

# Wenn es ums Löten geht ...

Von Ögussa Löttechnik - Christian Apeltauer

Literatur :

Hart- und Weichlöten Ing. Ernst Pichler

Degussa Technik die verbindet

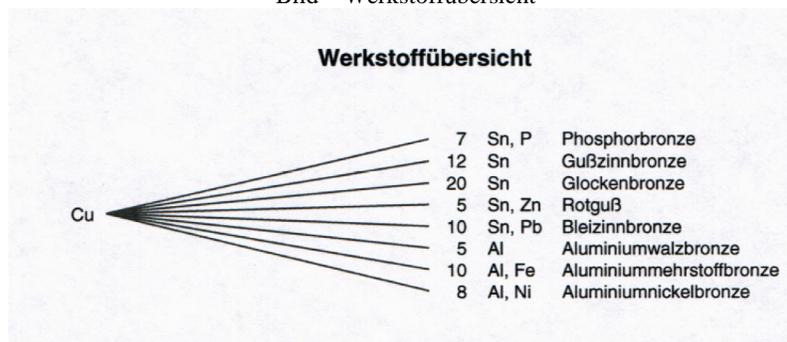
## 1. Kupfer und Kupferlegierungen

Kupfer gehört zu jenen Metallen, welches bereits in vorgeschichtlicher Zeit genutzt wurde. Es fand sich an vielen Orten der Erde in reiner Form und ist das älteste Gebrauchsmaterial. Es ist eines der wenigen Metalle, das in gediegener Form ( unlegiert ), große technische Bedeutung erlangt hat. Dies ist insbesondere auf folgende Eigenschaften zurückzuführen : Kupfer hat nach Silber ( Ag ) die zweithöchste elektrische Leitfähigkeit aller Metalle. Aus diesem Grunde werden viele elektrische Bauteile oder Leitungen aus Kupfer gefertigt. Auf Grund der außerordentlichen Korrosionsbeständigkeit, der guten Verarbeitbarkeit sowie der optisch schönen roten Farbe, findet Kupfer in vielen Anwendungsbereichen Platz. Zum Beispiel in der Installationstechnik im Sanitär und Heizungsbereich. Kupferrohre werden seit langem in der Kälte- und Klimatechnik im Apparatebau ( Kühlschränke und Kühlvittrinen ) verarbeitet. In der Bauspenglerei wird Kupfer aus optischen Gründen und der Beständigkeit zur Fertigung von Dächern und Dachrinnen verwendet. Weiters ist Kupfer ein besonders wichtiger bzw. ausgezeichneter Legierungsbestandteil für viele Gebrauchsmetalle. ( Bronzen )

### 1.1. Bronzen

Mit dem Sammelnamen „ Bronze „ werden alle Legierungen aus Kupfer mit Zinn, Blei, Aluminium, Silizium und Beryllium bezeichnet. Eine Übersicht über die gebräuchlichsten Sorten mit den Handelsbezeichnungen folgt in nächster Ansicht.

Bild Werkstoffübersicht



Das Einsatzgebiet der **bekanntesten Kupferlegierungen** ( Bronzen ) sind :

Kupfer und Zinn ergibt die **Zinnbronze**

Verwendung für Kirchenglocken, Skulpturen und Medaillen.

In der Bronzezeit eines der wichtigsten Gebrauchsmetalle.

Kupfer und Zink ergibt **Messing**

Dieses wird zur Herstellung von Armaturen, Beschlägen und zur Erzeugung von Blasinstrumenten verwendet.

Kupfer, Zinn und Zink ergibt **Rotguß**

Zur Herstellung von Armaturen, Pumpen etc...

Kupfer, Zinn und Nickel ergibt **Neusilber**.

Zur Erzeugung von Eßbesteck, Modeschmuck etc...

## 1.2 Werkstoffeigenschaften

Symbol Cu – Schwermetall

Dichte : 8,94 kg/dm<sup>3</sup>

Schmelzpunkt 1083 °C

Siedepunkt ca. 2300 °C

Elektrische Leitfähigkeit 58 Sm/mm<sup>2</sup> bei SE-Cu

Hohe Wärmeleitfähigkeit ( etwa 7 mal höher als bei Stahl )

Wärmedehnung ( etwa 2 mal größer als bei Stahl )

Hohe chemische Beständigkeit

Großes Lösungsvermögen für Gase bei höheren Temperaturen

An frischen Schnittflächen ist Kupfer von glänzender, hellroter Farbe.

