

## Das Fügen von Metallen durch Löten - Weichlöten

### I. Allgemeines & Sicherheit

In NwT wird die Fügemethode „Löten“ bei der Herstellung elektrisch leitender Verbindungen z.B. beim Aufbau elektrischer Schaltungen und beim Löten z.B. von Kantenmodellen aus Kupferdraht eingesetzt. Dabei werden mit einem HandlötKolben / Lötstation zwei Metallteile (meist Kupfer, auch Cu-Legierungen, Zink, weicher Stahl) mit Hilfe einer Metall-Legierung mit niedrigem Schmelzpunkt elektrisch leitend verbunden. Lötstellen sind mechanisch nur wenig belastbar. Das in der Seele des Lötdrahtes vorhandene Flussmittel (Kolophonium) beseitigt und verhindert Oxidschichten und lässt den Lötzinn gut fließen. Dabei verbrennt das Flussmittel; der Rauch muss durch **gutes Lüften während des Lötens** abgeführt werden.

#### **Bleifrei – bleihaltig – gibt es noch eine Wahl?**

Weichlote sind verschiedene Legierungen aus Zinn mit manchmal kleineren Anteilen von Silber und/oder Kupfer. In der kommerziellen Fertigung dürfen seit der Einführung der RoHS Richtlinie der EU Mitte der 1990er Jahre nur noch bleifreie Lote verwendet werden.

Für Schulen galt diese Verordnung bis 2013 nicht.

Mit den Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht **RISU 2/2013 gilt auch für Schulen, dass nur bleifreies Lot verwendet werden darf!**

Es ist wichtig, beim Löten folgende **Sicherheitsaspekte** zu beachten:

1. Lehrkraft muss Lötstation **vor jeder Benutzung einer Sichtprüfung** unterziehen
2. **Sicherheitsbelehrung** SuS durchführen und dokumentieren; **Lötvorgang vormachen**
3. **Der Raum muss während des Lötens ständig gut gelüftet werden** > Fenster öffnen!
4. **Sicherheitsabstände Tische:** 80cm in gleicher Richtung; 150cm Rücken an Rücken
5. Eine **Schutzbrille muss** wegen eventueller Spritzer von Flussmittel / Lot getragen werden.
6. Die Schüler/innen **müssen** nach dem Löten zum **Händewaschen** angehalten werden.  
> Legierungszusätze wie Antimon/Nickel können über Handkontakt und spätere Nahrungsaufnahme von den Händen über den Mund in den Körper gelangen.
7. Zum schnellen Kühlen von Hautstellen, die mit dem LötKolben in Kontakt gekommen sind, sollte ein rascher Zugang zu kühlendem Wasser bestehen.
8. **Bleihaltiges Lot dürfen Schülerinnen und Schüler nicht verwenden!**
9. Lehrkraft muss eine **GBU** nach RiSU 2/2013 **durchführen** und jede Std. dokumentieren.

Einige gebräuchliche Lötzinn-Legierungen (bleihaltig und bleifrei):

<u>Kurzzeichen</u>	<u>Zusammensetzung</u>	<u>Schmelztemperatur</u>	<u>Anwendung</u>
<b>Sn60Pb40</b>	Zinn 60%, Blei 40%	185°	Allgemeinlot
<b>Sn60PbAg</b>	Zinn, Blei, Silber	180°	Elektronik
<b>Sn95Ag4Cu1</b>	Zinn, Silber, Kupfer gut, aber teuer	245°	Elektronik
<b>Sn99AgCu</b>	Zinn, Silber, Kupfer gut	237°	Elektronik
<b>Sn100Ni 0,7</b>	Zinn, <u>Nickel</u>		Elektronik
<b>Sn95Sb5</b>	Zinn, <u>Antimon</u>		Elektronik

- Beachte:**
- **Schmelztemperatur entspricht nicht der Temperatureinstellung am Lötgerät!** Diese liegt um über 100° höher.
  - Nickel (Ni) > Nickelallergie; Antimon (Sb) reizend; giftig bei Verschlucken.
  - je höher der Ag-Anteil umso besser das Lot, aber auch umso teurer!

