

Computerunterstützte Technologien

Sonderthema: Laserverbindungen

Autorin: Claudia Sara Neuburger

Inhaltsverzeichnis

1. CAD: Computer Aided Design

- 1.1 Draft Board
- 1.2 JewelCAD
- 1.3 Rhinoceros
- 1.4 Beurteilung CAD
- 1.5 Fazit CAD

2. CAM: Computer Aided Manufacturing

- 2.1 CNC – Fräsmaschine
- 2.2 Drahterodieren
- 2.3 Stereolithographie STL
- 2.4 Selektives Laser Sintern SLS
- 2.5 3D Drucker / 3D Plotter
- 2.6 Beurteilung Rapid Prototyping

3. Materialtrennende Techniken

- 3.1 Wasserstrahlschneiden
- 3.2 Laserschneiden
- 3.3 Lasergravieren

4. Sonderthema: Laserverbindung – Laserschweissen

- 4.1 Lasertypen
- 4.2 Laserschweissverfahren
- 4.3 Auswahlkriterien
- 4.4 Arbeitssicherheit
- 4.5 Verletzungsgefahr
- 4.6 Leistungskriterien
- 4.7 Zwei vielseitig empfohlene Lasertypen
- 4.8 Fazit Laserschweissen
- 4.9 Kosten – Nutzenanalyse

5. Zukunft

Quellennachweis

1. CAD: Computer Aided Design – computergestützte Konstruktion

Erstellen von technischen Zeichnungen zwei- und dreidimensional. Ein 3D CAD-System verarbeitet ein Entwurf oder Volumenmodell des Konstruktionsobjektes, welches mittels CNC oder Rapid Prototyping weiterverarbeitet werden kann. Drei gebräuchliche Anwendungen:

1.1 Draft Board: 2D CAD Zeichenprogramm; nicht speziell für Schmuckdesign konzipiert. Das benutzerfreundliche Programm bietet jedoch elegante Werkzeuge (Spline, Quadrat, Oval, Kreis, Mehrfachlinien zum Verbinden, Spiegelung, Schneiden, Buchstaben, Kantenbrechen) für verschiedene Design- und Konstruktionsaufgaben. Ein Nachteil ist, dass sich Proportionen kaum verändern lassen.

3 Versionen:

Draft Board Professional	€ 595.-
Draft Board Expert	€ 1495.-
Draft Board Unlimited	€ 2995.- (kann auch für CAMEingesetzt werden)

Dateiformate: DXF/STL; lassen sich in das CNC Fräsprogramm „filou“ exportieren wo sie erst im Editor geschrieben und dann automatisch in die Programmiersprache übersetzt werden. Nach der Programmanschreibung im „filou“ werden die Daten auf die CNC-Fräse übertragen, welche das Arbeitsstück nun bearbeitet.

1.2 JewelCAD: 3D CAD Weltweit populärste CAD/CAM Software für die Schmuckbranche mit umfangreichen Modellierungsfunktion auch für komplexe Formen. Flexible und erweiterte Modellierungsfunktionen zur Erzeugung und Änderung von Kurven und Oberflächen. Spezialfunktionen für Halsketten, verdrehten Oberflächen und Steinfassungen. Optimiert durch eine Bibliothek für Grundkörper, Steine, Fassungen und Halbfabrikate.

2 Versionen:

JewelCAD EXPERT	€ 3999.-
JewelCAD – LIGHT	€ 1999.-

Dateiformate: STL/SLC Daten für CNC Maschinen und Rapid Prototyping.

1.3 Rhinoceros: 3D CAD und Cinema 4D Ideale Anwendung für exaktes Konstruieren sowie zur Analyse und Weiterverarbeitung von erzeugten Daten. Hohe Benutzerfreundlichkeit und interessante Kosten-Nutzenseite durch beliebig kombinierbare Erweiterungsmodul. Flamingo, ein Renderingmodul für fotorealistische Umsetzungen (Präsentation), TechGems, eine Material- und Edelsteine Bibliothek welche Entwürfe mit bereits bestehenden Konstruktionsdetails (Fassungen, Verschlüsse etc.) ergänzen kann, Cinema 4D, ein Modellier- und Animationsprogramm, unterstützt eher das intuitive Modellieren und die professionelle Visualisierung und Animation.

Rhinoceros 3.0	€ 895.-
Flamingo	€ 495.-
TechGems	€ 275.-
Cinema 4D	€ 995.-

Dateiformate: STL/SLC Sprachen von 3D Druckern und Rapid Prototyping-Systemen

Minimale Systemanforderungen für die drei Anwendungen: Intel Pentium III, Windows ab 95/98, 32 MB RAM mit Open GL Unterstützung, 24-bit Grafikkarte mit 1024x768 Auflösung.

