



## Lötverfahren

Löten ist das Verbinden von Metallteilen durch eine Metallegierung (das Lot) unter Einfluss von Wärme/Hitze. Die Schmelztemperatur des Lotes liegt unterhalb der anderen zu verbindenden Metalle. Ab der richtigen Temperatur fließt das geschmolzene Lot zwischen die beiden Metallteile. Unter günstigen Voraussetzungen kommt es zwischen dem Lot und den Metallen zu einer festen, dichten, korrosionsbeständigen, strom- und wärmeleitenden Verbindung.

Generell unterscheidet man zwischen Weich- und Hartlöten. Weichlote haben einen Schmelzpunkt unter 450 °C. Hartlote haben einen Schmelzpunkt zwischen 450 °C und 1100 °C. Welches Lötverfahren angewendet wird entscheidet immer der Anwendungszweck.

## Löten in der Elektrotechnik

Das in der Elektrotechnik übliche Lot wird in der Umgangssprache Lötzinn genannt und ist eine Zinn-Blei Legierung deren Schmelzpunkt je nach Legierung zwischen 180 °C und 260 °C liegt. Es handelt sich also um ein Weichlöt Verfahren.

Das Lot ist eine Art Draht, der in seiner Mitte hohl ist. Diese Mitte ist gefüllt mit Kolophonium, ein gelbes bis braunschwarzes Baumharz. Es dient gleichzeitig als Aktivator und Flussmittel.

Als **Aktivator**: Die im Kolophonium enthaltenen organischen Säuren wirken erst bei hohen Temperaturen und beseitigen dünne Oxid-Schichten der beiden zu lötvenden Teile.

Als **Fluss-** oder Fliessmittel: weil das Lötzinn beim Schmelzvorgang mehr klebt als fließt ist Kolophonium nützlich.

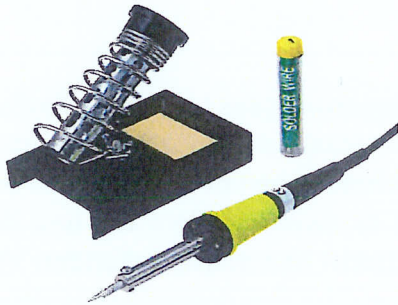


Seit Einführung der RoHS-Richtlinie (EG Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten) geht das Schreckgespenst um, dass bleihaltiges Löten verboten ist. Bleifreies Lötzinn ist nach der RoHS-Richtlinie nur in kommerziellen Geräten vorgeschrieben. Das bedeutet, dass im Privatbereich immer noch mit bleihaltigem Lötzinn gearbeitet werden darf.

Ein bleifreies Lötzinn ist zum Beispiel die Legierung S-Sn99Cu1 mit Zinn und Kupfer. Bei diesem Lot sind die Schmelztemperaturen höher (ab ca 260°C). Um die Fliesseigenschaften zu verbessern ist oft Silber zugesetzt und das verteuert das Lot entsprechend.

## Lötkolben und Lötstation

Der Lötkolben ist das klassische Lötgerät, das zum Löten von gedruckten Schaltungen verwendet wird. Es handelt sich dabei um einen Griff mit einem Kabel auf der einen und einer metallischen Lötspitze auf der anderen Seite. Das Kabel steckt entweder in der Steckdose oder in einer regelbaren Lötstation, bei der die Temperatur der Lötspitze geregelt werden kann und auch als Ablage für den Lötkolben dient. Es gibt auch Lötkolben mit Akku.



LötKolbe mit Halterung



Lötstation mit Temperaturregler

Die Lötspitze ist sehr heiss. Gegenstände, die diese Temperaturen nicht vertragen, werden durch Berührung mit der Lötspitze beschädigt oder zerstört. Vorsicht, es besteht auch Brandgefahr. In Gefahr ist auch die Haut der lötenden Person. Je nachdem wie lange der Kontakt mit der Lötspitze andauert, kann die Haut an der Kontaktstelle dauerhafte oder lebenslange Brandspuren oder Narben aufweisen. Die Umgebungstemperatur der Lötstelle darf nicht unterschätzt werden.