## II: Die Lötgeräte

### 1. LötKolben 2. Lötstation 3. Lötpistole 4. Gas-LötKolben

Alle Lötgeräte besitzen eine Lötspitze, die in einem Heizelement steckt. Diese Lötspitze ist sehr anfällig gegen Verschmutzung und Korrosion und muss sehr pfleglich behandelt werden, da es sonst „kalte Lötstellen gibt.“ > siehe Anhang

#### Das Wichtigste ist die Lötspitze!

Die Lötspitze besteht aus Kupfer und ist gegen Korrosion mit einem dünnen Eisenüberzug geschützt. Die Spitze muss stets frei von Oxidschicht und Flussmittelresten sein.

**Sie muss immer sauber sein und gut verzinkt sein!**

**- Daher muss am Ende der Lötarbeiten die Lötspitze nochmals frisch mit Lötzinn überzogen werden! Erst danach LötKolben/Lötstation ausschalten.**

**- Während der Lötarbeiten muss die Lötspitze immer wieder an einem feuchten Schwämmchen oder an einem Abstreifer aus Messingspänen gereinigt werden!**

Stark verschmutzte Lötspitzen können chemisch an einem Alaunstein gereinigt werden und anschließend mit einem Lötspitzen-Aktivator überzogen werden. Verschmutzte Lötspitzen sollten nicht abgefeilt werden, da der Eisenüberzug beschädigt werden kann und die Lötspitze dann durch das aggressive Lötzinn schnell zerstört wird; Stahlwolle kann hilfreich sein.

Es gibt austauschbare Lötspitzen in verschiedenen Formen, z.B.:

- dünne Kegelspitze: für feine Arbeiten wie Elektronik / Platinenlöten.

Problem: Punktspitze nur wenig Wärmeübertragung. > Tropfen frisches Lötzinn hilft

- Meißelform: Flächen ermöglichen bessere Wärmeübertragung.

Problem: große Spitze kann auch Kontakt zu naheliegenden Lötunkten bekommen.

#### 1. Der LötKolben

mit Ablageständer

weiteres Zubehör

> siehe Lötstation



Der klassische LötKolben besitzt einen Griff, in den hinten das 230 V Kabel hineinführt und der vorne ein Heizelement mit einer Lötspitze trägt. LötKolben sind für Schülerinnen und Schüler bedingt geeignet, da der Griff weit von der Lötspitze entfernt ist, was der Präzision beim Löten abträglich ist. Eine ungünstige Gewichtsverteilung erschwert das Handling. Bei unbeabsichtigten Berührungen verursacht das lange Heizelement leicht Hautverletzungen. Ein großes Problem: Schüler/innen legen den heißen LötKolben immer wieder auf die 230V Zuleitung, die dadurch beschädigt wird.

LötKolben mit angeschmorten 230V Zuleitungen müssen unter allen Umständen sofort aus dem Verkehr gezogen werden!

**Die Lehrkraft ist verpflichtet, sich vor dem Löten von der Sicherheit aller eingesetzter LötKolben zu überzeugen! Sichtprüfung vor jeder Löt-Stunde!**

Der Vorteil von klassischen LötKolben ist die größere Wärmeabgabe. Daher liegt ihr Einsatzbereich eher beim mechanischen / künstlerischen Löten und nicht so sehr beim Löten von elektronischen Bauteilen.

## 2. Die Lötstation

mit dem wichtigsten Zubehör:

- Schwämmchen & Messingabstreifer
- 3. Hand; - Lötzinn auf Rolle
- Seitenschneider
- Elektronik-Flachzange
- Biegebänkchen für Bauteile
- im Bild fehlen: - hitzebeständige Lötunterlage
- Entötpumpe