### Mechanische Werte

	Zugfestigkeit	Dehnung in %	Brinellhärte HB
<b>Gußkupfer</b>	90 N/mm <sup>2</sup>	6 %	45
<b>Kupferhalbzeuge W-H</b>	200 – 360 N/mm <sup>2</sup>	36 – 4 %	55 - 95

## 2. Löten von Kupfer

### Werkstückvorbereitung

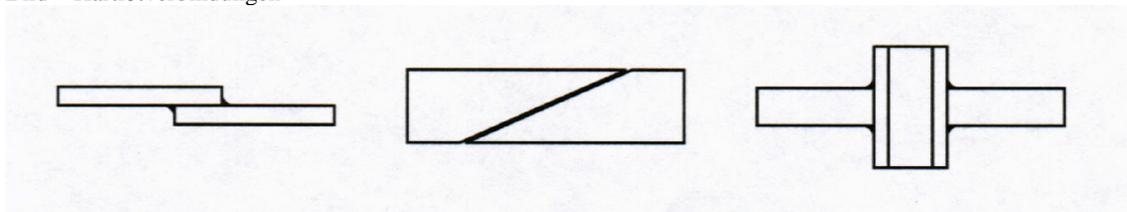
Die Werkstückvorbereitung ist praktisch die gleiche wie beim Löten von Schwermetallen. Die Lötflächen sind mechanisch zu säubern und fettfrei zu machen. Die Einzelteile sind provisorisch zu fixieren. Die optimale Lötspaltbreite liegt im Bereich von 0,10 und 0,20 mm. Die Verbindungsstellen werden vor dem Zusammenbau mit Flußmittelpaste eingestrichen

### 2.1. Das Hartlöten von Kupfer

Das Hartlöten von Kupfer wird bei Arbeitstemperaturen von 600 – 900 °C ausgeführt und bietet gegenüber dem Schweißen den Vorteil einfacher Ausführung.

Es sind folgende Verbindungen mit Schweiß- und Lötbrenner oder Ofen- und Hochfrequenzlötgeräten gebräuchlich :

Bild Hartlötverbindungen



Neben den für das lötgerechte Konstruieren gebräuchlichen Spaltformen kommt bei Rohren die Kehlnaht in Betracht, wenn zähflüssige Phosphorkupfer- oder Messinglote verwendet werden. Silberlote mit 20 bis 45 % Silber zählen zu den wichtigsten Hartloten.

#### Cadmiumfreie Silberhartlote nach DIN EN ISO 3677

Für Verbindungen die mit Lebensmitteln bzw. Trinkwasser in Berührung kommen.

Für Lötstellen mit Betriebstemperaturen bis 200 °C

Silberhartlot	Schmelzbereich	Arbeitstemperatur
Ögussa 5600	620 – 655 °C	650 °C
Ögussa 5507	630 – 660 °C	660 °C
Ögussa 4576	640 – 680 °C	670 °C
Ögussa 4404	675 – 735 °C	730 °C
Ögussa 3476	630 – 730 °C	710 °C
Silox S 50	690 – 810 °C	790 °C

## Hartlötflußmittel nach DIN EN 1045

Universalflußmittel für Schwermetalle

Ögussa h	Wirktemperaturbereich 550 – 800 °C	Hartlötpaste
Silox F 5	Wirktemperaturbereich 550 – 800 °C	Hartlötpaste
Silox F 500	Wirktemperaturbereich 550 – 800 °C	Hartlötpulver

Die Flußmittel werden vorwiegend in Pastenform verwendet. Die Rückstände der Silberlotflußmittel korrodieren und müssen nach dem Lötvorgang sorgfältig entfernt werden. Diese können mechanisch mit einer Bürste unter lauwarmen Wasser entfernt werden. Sollte die Entfernung der Flußmittelrückstände auf dem mechanischen Wege nicht ausreichen, kann eine 10 %ige Schwefelsäure zu Hilfe genommen werden. Nach dem Beizvorgang die Werkstücke mit Wasser passivieren!



## 2.2 Weichlöten von Kupfer

Das Weichlöten von Kupfer wird am häufigsten angewendet, da es bei Arbeitstemperaturen von 200 – 350 °C ausgeführt werden kann. Gebräuchliche Verfahren sind das Flammlöten mit Lötbrenner oder Lötlampe, das Kolbenlöten, Ofenlöten, Induktionslöten, Tauchbadlöten u.a.

Für die verschiedenartigen Anwendungsgebiete steht ein umfangreiches Weichlotprogramm zur Verfügung.

Es sind folgende Lotgruppen zu unterscheiden:

Zinn – Blei Weichlote ( Lötzinn mit und ohne Flußmittelfüllung )

Zinn – Blei Weichlote mit Kupfer- oder Silberzusatz

Zinn – Silberlegierungen oder Zinn – Kupferlegierungen.