Zinksalbe kann bei leichten Verbrennungen Blasenbildung verhindern und führt zusätzlich dazu, dass die ganze Sache weniger schmerzhaft ist. Wichtig ist, dass die Zinksalbe griffbereit ist. Wer auf Zinksalbe verzichten will, der sollte bei einer Verbrennung reichlich lauwarmes (nie kaltes!) Wasser über die Brandstelle fließen lassen.

## Der Lötvorgang am Beispiel einer Leiterplatte

	<p>Den LötKolben mit <u>leichtem Druck</u> an den Anschlussdraht <u>und</u> die Kupferfläche halten.  <u>Nicht mehr bewegen</u> und 2-3 Sekunden warten [21-22-23 zählen].</p>
	<p>Jetzt den Lötzinndraht dazu halten.          Das Lötzinn muss sofort fließen.          Lötzinn absetzen und nach 1 Sekunde den LötKolben absetzen.          Die Kolophonium-Ader sorgt dafür, dass das flüssige Zinn schnell über die Kupferfläche der Leiterplatte fließt und auch den Draht des Bauteils umschliesst. Damit dies erfolgt muss der Draht sauber sein.          Am Besten werden die Anschlüsse der Bauteile vor dem Einsetzen in die Leiterplatte mit einem kleinen scharfen Messer sauber "gekratzt".</p>





	<p>Der gesamte Lötvorgang sollte nicht länger als 4-5 Sekunden dauern. Weniger ist besser.                  Längere Lötzeiten können zur Zerstörung des Bauteils führen. Eine perfekte Lötstelle sieht wie in nebenstehendem Bild aus. Das Lötzinn ist glänzend, keinesfalls matt. Dies gilt allerdings nur für Bleihaltiges Lot. Beim bleifreien Lot wird die Oberfläche matt.</p>
	<p>Dicker Wulst, eventuell matte Oberfläche.</p> <p>Fehler:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zuviel Zinn dazugegeben,</li> <li>- falsche Temperatur,</li> <li>- unsaubere Bauteil-Anschlüsse.</li> </ul>
	<p>Unsaubere, matte Oberfläche.                  Eine so genannte „kalte Lötstelle“.                  Unter Umständen lässt sich das Bauteil sogar wieder herausziehen.</p> <p>Fehler:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauteil oder LötKolben wurde bewegt,</li> <li>- falsche Lötspitze oder Temperatur,</li> <li>- verschmutzte LötKolbenspitze oder Anschlussdraht.</li> </ul>