Lötstationen erleichtern den Schüler/innen das Löten, da der eigentliche LötKolben sehr leicht ist, der Griff näher bei der Lötspitze liegt und das Niedervolt-Kabel wesentlich flexibler ist. Für den NwT-Etat machen sich die höheren Anschaffungskosten schnell bezahlt, da ein Verschmoren der 230V Zuleitung kaum mehr geschehen kann, wenn der Arbeitsplatz gut organisiert ist: 230V Zuleitung nach hinten von der Station wegführen, Lötunterlage vor der Station (oder daneben). Die Temperatur der Lötspitze kann bei geregelten Stationen Gradgenau eingestellt werden. Ein Schwämmchen, das befeuchtet werden muss, befindet sich an der Lötstation. Der LötKolben, der mit einer gefahrlosen Spannung von unter 30V betrieben wird (Trafo in der Lötstation), steckt in einer berührungssicheren LötKolben-Aufnahme. Das Verbindungskabel LötKolben – Station sollte immer eingesteckt und verriegelt bleiben. Hilfreich ist die Montage je einer Lötstation mit Zubehör auf einem Tablett. So können die Stationen beim Wegräumen nicht beschädigt werden und das Zubehör liegt griffbereit. **Die Lehrkraft ist verpflichtet, sich vor dem Löten von der Sicherheit aller eingesetzten Lötstationen zu überzeugen! Sichtprüfung vor jeder Löt-Stunde!**

## 3. Die Lötpistole



Für schnelle Lötarbeiten gibt es Lötpistolen, die innerhalb von 20 – 40 Sekunden ihre Betriebstemperatur erreichen. Für den Schulbereich sind sie nicht unbedingt geeignet, da sie unhandlich und schwer sind und der Preis pro Schüler/in zu hoch wäre.

## 4. Der Gaslöter

Mit Nachfüllgas-Kartusche

- Schwämmchen
- Abdeckkappe



Für den mobilen Einsatz gibt es LötKolben, die unabhängig von der Stromversorgung (z.B. im Außenbereich) betrieben werden können, da sie mit Feuerzeuggas betrieben werden. Kein Gerät zum Einsatz im NwT-Raum! Kann aber als mobiles „rettendes“ Werkzeug hilfreich sein. Einsatz durch Lehrkraft oder nur unter direkter Aufsicht durch die Lehrkraft.

### III: Der Lötvorgang:

#### a) Vor dem Löten muss sichergestellt werden:

- Das Lötgerät hat eine ausreichende Lötleistung für das Werkstück
- Die **Größe der Lötspitze** ist für die Lötstelle geeignet
- Geeignetes Lot ist ausreichend vorhanden; Tisch mit geeigneter Unterlage schützen
- Die **Lötstelle ist metallisch rein**, d. h. frei von Verunreinigungen und Oxydationsschichten (evt. mit Alkohol, Schmirgelpapier, Stahlwolle reinigen)
- Die **Lötspitze ist frisch verzinnt** und frei von Verunreinigungen
- Eine geeignete **Ablage für das Lötgerät** ist vorhanden
- **Messingschwamm / befeuchtetes Schwämmchen** zur Reinigung d. Spitze vorhanden
- Alle benötigten **Werkzeuge und Materialien liegen bereit**
- Der **Raum muss gut gelüftet sein** – auch im Winter: **Fenster öffnen!**
- 

- **Gemäß RiSU 2/2013 darf an Schulen nur bleifreies Lot verwendet werden!**
- **mit bleifreiem Lot dürfen Schwangere löten**
- Gefährdungsbeurteilung GBU durchführen und jede Löt-Stunde dokumentieren
- Empfehlung auch 1x Dokumentation im Klassenbuch: *Sicherheitsbelehrung Löten.*

