



# Löter-Tipps

## Johnson Matthey & Brandenberger AG Metal Joining

### Löten in der Solartechnik

#### Inhaltsverzeichnis

1. Einführung .....	1
3. Wärmespeicher .....	2
4. Wärmeaustauscher.....	3
5. Wärmepumpen.....	3
6. Verfügbarkeit der Lotlegierungen und Flussmittel.....	4
7. Verarbeitung der Lote und Flussmittel.....	4
8. Preise für Lötmaterial .....	5
9. Löturse .....	5
10. Hartlotlegierungen und -Flussmittel für die Solartechnik .....	5

#### 1. Einführung

Das Ziel der Hersteller thermischer Solaranlagen ist es, bei verträglichen Kosten den Wirkungsgrad und die Lebensdauer der Anlage und der verwendeten Komponenten zu maximieren. Besonderes Augenmerk ist auf die im täglichen Betrieb auftretenden, vielseitigen Belastungen zu richten

- chemische und physikalische Witterungseinflüsse
- chemische und physikalische Einflüsse von Wärmeträgermedien
- zyklische, mechanische Belastungen (Druck bis einige bar und Temperaturen bis 200°C)
- mechanische Dauer- und Wechsellasten

Dies erfordert den Einsatz geeigneter Werkstoffe und das Auslegen der Dimensionen mit genügend hoher Sicherheit. Die Praxis zeigt, dass Hart- und Wechlötstellen in besonderem Masse kritische Punkte sein können. Ohne eingehende Kenntnisse der thermischen Fügeverfahren sind Ausfälle vorprogrammiert. Aus diesem Grund sollen die folgenden Ausführungen, sowohl den Konstrukteuren als auch den Ausführenden im Betrieb, eine gezielte, fachliche Unterstützung bieten.

#### 2. Thermische Solarkollektoren

Das **Wechlöten** lässt sich erfolgreich in folgenden Fällen anwenden, sofern höherschmelzende Wechlötlegierungen zum Einsatz kommen:

- zur Verbindung der Kupferkollektor-Rückseite auf die Kupferkollektorleitung
- zum Erstellen von Cu-Cu-Rohrverbindungen bei drucklosen Systemen. Vielfach werden dem Wasser bei geschlossenen Kreisläufen Korrosionsinhibitoren und Frostschutzmittel beigefügt. Dabei ist von diesen Lieferanten sicherzustellen, dass diese Zusätze keine Gefahr für die eingesetzten Lotlegierungen darstellen.

Hinweise:



Aufgrund der Gefahr des Kaltkriechens ist vom Weichlöten dann abzuraten, wenn mit einem erhöhten Systemdruck bei über 60°C zu rechnen ist. Diese Verbindungen müssen aus Sicherheitsgründen hartgelötet werden. Von normalen Zinn-Zink-Lotlegierungssystemen ist aufgrund der bedingten Korrosionsbeständigkeit abzusehen. Es sollten silberhaltige Weichlotlegierungen eingesetzt werden (siehe separate JMB Lottabelle).

Das Hartlöten empfiehlt sich generell für die Rohrverbindungen (Muffen u/o Aufweitungen) aller mit Wärmeträger-Flüssigkeiten oder mit Gasen gefüllten Kollektorleitungen. Dabei lässt sich im Falle von Cu-Cu-Verbindungen mit universellen Silberhartloten oder auch mit phosphorhaltigen Hartloten (mit einem minimalen Silberanteil von 5% und einem maximalen Phosphoranteil von 6% = Sil-fos 5™) arbeiten. Diese Hartlötungen sind sowohl für drucklose als auch für druckbelastete Systeme empfohlen, die mit Betriebstemperaturen von über 50°C arbeiten. Derart hartgelötete Verbindungen weisen aufgrund der hohen Duktilität der verwendeten Lotlegierungen, in Bezug auf Mikrorissbildung, ein sehr gutmütiges Verhalten auf. Geeignete Hartlotlegierungen finden sich in der Tabelle im Anhang.