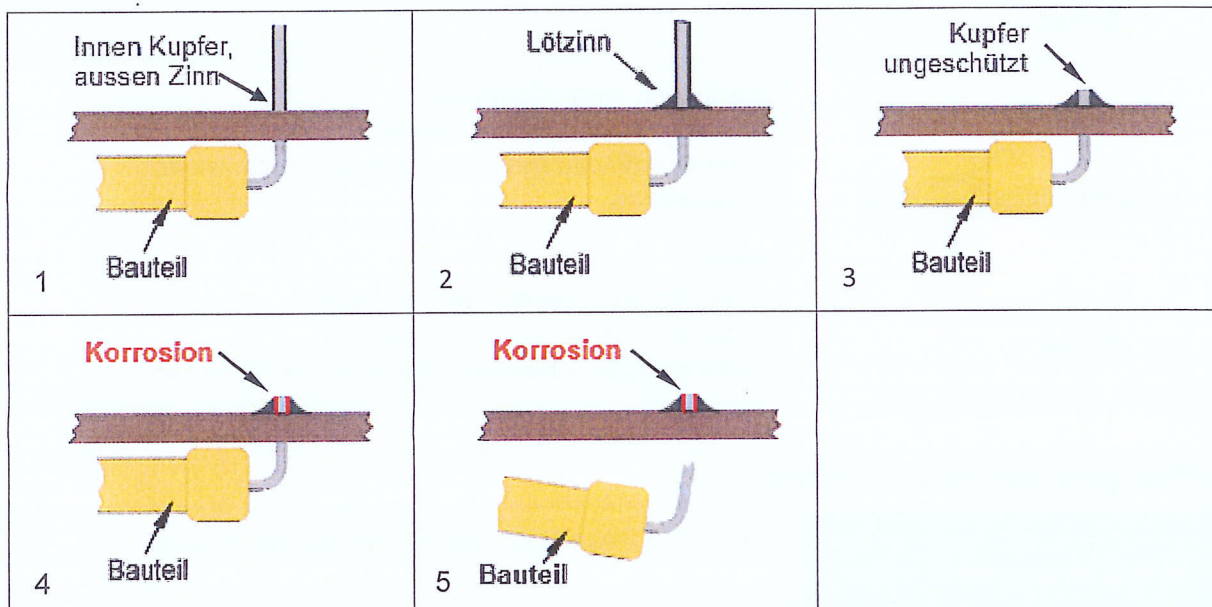
## Lötvorgang bei losen Drähten

	<p>Der Ablauf bleibt genau gleich wie oben beschrieben...</p>
	<p>...nur dass hier die eigenen zwei Hände meistens nicht ausreichen. Wir brauchen als Hilfsmittel also weitere „Hände“.                  Im Bild ein sogenannter „dritter Hand“</p>

## Draht vorher oder nachher abschneiden?

Die Anschlussdrähte der meiste Bauteile besteht zu 95% aus Kupferdraht, aussen herum verzinkt. Wenn nun zuerst der Draht abgeschnitten und anschliessend verlötet wird, so wird der Kupferdraht-Schnittstelle ebenfalls mit Lötzinn verdeckt und so gegen Oxydation/Korrosion geschützt.

Ist der Draht vorher nicht abgeschnitten und wird zuerst verlötet, so besteht die Lötverbindung nur zwischen Leiterbahn und der äussere Zinnschicht des Drahtes. Wird der Draht dann abgeschnitten, so ist die Kupferdraht-Schnittstelle gegen Oxydation/Korrosion ungeschützt. Durch der sauren Atmosphäre (denke an den sauren Regen in unsere Gegend) wird nun der Kupferdraht angegriffen und nach einer gewissen Zeit frisst sich die Korrosion zwischen Kupfer und äussere Zinnschicht durch. Die Löt- und somit die elektrischen Verbindung ist nicht mehr gewährleistet, es treten Störungen auf, die Schaltung funktioniert anschliessend nicht mehr. In viele Fällen können die Bauteile aus dem Print herausgezogen werden.



Ein zweiter Nachteil: wenn viele Bauteile auf dem Print vorhanden sind, kommt man mit dem LötKolbe durch den Wald von herausstehenden Drähte nicht mehr an die Lötstelle heran.

## Typische Anfängerfehler und wie man sie vermeidet:

1. Der Anfänger berührt die Lötstelle nur mit ein winzigen Teil der Lötspitze.

Dabei wird nicht genügend Wärme übertragen.

Der geübte Lötter dagegen hat ein Gefühl für die optimale Wärmeübertragung.

Er legt die Lötspitze so an, dass eine möglichst grosse Berührungsfläche entsteht.

Ausserdem bringt er sehr schnell etwas Lötzinn als Wärmeleiter zwischen Lötspitze und Bauteil.

2. Der Anfänger schmilzt erst etwas Lötzinn und führt es mit einiger Verzögerung zur Lötstelle.

Dabei verdampft das Flussmittel, das Lötzinn liegt frei und bildet eine Oxidschicht.