#### b) Das sorgfältige Herstellen einer Lötstelle:

1. Es sollte zwischen den beiden zu verbindenden Metallen eine mechanische Verbindung bestehen. **Drähte sollten miteinander verdrillt** werden. Die Beinchen von elektronischen Bauelementen können evtl. an der Lötstelle auf der Platine geknickt werden, damit sie nicht verrutschen.
2. Drähte, die vor dem Lötvorgang nicht mechanisch miteinander verbunden werden können, sollten vorher verzinnt werden.
3. Das Verlöten von elektronischen Bauteilen kann zu einem Hitzeschaden führen. Transistoren etc. sollten deshalb mit einer Spitzzange am Draht vor Hitze geschützt werden (Wärmeableitung).
4. **Zuerst wird die Lötspitze fest angedrückt** und die Drähte/das Werkstück werden auf Arbeitstemperatur erhitzt. Hat die Lötspitze des Lötgerätes die richtige Temperatur dann dauert das ca. **2 - 3 Sekunden**.
5. **Erst danach** wird das **Lötzinn an die heiße Drähte & die Lötspitze gehalten** (ca. 1-2 Sekunden). Das Lotzinn **beginnt zwischen die Metalle zu fließen**. Dabei entwickelt sich etwas Rauch (Flussmittel). Sauber fließendes Lotzinn **glänzt silbrig**. Hat sich das Lotzinn nach 2-3 Sekunden gut verteilt, wird der LötKolben entfernt. Es sollte sich eine konkave Form („Vulkan“) zwischen Draht und der Kupferleitbahn der Platine bilden. BEACHTET: Nicht zu viel Lotzinn auf die Lötstelle aufbringen. Weniger ist mehr!
6. **Schließlich muss die Lötstelle erschütterungsfrei abkühlen**. Hilfreich ist eine sogenannte „Dritte Hand“ oder andere Einspann-Elemente. Bei bleihaltigem Lot glänzt die Lötstelle nun silbrig, **Bleifreies Lot glänzt nicht**: Lötstelle ist matt / stumpf.
7. Hatte die Lötstelle keine Möglichkeit erschütterungsfrei zu erstarren, so entsteht eine sogenannte „kalte Lötstelle“ bei der es keine Verbindung der Drähte gibt. Kalte Lötstellen haben einen sehr hohen Übergangswiderstand, der meist das Funktionieren des Bauteils verhindert. Kalte Lötstellen müssen neu gelötet werden.  
> siehe: VI Entlöten
8. **Überflüssiges Lotzinn oder Flußmittel an der Lötspitze muss sofort am Messingschwamm (oder am feuchten Schwämmchen) entfernt werden.**

## IV: Maßnahmen zur Verringerung von Problemen beim bleifreien Löten:

### Häufig auftretende Probleme und ihre Ursachen:

- der hohe Zinnanteil bleifreier Lote fördert die Korrosion der Spitze
- moderne feststoff-haltige Flussmittel verkrusten die Spitze; sie sind aggressiv und führen zu verstärkter Korrosion
- Wegen möglichst hoher Wärmeübertragung werden meist zu hohe Temperaturen (> 380°) eingestellt. Dies feuert die „normale Korrosion“ der Spitze sehr stark an.
- fehlerhafte mechanische Reinigung zerstört die Spitze

### Folgen:

- hartnäckigen Verkrustungen führen zu Nicht-Benetzbarkeit
- Oxidation der Zinn-Legierung an einer „trockenen“ Spitze führt zu Nicht-Benetzbarkeit der Spitze; bei > 400° geschieht dies innerhalb 1 Min!
- Beschädigung der dünnen Eisenummantelung des Kupferkerns
- Korrosion des Kupferkerns > Totalschaden

### Lötspitzen sind leicht austauschbare und kostengünstige Verbrauchsteile!

Auch bei sorgfältiger Pflege nutzen sich Lötspitzen bei intensivem Gebrauch ab. Dieser Abnutzungsprozess kann allerdings entscheidend verlängert werden.

### Lötspitzen-Aufbau:

- **1. dicker Kern aus massivem Kupfer** sorgt für hohe Wärmeleitung vom elektrischen Heizelement bis in die Spitze
- **2. dünne Eisenschicht** (150 – 450 µm) um den Kupferkern sorgt für ein gute Benetzbarkeit mit dem Lötzinn und ist Verschleißschutz (reduziert aber leider die Wärmeleitfähigkeit - besonders bei „Nadelspitzen“)
- **3. die Benetzungszone** an der Spitze: hier bilden sich intermetallische Verbindungen zwischen der Eisenschicht und der Lot-Legierung  
**Diese kleine Benetzungszone muss immer sauber „verzinkt“ sein!**
- **4. Eine Chromschicht** schützt den oberen nicht benetzbaren Teil der Lötspitze