#### Hinweise:

Aus Gründen der vielseitigen und hohen Beanspruchungen der thermischen Sonnenkollektoren empfiehlt es sich, Leitungsverbindungen ausnahmslos mit Hartlot zu löten. In Extremfällen können weichgelötete Verbindungen versagen, bei denen mit Hartlot ausgeführte Verbindungen erst bei einem Bruchteil ihrer Belastbarkeit angekommen sind. Bei phosphorhaltigen Hartloten ist dringend geraten, Lotlegierungen mit einem minimalen Silbergehalt von 5% und einem maximalen Phosphoranteil von 6% (z.B. Sil-fos 5™) einzusetzen, um eine geforderte, minimale Duktilität der Lötverbindung zu gewährleisten.

### **3. Wärmespeicher**

Das Weichlöten ist für Anwendungen bei Wärmespeichern, ausser bei drucklosen Systemen, nicht zu empfehlen.

#### Hinweise:

Aufgrund der Gefahr des Kaltkriechens ist vom Weichlöten dann abzuraten, wenn mit einem erhöhten Systemdruck bei über 60°C gerechnet werden muss. Diese Verbindungen müssen aus Sicherheitsgründen hartgelötet werden. Von normalen Zinn-Zink-Lotlegierungssystemen ist aufgrund der bedingten Korrosionsbeständigkeit abzusehen. Es sollten silberhaltige Weichlotlegierungen eingesetzt werden (siehe separate JMB Lottabelle).

Das Hartlöten empfiehlt sich in allen Fällen, wo nicht geschweisst werden soll und generell für die Rohrverbindungen (Muffen u/o Aufweitungen) aller mit Wärmeträger-Flüssigkeiten oder –Gasen gefüllten Wärmeträger-Leitungen, die mit thermischen Solarkollektoren verbunden sind. Dabei lässt sich im Falle von Cu-Cu-Verbindungen mit universellen Silberhartloten oder auch mit phosphorhaltigen Hartloten (mit einem minimalen Silberanteil von 5% und einem maximalen Phosphoranteil von 6% = Sil-fos 5™) hartlöten. Diese Hartlötungen sind sowohl für drucklose als auch für druckbelastete Systeme empfohlen, die mit Betriebstemperaturen von über 50°C arbeiten.

Derart hartgelötete Verbindungen weisen aufgrund der hohen Duktilität der verwendeten Lotlegierungen, in Bezug auf Mikrorissbildung, ein sehr gutmütiges Verhalten auf. Geeignete Hartlotlegierungen finden sich in der Tabelle im Anhang.

#### Hinweise:

Der richtigen Werkstoffpaarung bzw. -wahl ist absolute Priorität einzuräumen: Hartgelötete Kupfer / CrNi-Stahl-Behälterdurchführungen sind aufgrund von Korrosionsgefahr zu vermeiden. Hartlöten ist bei Kupfer / CrNi-Stahl-Rohrverbindungen möglich, sofern die nach DIN geeignete Silberlotlegierung Argo-braze™ 56 eingesetzt wird (siehe JMB Datenblatt „Löten rostfreier Stähle“).



#### 4. Wärmeaustauscher

Die Wärmeaustauscher unterliegen, je nach Einsatzbedingungen unterschiedlichsten Einflüssen und Medien: Trinkwasser, Abwasser jeder Art, Meerwasser, Erdreich, Gestein, Luft. Entsprechend der chemischen Aktivität und der Temperatur der wärmetragenden Medien sind die Werkstoffe zur Herstellung der Wärmeaustauscher zu definieren.