1.4 Vor- und Nachteile CAD

Vorteile 2D CAD

- ein 2D-CAD Programm ist eine kompakte Lösung für einfachere Konstruktionen, Daten lassen sich auf eine CNC-Einheit übertragen
- speziell geeignet für Abwicklungen (Ringkollektionen, Oberflächenbearbeitung, Wachs- und Protoplastbearbeitungen)
- die 2D-CAD-Zeichnung ist einfach veränderbar
- für kleinere Betriebe gut geeignet

Nachteile 2D CAD

- für Präsentationszwecke wenig geeignet
- nur für 2D-CAM einsetzbar z.B. CNC-Fräser zweiachsig

Vorteile 3D CAD

- Zeichnungen und Modelle sind im Raum frei drehbar, somit ist eine beliebige Ansicht möglich, eignet sich sehr gut zu Präsentationszwecken
- aufwändigste Ausführungsdetails, wie ausgefasster Armreif mit Krappenfassungen und Hinterschneidungen, lassen sich konstruieren, veranschaulichen und überprüfen
- Daten lassen sich vielseitig verwenden (für CNC -Fräser, Rapid-Prototyping, 3D- Drucker)
- für Kleinserien geeignet

Nachteile 3D CAD

- Gesamtdenken ist viel komplexer als bei 2D, benötigt leistungsstarke Rechner
- Komplexität der Anwendungen verlangt regelmässiges und intensives Training um effizient arbeiten zu können, zum Teil mehrjährige Erlernphasen
- Entwürfe wirken oft noch eher technisch, etwas leblos
- der kunsthandwerkliche Aspekt einer Kundenzeichnung oder im Fertigungsprozess geht verloren, alles muss sich nach der Vorlage richten und ist im Voraus festgelegt

1.5 Fazit CAD Es ist notwendig, zunächst die eigenen Bedürfnisse genau abzuwägen. Es gibt kaum ein Software-Paket, das allen Erfordernissen zugleich gerecht werden kann. Bei einigen Produkten hat man jedoch die Möglichkeit, Module für spezielle Aufgabenbereiche miteinander zu kombinieren. So kann man sich bei der Anschaffung auf die tatsächlich benötigten Funktionen beschränken. Nicht zu unterschätzen ist die gute Erlernbarkeit einer Software. Ohne entsprechende Vorbildung ist man aufgrund der komplexen Struktur und Funktionsvielfalt nur allzu leicht überfordert. Kann keine gezielte Schulung stattfinden, muss zumindest umfassende Literatur zur Verfügung stehen. Auch sind Preis und Funktionsumfang noch kein allgemeingültiger Massstab für den Wert eines Programms. Die meisten Ergebnisse sind mit unterschiedlichen Lösungen, möglicherweise aber auch mit unterschiedlichem Aufwand realisierbar. Nicht selten werden sogar verschiedene Programme für Modellierung und Visualisierung eingesetzt. Eine fundierte CAD-2D-Erfahrung ist sicherlich eine unverzichtbare Grösse um sich in eine weitere Dimension in Form eines 3D-Programms vorzuwagen. Computergestützte Verfahren in Entwurf, Modellbau oder Fertigung machen meines Erachtens vor allem dort Sinn, wo es wichtig ist, die einzelnen Prozesse nachvollziehbar und reproduzierbar zu machen. Im Bereich der industriellen Fertigung von Serien und ganzen Kollektionen kommen die Vorteile von CAD sicher am ehesten zum tragen. Ateliers, die in der Hauptsache Unikate und Objekte nach Kundenwunsch anfertigen, werden diese Vorteile nur sehr bedingt nutzen können. Ihre Kundschaft würde sich wohl auch etwas schwer tun mit Computerzeichnungen und Animationen am Bildschirm, anstelle von kolorierten Entwurfskizzen und Modellen. Die Palette von unterschiedlichen CAD-Anwendungen ist gross und ebenso die entsprechenden Spezialisierungsgrade, sowohl der Anwender als auch der Programme. So ist es beispielsweise auch möglich, ein reales Objekt zu digitalisieren, mittels Digitizern oder 3D-Scanner mechanisch oder optisch die Oberfläche eines Körpers abzutasten und in digitale Codes umzuwandeln. Schliesslich muss auch bedacht werden, dass ein CAD-System allein, also das Zeichnen und Konstruieren am Computer, wenig bringt, wenn die so erzeugten „Datenrohlinge“ nicht auch numerisch weiterverarbeitet, sprich produziert, werden können. Wenn man also die für die eigenen Bedürfnisse am besten geeignete Softwarelösung gefunden und erlernt hat, steht man unweigerlich vor der nächsten Herausforderung: Computer Aided Manufacturing in den eigenen Betrieb integrieren oder extern vergeben?