Der Lötprofi dagegen berührt die Lötstelle immer gleichzeitig mit dem LötKolben und





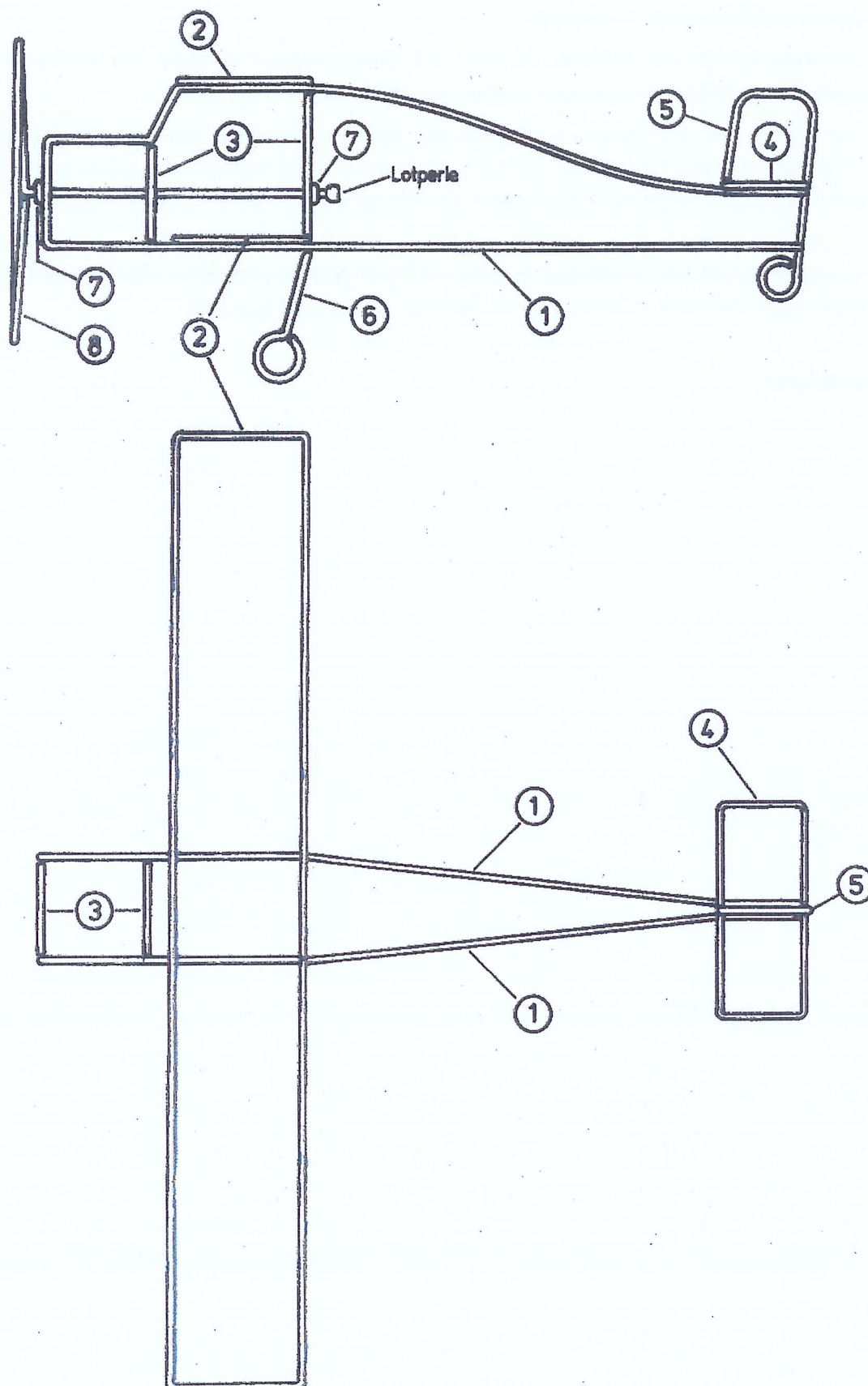
dem Lötzinn. Das Flussmittel ist noch nicht vollständig verdampft, wenn die Lötstelle bereits perfekt umschmolzen ist.