- Luft-Wasser-Wärmeaustauscher sind gewöhnlich in Kupfer ausgeführt und mit Phosphor-Kupfer-Hartlot gelötet = Copper-flo™
- Wasser-Wasser- sowie Wasser-Kühlmittel-Plattenwärmeaustauscher bestehen heute vorwiegend aus rostfreiem Stahl, die mit reinem Kupfer hartgelötet sind. Der Übergang vom rostfreien Stahl auf die Kupferverrohrung ist in jedem Fall als Hartlötung mit Argo-braze™ 56 auszuführen.
- Für flächige Erdreich-Wasser-Wärmeaustauscher stehen normalerweise Kunststoffrohre im Einsatz, die über entsprechende Verschraubungen angeschlossen sind
- Die sogenannten Erdsonden, die als rohrförmige Wärmetauscher in Tiefen bis zu 200 Meter Erdwärme gewinnen, werden fast nur noch in Kunststoff ausgeführt
- Meerwasser-Wasser-Wärmeaustauscher
  - aus rostfreiem Stahl sind mit Argo-braze™ 56 hartzulöten
  - aus Bronze und Kupfer sind mit Silver-flo™ 60 hartzulöten

#### Hinweis:

Der richtigen Werkstoffpaarung bzw. -wahl ist absolute Priorität einzuräumen:

Hartlöten ist bei Kupfer / CrNi-Stahl-Rohrverbindungen möglich, sofern die nach DIN geeignete Silberlotlegierung Argo-braze™ 56 eingesetzt wird (siehe JMB Datenblatt „Löten rostfreier Stähle“).

Lötverbindungen von Stahl und Kupfer oder Messing lassen sich hervorragend mit dem universellen, kadmiumfreien Silberlot Silver-flo™ 452 ausführen

Die überwiegende Zahl der in Kupfer ausgeführter Wärmeaustauscher für Klima- und Kühlgeräte ist mit Kupfer-Phosphor-Hartlot gelötet. Bei der Anwendung phosphorhaltiger Hartlote bei Wärmeaustauschern für die Solartechnik empfehlen wir, Lotlegierungen mit einem minimalen Silbergehalt von 2% und einem maximalen Phosphorgehalt von 6.3% = Silbralloy™ einzusetzen, um eine geforderte, minimale Duktilität der Lötverbindung zu gewährleisten.

#### 5. Wärmepumpen

Die Praxis zeigt, dass in diesem Bereich, wie in der Kälte- und Klimatechnik, in der Regel mit drei verschiedenen Hartloten auszukommen ist:

#### Kupfer-Kupfer-Verbindungen

- universelles, kadmiumfreies Hartlot mit 45% Silberanteil = Silver-flo™ 452
- Kupfer-Phosphor-Hartlot mit 5% Silberanteil = Sil-fos™ 5

#### Kupfer, Stahl, Messing, Bronze

- universelles, kadmiumfreies Hartlot mit 45% Silberanteil = Silver-flo™ 452

#### rostfreier Stahl mit rostfreiem Stahl oder mit Kupfer, Messing, Bronze

- Argo-braze™ 56, ein spezielles Silberhartlot für rostfreie Stähle

Ausnahmen bilden Wärmeaustauscher und Verrohrungen von Wärmepumpen, die extremen chemischen und physikalischen Anforderungen gewachsen sein müssen (siehe auch Kapitel 4)



## 6. Verfügbarkeit der Lotlegierungen und Flussmittel

Die in der Kälte- und Klimatechnik verwendeten Lotlegierungen und Flussmittel sind jederzeit ab Lager Zürich verfügbar. Es sind verschiedene Abmessungen pro Typ lieferbar.

## 7. Verarbeitung der Lote und Flussmittel

### Erwärmungsmethode

- Propan- und Azetylen-Bunsenbrenner eignen sich für das Hartlöten mit Silberloten
- Für eine rasche Erwärmung beim Hartlöten mit phosphorhaltigen Hartloten ist vorzugsweise ein Azetylen-Sauerstoffbrenner einzusetzen.
- Generell empfehlen wir ein zügiges Erwärmen auf die geforderte Arbeitstemperatur der verwendeten Lotlegierung!
- Für das Hartlöten grösserer Rohre und massiver Werkstücke sollte unbedingt mit Büschelbrennern gearbeitet werden.

### Arbeitsplatz-Sicherheit

Die bei der Verarbeitung von Hartloten und Flussmitteln freigesetzten Gase und Stäube gefährden, wenn sie in höherer Konzentration am Arbeitsplatz vorkommen, die Gesundheit des Lötlers.