Die Zinn – Silber- oder Kupferlegierungen sind für größere Temperatur-Korrosions- und Spannungsbelastungen entwickelt worden.

#### Cadmiumfreie Weichlote nach DIN EN 29453

Für Verbindungen die mit Lebensmitteln bzw. Trinkwasser in Berührung kommen.

Weichlote	Schmelzbereich	Arbeitstemperatur	Betriebstemperatur	Betriebsdruck
Soldamoll 220	221 - 230 °C	270 °C	110 °C	10 bar
Silox 260	230 - 250°C	300 °C	200 °C	6 bar

#### Weichlötflußmittel nach DIN EN 29454-1

Partus 25	Zähflüssiges Flußmittel für Kupfer und Kupferlegierungen
Puradin	Lötfett zum Löten von Kupfer- und Kupferlegierungen

Von den vielen Hart- und Weichloten sowie deren Flußmittel die für die Kupferlötungen Verwendung finden, konnte nur ein kleiner Teil angeführt werden. Für Ihren speziellen Anwendungsfall fragen sie Ihren Lothersteller der Ihnen gerne mit technischen Auskünften zur Verfügung steht.

### 3. Schweißen von Kupfer

Kupfer neigt beim Schweißen sowie bei anderen Wärmebehandlungen zur Bindung von Wasserstoff. Bei Erhitzung über 500 °C kann Wasserstoff in das Kupfer diffundieren. Bei sauerstoffhaltigen Kupfer ist die Bildung von Wasserdampf möglich, was zur gefährlichen Wasserstoffkrankheit führt. Durch diese Wasserdampfeinschlüsse kommt es zu Poren- und Ribbildungen. Für Schweißzwecke sind daher sauerstofffreie Kupfersorten desoxidiert besonders geeignet. Der Sauerstoff selbst wird im flüssigen Kupfer aufgenommen und bleibt als Kupferoxidul gebunden. Ein Kupferoxidulgehalt von mehr als 1 % macht Kupfer dickflüssig und vermindert die Zugfestigkeit, Dehnung und Leitfähigkeit. Auf Grund des Lösungsvermögen für Gase ( O und H ) im erhitzten Zustand, kommen bei der Flammlötung Flußmittel zum Einsatz.

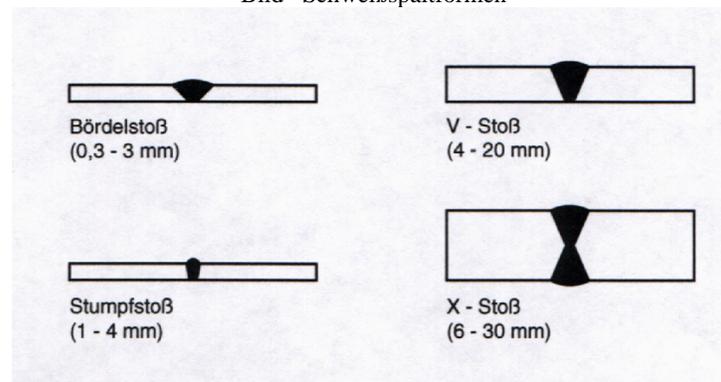
### 3.1. Richtlinien für das Schweißen von Kupfer

- Starke Wärmedehnung, daher kein Heften möglich.  
( Keilförmige Nahtfuge und richtige Schweißfolge wählen )
- Große Wärmeleitfähigkeit, daher erhöhte Wärmezuführung notwendig.  
( Vorwärmen, größeren Schweißbrenner verwenden )
- Lösevermögen für Gase im erhitzten Zustand beachten.  
( Flamme neutral, Flußmittel- oder Schutzgasabdeckung )
  
- Warmsprödikeit beachten, bei Temperaturen zwischen 350 und 650 °C ist Kupfer nicht geschmeidig. Rißgefahr !  
( Kein Hämmern oder Zweilagenschweißen beim Gasschweißen )

### 3.2. Das Gasschweißen

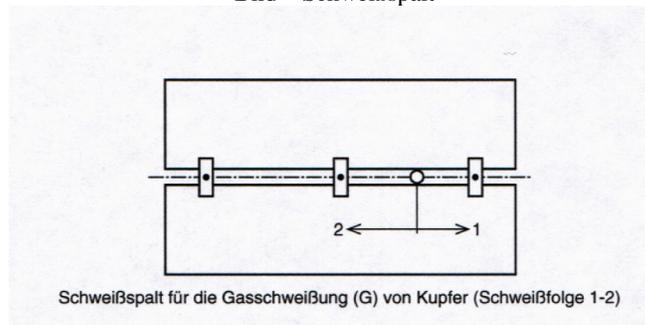
Dies ist die älteste Schmelzverbindung von Kupfer und stellt besondere Anforderungen an die Erfahrung des Schweißers. Es werden folgende Schweißformen vorgeschlagen :