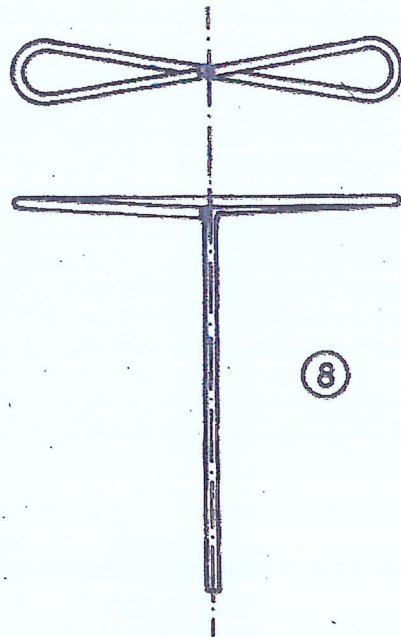
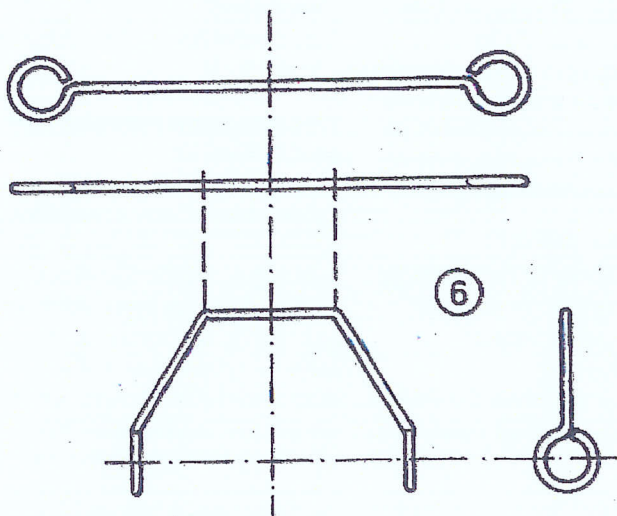
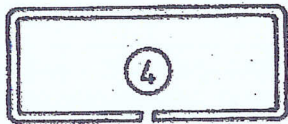
- 3. Der Anfänger ist sich unsicher, ob er zu viel Wärme zuführt. Er zieht den Lötkolben zu schnell weg, legt ihn dann noch einmal an, zieht wieder weg, usw.*

Das Ergebnis ist eine graue, ungleichmässig geformte Lötstelle mit schlecht anliegenden Übergängen, weil die zu verbindenden Metallteile nicht richtig heiss wurden und weil der Vorgang zu lange dauerte, sodass das Kolophonium vorzeitig verdampfte.

Der Meisterlötter dagegen heizt die Lötstelle schnell und kräftig auf und beendet den Vorgang abrupt und endgültig. Er wird mit einer glatten und silber glänzenden Lötzinn-Oberfläche belohnt, in der sich sein zufriedenes Gesicht spiegelt.

## Lötübungen







Basierend auf der EU-Richtlinie 2002/95/EG dürfen ab 1. Juli 2006 fast nur noch bleifreie Lote verwendet werden – dies gilt auch für die Schweiz. Wer heute in neue Löttechnik investiert, muss daher die neuen Anforderungen berücksichtigen.



Der LötKolben WSP 80 von Weller als erprobtes Werkzeug für bleifreies Löten für Produktion/Reparatur. Er eignet sich für den Einsatz in Fertigungslinien bei permanentem Einsatz.

# Bleifrei löten «im Handumdrehen»

Für das bleifreie Löten werden neue Legierungen benötigt, die in der Regel einen höheren Schmelzpunkt haben. So werden hauptsächlich die Legierungen Zinn/Kupfer (227°C), Zinn/Silber (221°C) oder Zinn/Silber/Kupfer (217°C) eingesetzt, wobei auch hier eutektische Verbindungen vorteilhaft sind.

