung in der Laserschweißnaht einer „Hybridschweißung“



Röntgenspektren

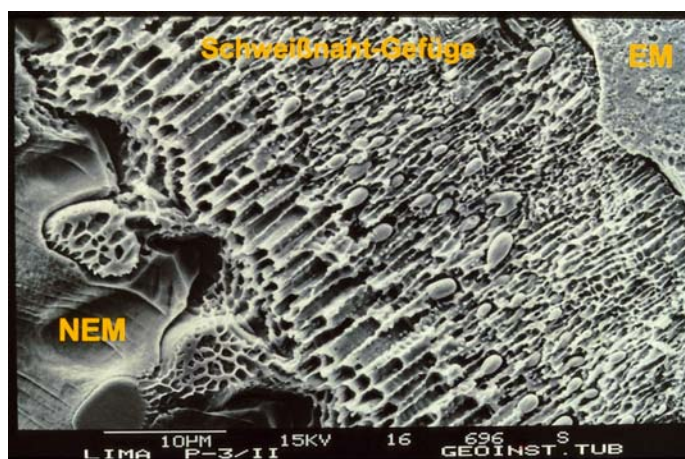
Des Weiteren ist die auffallend deckungsgleiche Übereinstimmung des Mikrogefüges bei den plasma- beziehungsweise lasergeschweißten Proben (Abb. 12a und 12b) hervorzuheben. Um beurteilen zu können, ob bei der Hybridschweißung in der Schweißzone (Verbundzone) eine Schmelzvermischung aus den aufgeschmolzenen Legierungen stattgefunden hat, wurden energiedispersive Röntgenspektren (EDX) aufgenommen. Die Auswertung eines exemplarischen Elementspektrums bestätigte die Schmelzvermischung, da in der Schweißzone die Hauptelemente aus beiden Legierungen analysiert werden konnten (Abb. 13).



Von besonderem Interesse war die Frage, ob beim Plasmaschweißen das chemische Element Wolfram, das aus der Wolfram-Elektrode stammen könnte, in der Schweißverbindung nachgewiesen wer-

Abb. 12a
REM-Wiedergabe des Mikrogefüges in der Plasmaschweißnaht

Abb. 12b
REM-Wiedergabe des Mikrogefüges in der Laserschweißnaht



den kann. Zu diesem Zweck wurden sowohl außerhalb der Schweißraupe (Abb. 14a) als auch innerhalb (Abb. 14b) Röntgenspektren aufgenommen. Der Vergleich der korrespondierenden Spektren zeigt deutlich, dass in der Schweißraupe der homogen geschweißten Edelmetallplättchen eindeutig Wolfram nachgewiesen werden kann (vgl. Abb. 14a mit 14b). Damit ist erwiesen, dass beim Schweißen der Abbrand aus der Wolfram-Schweißelektrode in der Schweißraupe wieder gefunden wird.

Fazit

Die werkstoffkundliche Bewertung der beiden Füge-techniken zeigt, dass das metallografische Erscheinungsbild der mit beiden Techniken gefügten Legierungspaare keine wesentlichen Unterschiede aufweist. Beide Technologien führen zu ein und demselben Ergebnis. Damit entspricht die Werbeaussage „punktgenaues Schweißen in Laserqualität“ haargenau den Tatsachen. ■

Danksagung

Herrn Ztm. Peter K. Thomsen (Kiel) und der Firma „primotec“ danke ich für die Bereitstellung und Überlassung der Mikroplasma-Schweißanlage sowie Herrn Ztm. E. Kröwerath (ZZMK Uni Tübingen) für die Herstellung der Proben.

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. Wolfgang Lindemann
ZZMK,
Medizinische Werkstoffkunde
& Technologie
Osianderstr. 2–8
72076 Tübingen

Literatur:

[1] Lindemann, W. Materialkundliche Untersuchungen an Laserschweißverbindungen zwischen Edelmetall- und Nichtedelmetalllegierungen. dental-labor, XLVIII, H 2/2000