Bild Schweißspaltformen



Die Nähte werden wegen der hohen Wärmedehnung nicht geheftet, sondern nur mit Klammern gehalten. Geeignete Flußmittel werden auf der Ober- und Unterseite breit aufgetragen. Vorwärmung auf Rotwärme. Mit neutral eingestellter Schweißflamme wird nach der Linksschweißmethode ( Schweißen mit nacheilendem Brenner ) geschweißt. Es darf nur in einer Lage gearbeitet werden. ( kein Nachschweißen – Rißgefahr ) Bei dicken Blechen in kurzen Absätzen mit Nachwärmen und Hämmern bei Rotwärme. Beste Ergebnisse werden mit den silberlegierten Schweißdrähten erzielt, die auch in allen Lagen verwendet werden können.

Bild – Schweißspalt



## Schweißstab und Flußmittel

Silox S 1	Normbezeichnung S-CuAg	Schmelzbereich	1060 – 1080 °C
-----------	------------------------	----------------	----------------

Silox F 1	FH 21	Wirktemperaturbereich	750 – 1100 °C
-----------	-------	-----------------------	---------------

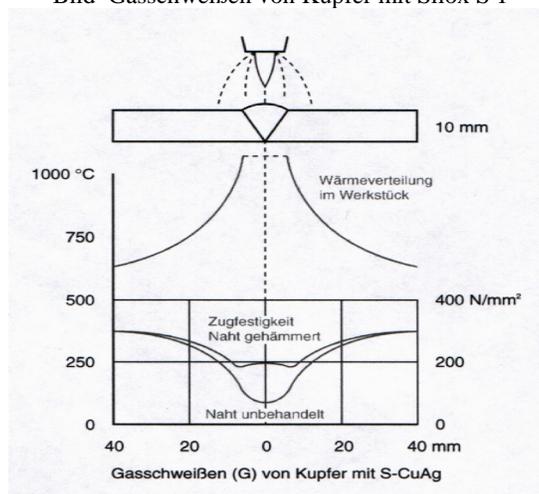
Die Flußmittelreste sind nicht hygroskopisch und können durch Abschrecken in Wasser oder mechanisch entfernt werden. Eine rasche Abkühlung bringt eine Feinkornbildung und somit eine Gütesteigerung. Die Schweißverbindung ist farbgleich und ebenso chemisch widerstandsfähig wie das Grundmaterial. Der elektrische Leitwert des Schweißstabes Silox S 1 liegt zwischen 30 – 45 Sm/mm<sup>2</sup>.

## Güte der Schweißverbindung mit Silox S 1

Zugfestigkeit	80 – 120 N/mm <sup>2</sup>	- Schweißnaht nicht gehämmert.
---------------	----------------------------	--------------------------------

Zugfestigkeit	180 – 220 N/mm <sup>2</sup>	- Schweißnaht gehämmert.
---------------	-----------------------------	--------------------------

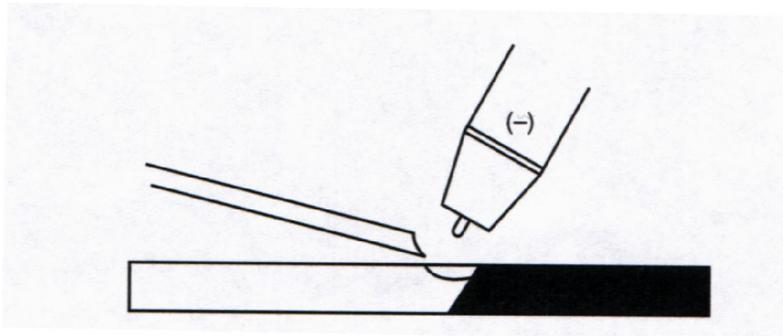
Bild Gasschweißen von Kupfer mit Silox S 1



### 3.3. Das WIG – Schweißen

Das WIG-Schutzgasschweißverfahren ist bei Blechen von 2 – 5 mm Stärke besonders wirtschaftlich. Gegenüber der Autogenschweißung ist zu bemerken, daß die Verwerfung und Rißgefahr geringer und auch die Erweichungszone schmaler ist. Die Schweißnähte werden im allgemeinen wie für die Autogenschweißung vorbereitet. Für das WIG-Verfahren kommt neben der Type Silox S 1 ( S-CuAg ) auch der Typ Silox S 1 L ( S-CuSn ) zur Anwendung, der auch bei dicken Blechen Porenfreiheit gewährleistet. Der Schweißstab wird in den mit der nichtabschmelzenden Wolframelektrode gezogenen Lichtbogen in der Argon-Atmosphäre geführt. Geschweißt wird mit Gleichstrom; Elektrode am Minuspol.