### Tipps für einen pfleglichen Umgang mit Lötspitzen:

- Die **Temperatur** muss **immer so gering wie möglich** gewählt werden; sie sollte **nicht über 380°** liegen. Wenn keine befriedigenden Ergebnisse erzielt werden, sollte ein leistungsfähigeres Lötgerät zu Einsatz kommen oder/und >
- Die Form der Lötspitze - nadelspitz oder – meißelförmig beeinflusst den Lötvorgang: Dünne Spitzen erleichtern zwar das Löten auf beengten Platinen...  
ABER: Durch die geringe Wärmeübertragung an der „Nadelspitze“ werden oft viel zu hohe Temperaturen gewählt. Diese erhöhen den Verschleiß maßgeblich.  
DESHALB: **Wo immer möglich, sollten meißelförmige Spitzen eingesetzt werden**, welche eine **bessere Wärmeübertragung** ermöglichen.  
Außerdem sollte sich schon **vor dem eigentlichen Lötvorgang etwas flüssiges Lötzinn an der Spitze** befinden: Dies ermöglicht eine bessere Wärmeübertragung zwischen Spitze und Bauteil/Platine und verhindert zudem die Oxidation der Spitze
- Lötgerät nicht „überfordern“ > zu geringe Watt-Zahl, > zu große Materialquerschnitte
- Lötspitzen niemals auf die harte Art mit Schleifpapier/Stahlbürsten etc. „reinigen“
- Lötspitzen **während des Lötens regelmäßig an Messingwolle säubern**
- Nach dem letzten Lötvorgang Spitze sehr sorgfältig reinigen und verzinnen
- Bei verkrusteten / nicht benetzbaren Spitzen zuerst die Verkrustung /Oxidschicht am Metallschwamm entfernen; darauf die heiße Spitze mit „Tip-Aktivator“ benetzen
- Längere Löt-Pausen vermeiden > **Gerät abschalten** > Oxidation & Korrosion

## V: Praktische Tipps

- > **Für sorgfältiges Löten ist ein gut organisierter Arbeitsplatz sehr wichtig:**
  - Alle notwendigen Materialien und Hilfsmittel müssen griffbereit liegen.
  - jede/r Schüler/in sollte an einem eigene Tisch arbeiten, um Erschütterungen zu vermeiden; Tischabstand: 150 cm Rücken an Rücken; 80 cm in Reihe
  - eine gut verzinnte, saubere und ausreichend heiße Lötspitze ist selbstverständlich
  
- > **Nicht löten, bevor nicht eine feste und vor allem erschütterungsfreie Befestigung des Werkstücks sichergestellt ist!** > „Dritte Hand“, Platinenhalter, Zangen, Zwingen. Niemals Bauteile mit der Hand halten > 1. Verbrennungsgefahr 2. durch unvermeidliches „Wackeln“ sind kalte Lötstellen sehr wahrscheinlich.
  
- > Man sollte vor dem Löten des eigentlichen Werkstücks **Testlötungen vornehmen**, um die geeignete Temperatureinstellung bei vorhandenem Lot zu finden.  
Richtwerte: bleihaltige Lote ~ 300° – 330°; **bleifreie Lote ~ 350° - max. 380°**
  
- > **Alle zu verlötenden Teile (Drähte, Bleche) müssen völlig sauber und ohne Oxidschicht und Fettanhaftungen sein.** Empfehlenswert ist eine Vorbehandlung aller Teile mit feiner Stahlwolle bzw. feinem Schleifpapier
  
- > **Kunststoffisolierte Drähte** müssen auf ca. 2 cm Länge mit einer Abisolierzange von der Isolierung befreit werden.
  
- > **Lackisolierte Drähte** müssen auf ca. 2cm Länge mit Schleifpapier abisoliert werden.
  