Es ist wie bei allen Stoffen auch hier eine Frage der Dosis. Es sind für die verschiedenen Produkte Sicherheits-Datenblätter erhältlich.

Generell ist auf eine gute Entlüftung zu achten!

- Im Produktionsbetrieb, bzw. ganztägigem Lötbetrieb:  
Hier empfiehlt sich eine punktuelle Absaugung mittels geeigneter Rüssel oder grossdimensionierter Abzugshauben mit gefiltertem Ausstoss ins Freie.
- in der Werkstatt:  
Empfehlenswert sind geeignete Lüftungsanlagen oder mobile Luftreinigungsgeräte für eine punktuelle Absaugung, wie sie beim Schweißen üblich sind.
- auf der Baustelle bzw. beim Kunden:
  - es ist dringend abzuraten, in kleinen, geschlossenen Räumen Hartlötungen vorzunehmen
  - durch Öffnen von Fenster und Türen ist eine genügend grosse Luftumwälzung herbeizuführen

### Anrühren von Flussmittelpaste mit Flussmittelpulver

Flussmittelpulver lassen sich durch Einrühren von destilliertem oder deionisiertem Wasser zu einer Paste anrühren. Dabei ist folgendes zu beachten:

- Paste nicht zu dünn anrühren. Die Konsistenz sollte wie eine Handcreme sein
- einige Tropfen Geschirrspülmittel verbessern die Benetzung des Werkstückes beim Auftragen der Paste ganz entscheidend!
- nur soviel Paste anrühren, wie in den nächsten Stunden verarbeitet werden kann

### Entfernen der Flussmittelrückstände

Um eine optimale Betriebssicherheit der gelöteten Anlage zu gewährleisten, ist eine lückenlose Entfernung der Flussmittelrückstände entscheidend. Die universellen Flussmittel wie Easy-flo™ Flux und Easy-flo™ K Flux (ehemalig JMB-K) lassen sich mittels nassem Lappen auf das noch heisse Werkstück (100 – 200°C) leicht entfernen.

Bei den Flussmitteln mit höherem Temperatur-, bzw. Aktivitätsbereich, die auch für lange Wärmezeiten geeignet sind, wie z.B. Tenacity™ Nr. 4A oder Mischungen aus Easy-flo™ Flux oder Easy-flo™ K Flux (ehemalig JMB-K) zusammen mit Tenacity™ Nr. 5, ist manchmal ein Einweichen mittels Umwickeln des noch heissen Werkstückes mit einem nassen Lappen bei einer längeren Einwirkdauer nötig.



In der Teilefertigung empfiehlt sich das Einlegen der gelöteten Teile in, wenn immer möglich, warmem Wasser. Nach einer genügenden Einwirkzeit (vom Flussmitteltyp und der Wassertemperatur abhängig) lösen sich die Flussmittelrückstände fast von selbst auf. Zum Schluss die Teile mit warmem, klarem Wasser abspülen.

*Merke: Flussmittelrückstände immer entfernen! Flussmittelrückstände sind in der Regel hygroskopisch und nehmen dadurch Luftfeuchtigkeit auf. Korrosion ist die Folge!*

## 8. Preise für Lötmaterial

Die Preise für silberhaltige Lotlegierungen unterliegen dauernden Schwankungen im Metallmarkt. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, Preisvergleiche immer gleichzeitig vorzunehmen, und zwar für den Preis pro kg, der letztendlich zu bezahlen ist.

Nicht jeder Lotlieferant rechnet und offeriert in gleicher Art und Weise. Das heisst, dass je nach Preisgestaltung die verschiedenen Komponenten zusammensetzen sind: Grundpreis, Silberpreis, Zuschläge, etc, alles zusammen!

## 9. Löturse

Johnson Matthey & Brandenberger AG verfügt über ausgewiesene Fachkräfte und führt bei Kunden, in Schulen und Verbänden branchenspezifische Löturse durch.