## Besonderheiten bleifreier Lote

Bleifreie Legierungen zeigen eine mattere Oberfläche und sind temperaturempfindlicher. Eine Erhöhung der Lötspitzentemperatur sollte vermieden werden, da auf Grund längerer Abkühlzeiten leicht Mikrorisse in

der Lötstelle entstehen oder das Bauteil durch den thermischen Stress zerstört werden kann.

Beim Löten mit zu hohen Arbeitstemperaturen (> 400 °C) kann es zu schwarzen Belägen an der Lötspitze kommen, die diese unbenetzbar machen und zum vorzeitigen Ausfall führen (verkohltes Flussmittel, oxidiertes Zinn, Zinn-Eisen-Verbindungen).

## Anforderungen an handgeführte Lötwerkzeuge

Arbeiten mit bleifreiem Lot erfordern auf Grund der höheren Schmelztemperatur:

- Werkzeuge mit höherer Leistung und verbesserter Regeleigenschaft

- Werkzeuge mit besserer Wärmeleitfähigkeit, um die Wärme ohne Verluste in die Lötspitze zu bringen
- Möglichst dicke und kurze Lötspitzen. Diese können die benötigte Wärme schnell aus dem Heizelement, meist ohne Erhöhung der Arbeitstemperatur, in die Lötstelle transportieren. Dadurch wird der thermische Stress an Bauteilen/Leiterplatten reduziert und die Lötspitze geschont (Haltbarkeit, Benetzbarkeit)
- Kostenreduktion der Verschleissteile

## Trennung von Heizelement und Lötspitze

Bleifreie Lote führen auf Grund des höheren Zinnanteiles zu schnellerem Verschleiss der Lötspitzen (Iron-leaching). Das Weller-System zeichnet sich durch geringe Verbrauchskosten aus. Durch die Trennung Heizelement/Lötspitze muss nur das Verschleissteil Lötspitze ausgewechselt werden. Die hochwertigen Heizungen oder Sensoren werden weiterverwendet. Die Weller-"LF-" (Led Free)-Lötspitzen haben zudem eine dickere Eisenschicht, um auch bei bleifreiem Löten gute Standzeiten zu erzielen.

## Werkzeuge, die bleifreies Löten erleichtern

Die LötKolben WMP und WSP 80 von Weller lassen sich gradgenau an jede Lötaufgabe anpassen. Die Einstellungen lassen sich ISO-konform prüfen und kalibrieren. Die neue Technologie im Innern verbessert die Wärmeübertragung und die Wirtschaftlichkeit dank der mechanischen Trennung von Spitze und Heizung.



Der besonders kurze Abstand vom Griff zur Spitze macht den Weller-LötKolben WMP sehr ergonomisch.