2. CAM: Computer Aided Manufacturing – computergestützte Fertigung

Um ein CAD-Entwurf oder Modell in die Realität zu überführen, gibt es grundsätzlich zwei völlig gegensätzliche Verfahrenswege. Da wäre zum einen die **subtraktive Methode**:

2.1 CNC-Fräsmaschine (CNC: Computerized Numerical Control = computerunterstützte numerische Maschinensteuerung) Dabei wird durch Zerspanen eines massiven Materialblocks über zwei bis fünf Achsen das Modell freigelegt. Erst bei fünf Achsen lässt sich ein Modell theoretisch von allen Seiten bearbeiten. Die Steuerung der Fräsmaschine erfolgt mit Hilfe eines Computers, als Vorlage dienen Daten einer zweidimensionalen Zeichnung oder eines dreidimensionalen Volumenmodells. In der Herstellung von Ringrohlingen, vor allem im Trauringbereich wird dieses Verfahren angewendet. Im 2D Bereich können z.B. symmetrische Formen (Abwicklungen eines Mantelringes) ausgefräst oder Oberflächen gestaltet werden.

Vorteile CNC

- hohe Genauigkeit
- sehr saubere Oberflächen des gefertigten Werkstücks
- für Kleinserien geeignet (Trauringkollektion)
- Negativformenherstellung für Press-, Stanz-, oder Spritzgusswerkzeuge

Nachteile CNC

- komplizierte Hinterschneidungen sind für das Werkzeug schwer zugänglich
- feine Strukturen und Materialstärken sind in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial nur bedingt möglich

CNC-Fräsmaschinen gibt es in unterschiedlichen Grössen und Ausführungen. Tischmodelle, kombiniert mit einer einfachen 2D-Software, sind für den „kleinen“ Goldschmied durchaus denkbar. Die grossen, komplexen CNC-Maschinen werden ausschliesslich in der industriellen Schmuckfertigung eingesetzt.

2.2 Drahterodieren Wie beim CNC-Fräsen wird auch beim Drahterodieren ein massives Grundwerkstück **subtraktiv** bearbeitet. Hierfür befindet sich das Werkstück in einem Wasserbad. Mit Hilfe eines dünnen (0,02 bis 0,3mm) Kupfer oder Messingdrahtes (Elektrode) wird eine programmierte Kontur in das Werkstück geschnitten wobei zu keinem Zeitpunkt ein mechanischer Kontakt zwischen Elektrode und Werkstück besteht. Der Materialabtrag erfolgt durch gezielte Entladungen der Elektrode. Das Neigen der Drahtelektrode auf allen Achsen ermöglicht die Ausführung von sehr komplexen Formen. Der Vorgang des Drahterodierens kommt vorab im Werkzeugbau vielseitig zur Anwendung und ist von grosser Bedeutung.

Vorteile Drahterodieren

- sehr hohe Genauigkeit (Abweichung von 0,003mm)
- es können mehrere Schichten geschnitten werden, egal wie dick das Werkstück ist (gleich bleibender Schnitt)
- kleinste Teile können geschnitten werden
- keine Oxydschicht an den Schnittkanten

Nachteile Drahterodieren

- nur lineare Schnitte möglich
- keine Hinterschneidungen und Vertiefungen möglich
- teures Verfahren, nur für grössere Produktion rentabel
- lange Bearbeitungszeit
- bei Titan leichte Verhärtung an den Schnittkanten

Den beiden **subtraktiven Methoden** stehen die **additiven Methoden** gegenüber; das so genannte **Rapid Prototyping**. Dies ist ein Sammelbegriff für unterschiedliche Verfahren, die alle auf dem Prinzip des schichtweisen, physikalischen Modellaufbaus beruhen.

2.3 Stereolithographie STL In einem Behälter befindet sich ein flüssiges Monomer (Harz), dessen Oberfläche gezielt und mit einer bestimmten Eindringtiefe durch Laserstrahlung belichtet wird, wodurch das Harz dort polymerisiert und erstarrt. Die im Bad befindliche Trägerplattform senkt sich sodann um die definierte Schichtdicke ab und ein Wischer benetzt die erhärtete Oberfläche wieder mit dem flüssigen Monomer, worauf die nächste Schicht belichtet wird. So wird auf der Basis der 3D-Daten nach und nach ein reales Modell aufgebaut.