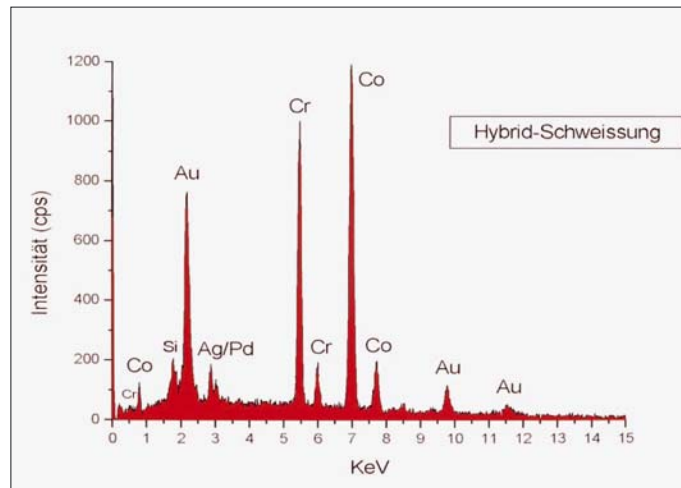


Abb. 13 Energiedispersives Röntgenspektrum der Fügezone einer „hybriden“ Schweißung zwischen einer Modellgusslegierung („Remanium GM 900“) und einer hochgoldhaltigen Gusslegierung („Orplid EH“). Es können sämtliche Hauptelemente aus der NEM-Legierung (Co, Cr) und aus der EM-Legierung (Au, Ag, Pd) nachgewiesen werden.

Abb. 14a Energiedispersives Röntgenspektrum (EDX) einer hochgoldhaltigen Gusslegierung („Orplid EH“). Es können die Legierungsbestandteile Gold (Au), Silber (Ag) und Kupfer (Cu) nachgewiesen werden.

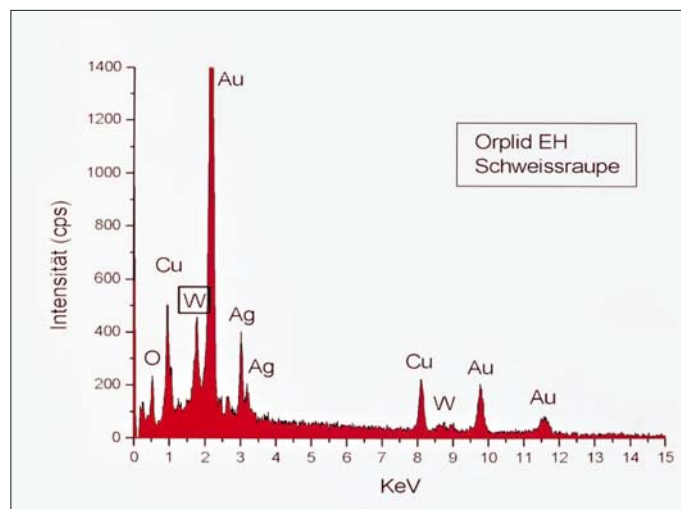
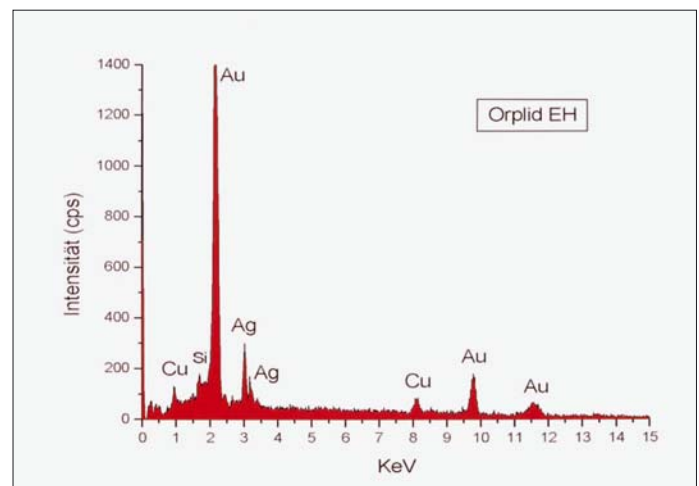


Abb. 14b Energiedispersives Röntgenspektrum der Schweißraupe in einer hochgoldhaltigen Gusslegierung („Orplid EH“). Neben den Legierungsbestandteilen Gold (Au), Silber (Ag) und Kupfer (Cu) kann zusätzlich Wolfram (W) nachgewiesen werden.