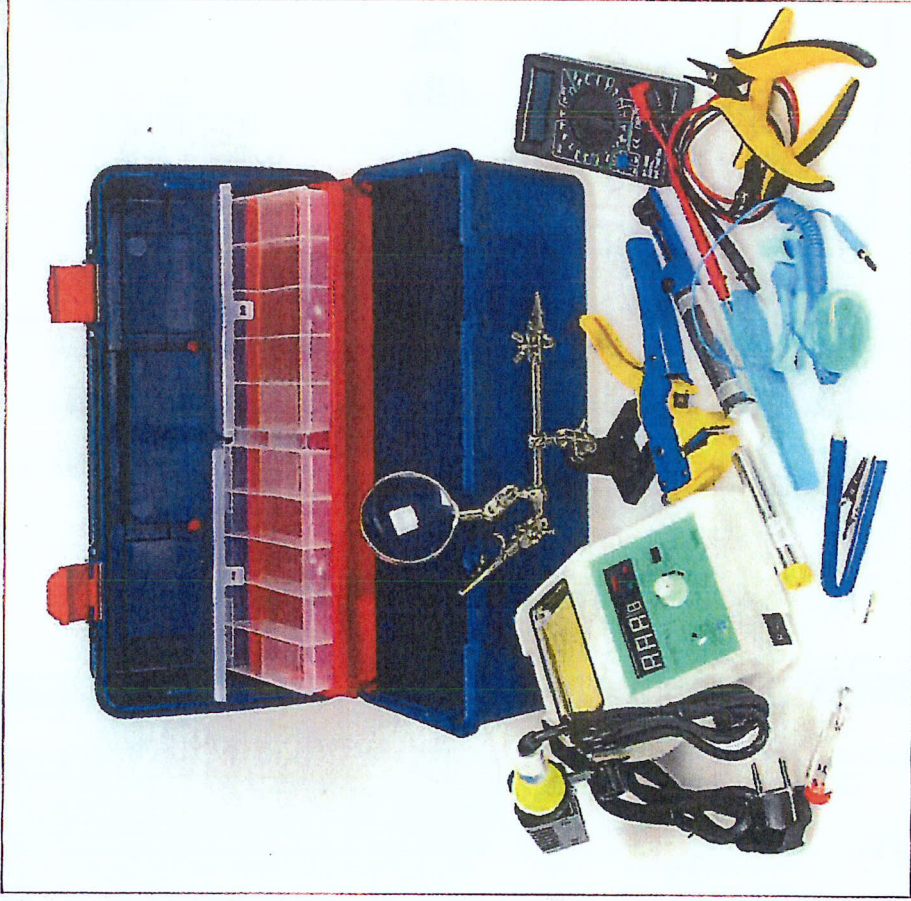
Egli, Fischer & Co. AG Zürich  
01 209 81 11  
ie@efco.ch

Easy 102



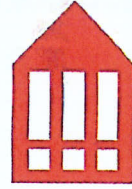
# Elektor Labs Löt-Starterkit

Dieses Löt-Kit bildet die Basis-Ausrüstung für jeden, der sich mit Elektronik näher beschäftigen möchte. Die digitale Lötstation erlaubt eine Temperatureinstellung im Bereich von 160 bis 480 °C. Die Lötspitze ist netzgetrennt, denn der Kolben wird mit 24 V Gleichspannung betrieben. Auf der Station wird sowohl die eingestellte als auch die aktuelle Temperatur der Lötspitze angezeigt. Das Digitalvoltmeter (DVM) DT-830B misst Gleich- und Wechselspannung, Strom und Widerstand.



**Mitgliederpreis: 134,96 €**

**[www.elektor.de/elss](http://www.elektor.de/elss)**



**The Art of Electronics**

Unverzichtbares Nachschlagewerk für Studenten, Forscher und Entwickler

**Elektor Labs Löt-Starterkit**

**Arduino-Bundle**

(Buch + Hardware-Starterkit)

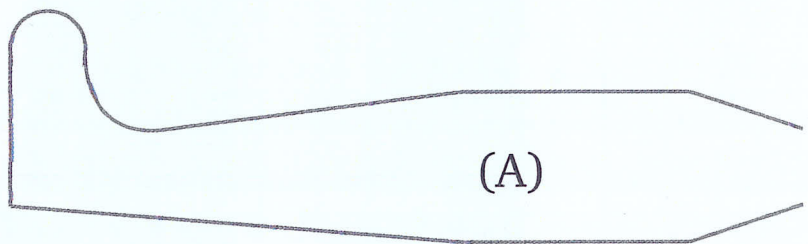
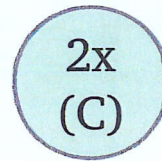


# Lötübung „Doppeldecker“

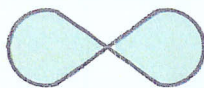
- 21 x 3cm (B)
- 2 x 7cm (C)
- 1 x 8cm (D)

4 x 26cm (A)

Rumpf:



Propeller:



(D)

Fahrwerk:



3x  
(B)

Tragflächen

2x (A)