2.4 Selektive Laser Sintern SLS Eine Variante des Rapid Prototyping mit festem Ausgangsmaterial. Hier wird ein Pulver in einer Korngröße von 50 bis 100 µm gezielt mittels Laserstrahl verschmolzen. Auch hier senkt eine Plattform das Werkstück nach jedem Arbeitsschritt um jeweils eine Schichtdicke ab und ein Wischer glättet die Pulveroberfläche vor dem nächsten Arbeitsschritt.

2.5 3D-Drucker/3D-Plotter arbeiten ähnlich der Laser-Sinter-Methode. Jedoch in der Weise, dass mittels eines druckerähnlichen Gerätes Schicht für Schicht Wachs aufgetragen wird, bis ein dreidimensionales Objekt erstellt ist. Aus heutiger Sicht bietet das Wachsplott -Verfahren die meisten Möglichkeiten. Diese Rapid Prototyping – Lösung ist natürlich auch deshalb sehr spannend, weil der Prototyp direkt eingebettet und gegossen werden kann.

2.6 Vor- und Nachteile Rapid Prototyping

Vorteile

- Nicht auf ein einzelnes Objekt beschränkt, erstellen von mehreren Prototypen gleichzeitig möglich (Stereolithographie)
- filigrane Formen mit komplexen Hinterschnidungen problemlos realisierbar
- Mass- und Formgenauigkeit von 0,1% mit STL, 0,03mm mit SLS
- kann abhängig von den Eigenschaften des Ausgangsmaterials direkt als verlorenes Gussmodell verwendet oder in Kautschuk oder Silikon abgeformt werden
- ermöglicht technische Lösungen, welche in Handarbeit nicht realisierbar wären
- geeignet für Serienproduktion
- 3D – Plotter MDX – 15 Modelmaker (bei K. Fischer, Pforzheim für 3000.- €) in handlichem Format für kleineres Goldschmiedatelier geeignet

Nachteile

- je nach Kunststoffart kann das Material nicht rückstandsfrei ausgebrannt werden, was eine Silikonabformung erfordert und daher nicht mehr allzu genau ist
- daher sind die Oberflächen nicht sauber und perfekt, erfordert Überarbeitung (Mehraufwand)
- braucht 3D CAD-Vorlage = aufwändig in der Vorarbeit
- relativ kostenintensiv, wenn hohe Präzision gefragt ist (Stereolithographie, Lasersintern). Somit eher für Industrie geeignet, da sich die Investitionen schnell einmal in der Größenordnung von einigen hunderttausend Euro bewegen

3. Materialtrennende Techniken

3.1 Wasserstrahlschneiden Hier wird das zu bearbeitende Material durch einen Hochdruckwasserstrahl getrennt. Beim **Reinwasserschneiden** wird lediglich die Strahlenenergie des Wassers genutzt, was eine begrenzte Schneidleistung in harten Materialien zur Folge hat. Daher nur für weiche Materialien (Karton, Holzwerkstoffe, Kunststoffe etc.) geeignet. Beim **Abrasivschneiden** wird dem Wasserstrahl zur Erhöhung der Schneidleistung ein Schneidmittel (z.B. Korund oder Granat) beigefügt. Dadurch ist es möglich härtere Materialien (Metalle) zu schneiden. Der Nachteil ist, dass sich durch den Schneidezusatz der Strahldüsendurchmesser durch Abnutzung vergrößert und die Schnittstelle, bedingt durch die physikalische Eigenschaft des Wasserstrahls, beim Strahlaustritt breiter wird als bei dessen Eintritt in das Material. Wegen grösseren Toleranzwerten im Schmuckbereich eher nicht geeignet.

3.2 Laserschneiden Der Laserstrahl wird mit einer Linse auf die Werkstückoberfläche gebündelt. Der Werkstoff wird durch die Absorption des Strahls geschmolzen, oxidiert oder verdampft und wird durch ein Arbeitsgas (Sauerstoff, Stickstoff oder Druckluft) nach unten ausgetrieben. Wird vor allem bei Materialien aus verschiedenen Stahllegierungen, Kunststoff, Keramik, Zellulose angewendet. Eher für grobe Schneidarbeiten geeignet und daher weniger im Schmuckbereich anwendbar. Nachteil: Die entstehende Oxydschicht (bedingt durch den Kohlenstoff im Metall) erhöht die Härte an den Schnittkanten des Materials, was bei der Weiterverarbeitung in der Wahl der Werkzeuge berücksichtigt werden muss.