Für Schulungszwecke kann unser Lötfilm „Erfolgreiches Hartlöten“ (auf DVD) in div. Sprachen bezogen werden. Er eignet sich hervorragend für die Lötusbildung.

## 10. Hartlotlegierungen und -Flussmittel für die Solartechnik

In der folgenden Tabelle sind einige der weltweit verwendeten Lötmaterialien von Johnson Matthey aufgeführt, wie sie bei der Herstellung von Kältemaschinen, Wärmepumpen, Wärmetauschern und der Installation der entsprechenden Anlagen zur Anwendung kommen. Unsere Produkte unterliegen den strengsten Qualitätsprüfungen und garantieren eine einwandfreie Qualität der Lötverbindungen!



## Empfohlene Hartlotlegierungen und –Flussmittel

Lotlegierung	ohne Kadmium	Zusammensetzung	Schmelzbereich		zu lötvender Werkstoff				Stab, Masse in mm		Flussmittel-umhüllt	Blanke Stäbe
			Solidus	Liquidus	Cu	Ms	Stahl	CrNi-Stahl	Rund	Vierkant		
<b>Silber-Hartlotlegierungen, kadmiumhaltig (ab Dezember 2011 innerhalb der EU verboten I)</b>												
Easy-flo™ No. 2		42%Ag-Cu-Cd-Zn	608	617	X	X	X	X	1+1.5+2+3		X	X
DIN Argo-flo™		40%Ag-Cu-Cd-Zn	595	630	X	X	X	X	1+1.5+2+3		X	X
Argo-flo™		38%Ag-Cu-Cd-Zn	608	655	X	X	X	X	1+1.5+2+3			X
Mattibraze™ 34		34%Ag-Cu-Cd-Zn	612	668	X	X	X	X	1+1.5+2+3		X	X
Argo-swift™		30%Ag-Cu-Cd-Zn	607	685	X	X	X	X	1+1.5+2+3		X	X
<b>Silber-Hartlotlegierungen, kadmiumfrei (Alternative zu den kadmiumhaltigen Loten I)</b>												
Silver-flo™ 56	Ja	56%Ag-Cu-Zn-Sn	618	652	X	X	X	X	1+1.5+2+3		X	X
Silver-flo™ 452	Ja	45%Ag-Cu-Zn-Sn	640	680	X	X	X	X	1+1.5+2+3		X	X
Argo-braze™ 56	Ja	56%Ag-Cu-In-Ni	600	711	X	X	X	X	1+1.5+2+3			X
<b>Phosphorhaltige Hartlotlegierungen</b>												
Sil-fos™	Ja	15%Ag-Cu-P	644	700	X				1+1.5+2+3	2x2 + 3x3		X
Sil-fos 5™	Ja	5%Ag-Cu-P	650	710	X				1+1.5+2+3	2x2 + 3x3		X
Silbralloy™	Ja	2%Ag-Cu-P	644	740	X				1+1.5+2+3	2x2 + 3x3		X
Copper-flo™	Ja	Cu-P	714	800	X				1+1.5+2+3	2x2 + 3x3		X
<b>Flussmittel</b>												
Flussmittel		Ausführung	aktiv		zu lötvender Werkstoff				Gebindeinhalt in kg			
			von °C	bis °C	Cu	Ms	Stahl	CrNi-Stahl	Pulver	Paste		
Easy-flo™ Flux	Ja	Pulver, Paste	550	800	X	X	X	X	0.25 + 0.5	1		
Easy-flo™ K Flux	Ja	Pulver	550	800	X	X	X	X	0.5			
Easy-flo™ Flux Stainless Steel Grade	Ja	Pulver	550	750	X	X	X	X	0.5			
Tenacity™ Nr. 4A Flux	Ja	Pulver	600	850	X	X	X	X	0.5			
Tenacity™ Nr. 5 Flux	Ja	Pulver	600	900	X	X	X	X	0.5			

empfohlen

speziell geeignet

Bitte beachten Sie dass unsere Produktbezeichnungen innerhalb der diversen Verkaufsländer ändern können