Bild – WIG-Schweißen



#### Schweißstäbe

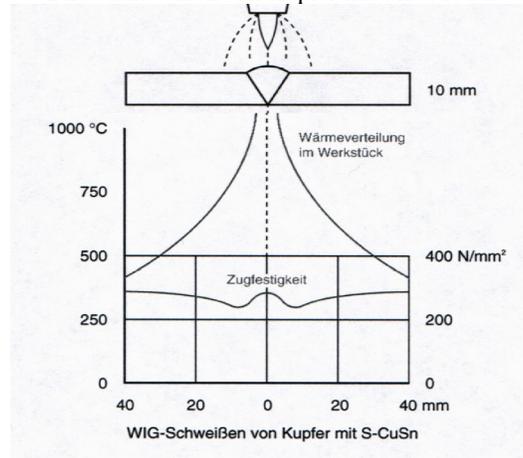
Silox S 1	Normbezeichnung S-CuAg	Schmelzbereich	1060 – 1080 °C
Silox S 1 L	Normbezeichnung S-CuSn	Schmelzbereich	1050 – 1070 °C

Flußmittel Silox F 1 ( Schweißpaste für Kupfer ) kann zum Schutz der Blechoberfläche aufgetragen werden.

#### Güte der Schweißverbindungen

Zugfestigkeit	180 – 240 N/mm <sup>2</sup>	- Schweißnaht mit Silox S 1 gehämmert.
Zugfestigkeit	220 – 340 N/mm <sup>2</sup>	- Schweißnaht mit Silox S 1 L nicht gehämmert.

Bild Schweißen von Kupfer mit Silox R 1 L

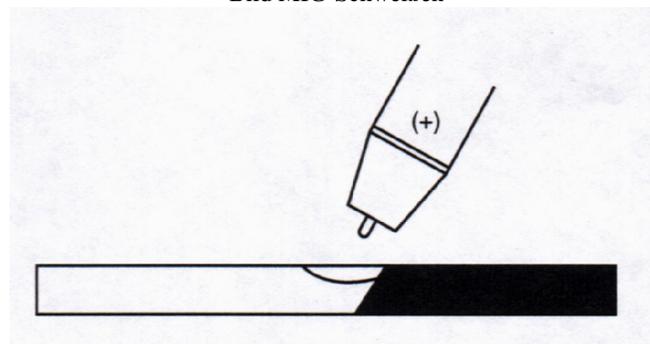


Die Schweißnaht der Hartkupferlegierung ( Silox S 1 L ) darf nicht gehämmert werden. Das Gefüge der WIG – Schweißnaht ist feinkörniger als bei der Gasschweißung. Die Schweißverbindung ( WIG ) mit Silox S 1 L besitzt eine hohe chemische Beständigkeit.

### 3.4. Das MIG – Schweißen

Die höchsten Schweißleistungen werden mit dem MIG – Schutzgasschweißverfahren erreicht. Es kommt vor allem für Serienschweißungen und für große Werkstücke mit dicken Wandstärken in Frage. Als Zusatzdraht hat sich die Type Silox R 1 L ( S-CuSn ) bewährt, die bei hohen Strom- und Temperaturbelastungen einwandfrei verarbeitet werden kann. Bei dickeren Wandstärken wird eine Vorwärmung empfohlen. Es muß kein Flußmittel zusätzlich aufgebracht werden.

Bild MIG-Schweißen



Drahtelektrode

Silox R 1 L	Normbezeichnung S-CuSn	Schmelzbereich	1050 – 1070 °C
-------------	------------------------	----------------	----------------

Bei der MIG – Schweißung von Kupfer sind die Angaben der Schweißmaschinenhersteller zu beachten.

### 3.5. Das Lichtbogenschweißen

Die Lichtbogenschweißung von Kupfer hat mit ummantelten Kupferelektroden nur geringe Bedeutung, da wegen der großen Wärmeleitung von Kupfer eine zusätzliche Erwärmung notwendig ist. Es können nur kleine Teile oder kurze Nähte geschweißt werden. An Stelle von Kupferelektroden können auch Bronzeelektroden verwendet werden, die eine geringe Vorwärmung benötigen und für Kupfer – Stahl Kehlnahtverbindungen geeignet sind.