3.3 Lasergravieren Der Vorgang wird vom dazugehörigen CAD-Programm gesteuert. Bild oder Schrift werden eingegeben oder eingescannt, auf dem Bildschirm bearbeitet und mittels Laser auf das Werkstück übertragen. Es lassen sich folgende Materialien mit Laser gravieren: Platin, Gold, Silber, Messing, Kupfer, Titan, Stahl, Stein (undurchsichtig), Holz, spezielle Kunststoffe etc.

Vorteile

- grenzenlose Vielfalt an Schrifttypen, Bilder oder Zeichen
- handschriftliche Vorlagen werden genau übertragen
- sehr gleichmässige Linie

Nachteile

- gravierte Linie ist durch Oxydation dunkel
- Gravur normalerweise nicht sehr tief
- Lasergravur sieht verglichen mit einer Handgravur eher technisch aus

4. Sonderthema: Laserverbindung – Laserschweissen

Das Wort LASER ist ein Kunstwort: **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation.

Was übersetzt bedeutet: Lichtverstärkung durch Anregung mittels Lichtstrahlung. Laserstrahlung ist im Wesentlichen ein einziger Wellenzug von Licht, eine Wellenlänge, dessen Phase und Amplitude nur noch sehr geringen Schwankungen unterworfen sind. Die Idee eines universell einsetzbaren Lasers für die Schmuckwarenfertigung kam ursprünglich aus der Dentaltechnik. Die bahnbrechende Erkenntnis war dabei, die Hände zum Halten und Bewegen der Schweissteile zu benutzen.

4.1 Lasertypen CO₂-Laser sind Gaslaser. Das heisst, das Licht entsteht in einem Gemisch aus CO₂ und anderen Gasen. Diese Laser werden vor allem dann eingesetzt, wenn eine dauerhaft hohe Leistung bei hohen Bearbeitungsgeschwindigkeiten erforderlich ist – z.B. zum Schweißen von Profilen für den Stahlbau oder den Schiffsbau. **Argonlaser** finden vor allem in der Medizin Anwendung. **Diodenlaser** werden in der industriellen Fertigung, in den Bereichen Kunststoffschweißen, Hartlöten, Prototyping, Schneiden von Metall und Kunststoff, Auftragsschweißen und Härten eingesetzt. Sie sind robotertauglich. CNC – gesteuerte Laserschweißgeräte in der Schmuckindustrie werden nach Information eines Fachmannes nur für die Uhrenfabrikation verwendet.

Nd:YAG-Laser sind Festkörperlaser. Sie erzeugen Laserlicht der Wellenlänge 1.06µm. Diese liegt im nahen Infrarotbereich. Für filigrane Arbeiten der Feinwerktechnik (Schmuckbereich) werden vor allem gepulste Nd:YAG-Laser eingesetzt. Grundsätzlich wird der Laser (das Herz des Lasers; ein Kristallstab aus Neodym-dotierter Yttrium Aluminium-Granat, kurz Nd:YAG mit polierten Endflächen) durch Energiezufuhr zur Abgabe gezielter Lichtstrahlung angeregt. Diese Strahlung wird durch ein Spiegelsystem (Resonator) mit mehrfacher Reflexion geformt. Zur optimalen Ausbeute der angeregten Lichtstrahlung befinden sich Laserkristall und Lichtquelle (Blitzlampe) in den beiden Brennpunkten eines verspiegelten Ellipsoids. Ist der Laserstrahl durch die Mehrfachreflexion genügend geformt, tritt er durch den teildurchlässigen Spiegel aus und kann genutzt werden. Im Brennpunkt einer Linse wird er zu sehr hohen Energiedichte gebündelt, die bei „normalem“ Licht nicht möglich ist. Im Laserstrahlengang ist ein binokulares Mikroskop installiert, ein Fadenkreuz ermöglicht das sehr genaue Positionieren des Laserstrahls. Gepulste Nd:YAG – Laser erzeugen sehr kurze Hochleistungs-Laserimpulse.