- > **Drahtlitzen\*** müssen nach dem Abisolieren zuerst fest miteinander verdrillt werden und anschließend verzinnt werden. Erst danach kann die Drahtlitze eingelötet werden.  
\*Litze = elektrischer Leiter aus zahlreichen feinen Einzeldrähten
  
- > **Platinenbestückung** sollte nach Bauteilhöhen vorgenommen werden: Zuerst die flachsten Bauteile verlöten, dann stockwerksartig die nächsthöheren. So fallen die Bauteile nicht heraus, wenn die Platine zum Löten umgedreht und auf die Unterlage gelegt wird. Mögliches Problem: Bauteile werden eventuell falsch eingebaut, da eine Gesamtkontrolle nicht vor dem Löten stattfinden kann. > siehe „Beinchen-Biegen“
  
- > Die „**Beinchen**“ von elektronischen Bauteilen (Drähte) bei der Montage unter der Leiterplatte / Platine leicht biegen, damit sie nicht herausfallen können, wenn die Platine nach der vollständigen Bestückung – und Kontrolle - mit allen Bauteilen umgedreht wird, um die Bauteile mit dem Kupferbahnen auf der Unterseite der Platine zu verlöten.  
Problem: Nicht ganz fachgerecht und kann bei engen Abständen zu Kurzschlüssen führen.
  
- > Ist eine **mehrfache Verwendung von elektronischen Bauteilen** aus Kostengründen geplant, dann sollten die Bauteile mit möglichst langen „Beinchen“ eingelötet werden (Zange, dritte Hand verwenden). So können sie später einfacher / sicherer ausgelötet werden, bzw. die Beinchen können direkt an der Platine abgeschnitten werden.

## VI: - kalte Lötstellen – Entlöten – Maßnahmen bei Verbrennungen

### > **Kalte Lötstelle:**

Eine "kalte Lötstelle" ist eine Lötstelle mit schlechten Kontakteigenschaften und schafft nur eine schlechte oder keine mechanische Verbindung. Gründe für kalte Lötstellen:

- die Leistung des LötKolbens ist zu gering
- **die Spitze wird nicht fest an die zu verbindenden Teile gedrückt** (nicht „streicheln“)
- **Lötzinn wird nur am Lötkoben zugeführt, aber die Kontaktstelle ist noch nicht heiß**
- die Lötstelle wird nach dem Lötvorgang beim Erkalten bewegt > ruhige Hand, keine Hektik!

Eine "kalte Lötstelle" erkennt man bei Bleilöt an ihrem fehlenden Glanz und oft daran, dass sie eine Perlenform hat, sich also kein Meniskus gebildet hat. Bei einer guten Lötstelle bildet das Lötzinn eine Art „Vulkan“.

**Bleifreies Lötzinn hat meist eine matte, stumpfe Oberfläche.** Somit ist eine kalte Lötstelle nicht am fehlenden Glanz zu erkennen!

### > **Entlöten:**

1. Die **Entlötpumpe** wird durch Druck gespannt, **auf die erhitzte und flüssige Lötstelle aufgesetzt** und ausgelöst. Sie erzeugt einen kurzzeitigen Unterdruck bei dem sie das heiße und flüssige Lötzinn nach oben in sich hineinzieht

**Problem:** Beim Auslösen der Pumpe entsteht ein Rückstoß, der die Platine beschädigen kann.

2. Die **Entlötlitze** ist ein feines Drahtgeflecht aus Kupfer, das in erhitztem Zustand flüssiges Lötzinn aufsaugt. Dazu muss man die Entlötlitze zwischen Lötstelle und Lötspitze platzieren.

**Problem:** Entlöt-Vorgang dauert relativ lange.

**Achtung:** Beim Entlöten muss länger Wärme zugeführt werden: empfindliche elektronische Bauteile können kaputt gehen. > Zange zur Wärmeableitung; eher Entlötpumpe verwenden

### **Am LötKolben verbrannt?**

Bei Verbrennung am LötKolben sollte man unmittelbar 1-2 Minuten lang kaltes Wasser über die Brandstelle fließen lassen. Keine Salben o.ä. aufbringen!