4.2 Laserschweissverfahren Verfahren zum Fügen von metallischen Werkstücken durch lokales Aufschmelzen von Werkstoff im Kontaktbereich der zu verbindenden Teile. Das mittels einer Linse zu sehr hoher Energiedichte gebündelte Laserlicht weist einen sehr kleinen Strahlendurchmesser auf, womit sehr präzise Schmelzpunkte erreicht werden. Verschiedene Metalle reagieren auf Laserstrahlung unterschiedlich. Daher muss die Intensität eines Laserstrahls auf die Materialeigenschaften abgestimmt werden. Dabei spielen die Faktoren Schweisszeit, eingebrachte Spannung und der Stahldurchmesser zur Steuerung des Laserstrahls eine Rolle.

Eine Faustregel besagt: Hohe Spannung und kurze Impulse ergeben ein tiefes Eindringen des Laserstrahls ins Metall (Tiefschweißen). Niedrige Spannung und lange Impulse ergeben geringere Eindringtiefen ins Metall (Schichten, Glätten).

4.3 Auswahlkriterien Der Laserstrahl entsteht durch das Zusammenwirken aktiver Komponenten (Blitzlampe, Netzteil) und passiven Optik-Komponenten (Spiegel, Linsen). Kurz: Je besser die Komponenten, je solider die Optik-Konstruktion desto ausgewogener das Strahlverhalten. Ein ausgewogenes Strahlverhalten hat sehr positive Auswirkungen bei der täglichen Arbeit.

4.4 Arbeitssicherheit Bei der Beschaffung eines Lasers sollte darauf geachtet werden, dass der Laser der Sicherheitsklasse 1 entspricht, das bedeutet, dass der Laser ohne zusätzliche Schutzeinrichtung (Laserraum, Laserschutzbrille) benutzt werden kann. Diese Sicherheitsklassifizierung ist vom Hersteller zu bestätigen und muss von einem Lasersicherheitsexperten aufgrund der gängigen Sicherheitsbestimmungen EU-weit bestätigt sein.

4.5 Verletzungsgefahr Wird der Laser zweckmässig eingesetzt, ist die Verletzungsgefahr sehr gering. Ein versehentlicher Schuss auf die Hand wird als leichte Erwärmung wahrgenommen. Ist jedoch der Strahlwert höher eingestellt (z.B. für Feingold, Silber) sind leichte Verbrennungen auf der äusseren Haut die Folge.

4.6 Leistungskriterien Für den Einsatz in einer Goldschmiedewerkstätte sollte eine Laserleistung von 6 – 9 kW bzw. 75 – 85 Joule völlig genügen. Die vom Laser erzeugte Pulsenergie wird in Joule gemessen (1 Joule ist die Energie, die benötigt wird um ein Liter Wasser um ein Grad Celsius zu erwärmen). Dieser Wert drückt die Schweissleistung aus.

Vorteile Laserschweissen

- Montieren von Schmuckstücken ohne Aufgipsen, ohne Bindedraht
- fixieren von Einzelteilen
- Verbinden von unterschiedlichen Metallen (sogar Hartzinn und Kupfer)
- Schweissen an Furnituren, ohne Ausglühen von Federelementen
- Verstiften von Gliederarmbänder und Metalluhrenarmbänder
- Schweissarbeiten an extrem feinen und schweren Ketten oder Hohlketten
- Neuartige Fassmethoden
- Zuschmelzen von zu gross gebohrten Löcher
- für Reparaturen sehr vielseitig einsetzbar, ohne Ausfassen von Steinen und Perlen, auch direkt neben Edelsteinen: abgebrochene Steckerstifte, Ösen, abgetragene Fassungsgriffe, Verstärken der Wandungen an Zargenfassungen, Antiquitäten ohne Verlust der antiken Patina, Brillenfassungen (Titan), Gussteile (Poren) mit derselben Legierung = grosser Vorteil: in kurzer Zeit mit Präzision und Flexibilität reparieren!
- Entfernen von Gravuren
- Geringe Wärmebelastung (minimaler Verzug)
- Nichtleitende Werkstoffe bearbeitbar
- Schweissnaht widerstandsfähig, geringe Nachbearbeitung
- Auch Schweissen von Ringschienen möglich

Nachteile Laserschweissen

- relativ hohe Anfangsinvestition

4.7 Zwei vielseitig empfohlene Lasertypen

Starweld Desktop von Rofin mit patentiertem Sweet Spot Resonator. Garantiert für gleich bleibende Schweissqualität. Vorteil dieses Verfahrens: Der Laserstrahl hat eine wesentlich höhere und einheitliche Eindringtiefe bei gleichem Durchmesser der Schweisspunkte in schwierig zu bearbeitenden Materialien (Silber, Feingold oder Kupfer). Dank der konstanten Strahlqualität unabhängig der gewählten Laserleistung, verzeiht es sogar Fehler beim Fokussieren des Objektes. Preis: Grundausstattung ca. € 19.800.- mit Optionen erweiterbar, Kosten total: ca.€ 5000.- (inkl. Vorrichtung zum Silberschweissen)

PowerLASER ALS 35S von Alphas ein vielfach bewährtes Standardgerät für Schweissungen an hochreflektierenden und hochwärmenden Materialien wie Silber (bis Feinsilber), Gelb- und Weissgold, Feingold, Kupfer und Aluminium. Der weite Einstellbereich erlaubt auch feine Schweissungen an Stahllegierungen, insbesondere Titan (mit Argon-Schutzgas). Preis: ca. € 26.000.-

4.8 Fazit Laserschweissen Unbestritten scheint mir, dass das Laserschweissen im Vergleich mit herkömmlichen Bearbeitungsmethoden einige gewichtige Vorteile zu bieten hat. Neben der Zeitersparnis durch effizientere oder ganz wegfallende Arbeitsgänge, bietet das Laserschweissgerät einiges an neuen Möglichkeiten wie zum Beispiel erweiterte Arbeitsmethoden oder generell neuartige Lösungsansätze, von denen man im konventionellen Atelieralltag noch gar nichts weiss. Bei einer Investition für ein Neugerät ab ca. CHF 30 000.- gilt es aber sicherlich auch noch ein paar weitere Aspekte zu berücksichtigen. Kann das Gerät im eigenen Betrieb genügend ausgelastet werden oder braucht es zur Amortisation zusätzliche Aufträge, zum Beispiel von anderen Ateliers? Es fragt sich auch, ob die Zeitersparnis wirklich nur positive Seiten hat. Denn wenn in einem kleineren Atelier die Arbeiten schneller erledigt sind, gibt es Platz für mehr Aufträge. So muss das Auftragsvolumen stimmen, ansonsten ist man gefordert die Leute zu „beschäftigen“, Lagerstücke zu fertigen, was auch zu Mehrausgaben führt. Es können und müssen verschiedene Berechnungen angestellt werden: MAK pro Monat / Jahr bei Kauf oder Leasing - kommt vielleicht ein Occasionsgerät (ev. weniger Leistung, älteres Modell etc.) in Frage? Liquiditätsplan für Übersicht und Budgetierung der kommenden Ausgaben und eine Kosten – Nutzenanalyse.

4.9 Kosten – Nutzenanalyse Leasing

PowerLASER ALS 35S von Alphalaser unter der Lupe: Wir, Alexandra Döme und Claudia Neuburger haben den finanziellen Teil des Lasers und die entsprechende Kosten-Nutzenanalyse gemeinsam erarbeitet und diese aus Platzgründen auf beide Arbeiten aufgeteilt. Sie finden untenstehend den Teil, der die Leasingkosten behandelt und in der Arbeit von Alexandra Döme die Kosten-Nutzenanalyse. Wir erachten das Leasing als eine realistische Finanzierungsmöglichkeit, für ein derartiges Gerät:

Leasingkosten pro Monat

1. Berechnung des monatlichen Leasingzinses ohne Anzahlung:

Kaufpreis: CHF 38 000.-

Laufzeit: 48 Monate

CHF 899.45 (+ MWST)

1.a Laserkosten pro Stunde bei einem Einsatz von 4 Stunden in der Woche:

CHF 46 723.- ohne Anzahlung (inkl. Bearbeitungsgebühr + MWST)

CHF 46 723.- : 4 (Jahre) = CHF 11 680.- pro Jahr : 192 Std./ Jahr

= CHF 60.85 / CHF 61.- gerundet MAK pro Std. plus Lohnkosten (CHF 60.-) von Goldschmied und NK (ev. Metalldraht, Schutzgas, Strom, Mietanteil pro m² für Laser etc.)

2. Berechnung des monatlichen Leasingzinses mit Anzahlung:

Anzahlung: (30%) CHF 11 400.-

Vertragswert: CHF 26 600.-

Laufzeit: 48 Monate

CHF 647.70 (+MWST)

2.a Laserkosten pro Stunde bei einem Einsatz von 4 Stunden in der Woche:

CHF 33 721.- mit Anzahlung (inkl. Bearbeitungsgebühr + MWST)

CHF 33 721.- : 4 (Jahre) = CHF 8430.- pro Jahr : 192 Std./ Jahr

= CHF 43.90.- MAK pro Std. plus Lohnkosten (CHF 60.-) von Goldschmied und NK (ev. Metalldraht, Schutzgas, Strom, Laserwartung, Mietanteil pro m² für Laser etc.)

Amortisation 98%

Wartung / Service, Versicherung nicht inbegriffen

einmalige Bearbeitungsgebühr der Leasinggesellschaft: CHF 250.- (+MWST)

Wartung: alle 9 – 12 Monate. Auswechslung von Kühlwasser, Luft- und Wasserfilter, Schutzglas für Linse. Kann durch Schulung selber ausgeführt werden. Wird es Zeit für einen Service wird der Kunde anhand von einem Logbuch durch Laser-Vertriebsgesellschaft informiert. Lebensdauer Blitzlampe: 2 – 4 Jahre, je nach Beanspruchung. Verschleissteile: ca. CHF 600.- pro Jahr (inkl. Lampe verteilt auf die durchschnittliche Lebensdauer von 3 Jahren)

5. Zukunft

Eine Technik (Rapid Prototyping – Bereich), die momentan in der Weiterentwicklung steht, könnte in Zukunft vielleicht auch im Schmuckindustriesektor von Bedeutung werden. Damit ist das **Generieren / 3D Auftragschweissen** gemeint, welches erst kürzlich für Metalle eingeführt wurde. Verfahren: Durch spezielle Pulverdüsen wird der Werkstoff in der Einwirkzone des Laserstrahls (Nd:YAG-, CO₂-Laser) lagenweise aufgetragen.

Vorteile:

- Parallelisierung von Arbeiten zur Produktentwicklung durch unmittelbare Verfügbarkeit funktionaler Prototypen
- Beschichtung von Freiformflächen sowie Reparatur von Bauteilen und Werkzeugen
- Herstellen der Werkstückgeometrie direkt aus 3D CAD-Daten ohne technologische Zwischenschritte
- Dichte und feinkristalline Strukturen ähnlich dem Gusszustand des jeweiligen Werkstoff
- Wandstärken: $\geq 0,5\text{mm}$, Dicke der Einzellagen: $\geq 0,1\text{mm}$

Da das Verfahren erst kürzlich eingeführt wurde, wird das Generieren / 3D Auftragschweissen heute in folgenden Werkstoffen realisiert: Co-, Ni-, Cu-Legierungen, Werkzeug- und Schnellarbeitsstähle.

Quellennachweis

Betriebe

Rofin Baasel Lasertech, Hamburg www.rofin.com
Kontaktpersonen: Herr Ralph Sonnet, Herr Wolfgang Bauer

Apel & Reinhold, Ludwigsstadt www.laser-feinschweisstechnik.de
Kontaktperson: Herr David Reinhold

Alpha Laser, Puchheim www.alphalaser.de
Kontaktperson: Herr Michel Bernasek, artsupport, Rümlang www.artsupport.ch

Siro Lasertec GmbH, Pforzheim www.siro-lasertec.de
Kontaktperson: Herr Rolf Okyay

H. Seltsam und Sohn, Lasertech, Pforzheim seltsam@s-direktnet.de
Kontaktperson: Herr Roland Reimann

J. Schmalz, Pforzheim www.j-schmalz.de
Kontaktperson: Herr Franck Dangeul

Trumpf GmbH + Co, Ditzingen
Trumpf Maschinen AG, Baar www.trumpf.com
Kontaktperson: Herr Beat Sidler

Internet

www.jewelcad.de
www.flexiCAD.com
www.maxon.net
www.i-mes.de

Literatur

- GZ Journal für Schmuck und Uhren, Rühle Diebener Verlag GmbH + Co. KG, Stuttgart
Ausgaben vom Januar 2003 / Februar 2003 / März 2003
- Buch: Div. Autoren: Trumpf GmbH + Co., Ditzingen (Hrsg. und Red.): Faszination
Blech...Flexible Bearbeitung eines vielseitigen Werkstoffs. Raabe Verlags GmbH, Stuttgart
1996

Leasing

GE Lisca AG, Zürich

CD-Rom Informationen und Präsentationen

- Lasertechnik in der beruflichen Bildung (Mediensammlung). Durchblick für die Zukunft
Herausgeber: tibt e.V. junge Technologien in der beruflichen Bildung, Handwerkskammer
Koblenz www.tibt-ev.de
- Trumpf Laserformen, Technologie und Produkteinformationen, Trumpf Maschinen AG, Baar
- ausführliche Informations-CD-Rom von Firma Rofin, Hamburg