



# Bleifrei – was tun? Über die Standzeit von Lötspitzen

Von Volker Munz und Dr. Werner Kruppa

Die Umstellung vom bleihaltigen Löten auf bleifreies Löten beschert uns manche Überraschung. Neben den hohen Schmelzpunkten der bleifreien Lote macht sich die hohe Aggressivität gegenüber metallischen Werkstoffen bemerkbar. Die Anpassung der Lötparameter an die notwendigen Prozessbedingungen für das bleifreie Löten führt häufig zur Degradation von Werkzeugen, die direkt mit dem Lot in Berührung kommen. Dabei spielen neben technischen Problemen auch wirtschaftliche Aspekte eine wesentliche Rolle. Untersucht wurde deshalb die Zerstörung von Lötspitzen beim bleifreien Löten.

## 1. Bleifreie Lote

Für die Umstellung von bleihaltigen Loten auf bleifreie Lote werden bevorzugt Lote auf Zinn-Silber-Kupfer oder Zinn-Kupfer Basis eingesetzt. Wegen der hohen Schmelzpunkte müssen alle Lötparameter bei der Umstellung für Lötprozesse neu ermittelt und eingerichtet werden. Einen wesentlichen Aspekt stellt die Löttemperatur dar. Aus Benetzungsgründen müsste die Temperatur theoretisch um ca. 40°C für gleiche Prozesszeiten angehoben werden. Das ist in der Regel nicht durchführbar, da die zu lötenden Materialien diese hohen Temperaturen nicht vertragen. Auch bei Lötmaschinen und Werkzeugen gibt es immense Probleme, die durch Optimierung der Prozesse reduziert werden können. Speziell beim Kolbenlöten wird durch längere Lötzeiten und höhere Spitzentemperaturen die Standzeit der Spitzen wesentlich verkürzt. Wer viel mit dem Kolben lötet und auf bleifrei umgestiegen ist, hat diese leidvolle Erfahrung machen müssen.

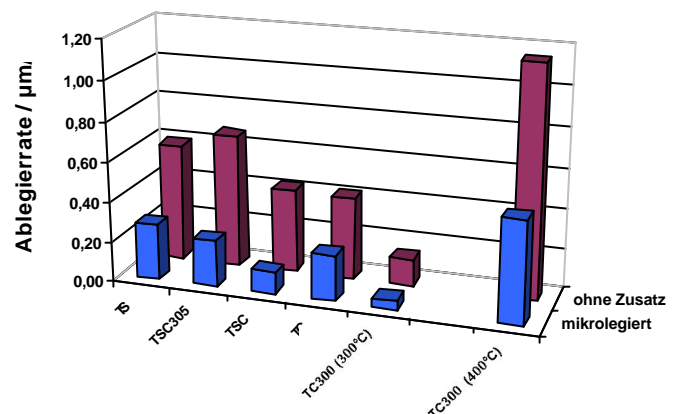
## 2. Neue mikrolegierte Weichlote

In einer Studie wurden Einflüsse von Legierung, Temperatur und Flussmittel auf die Standzeit von Lötspitzen untersucht. Dabei wurden übliche Bleifreilegierungen mit ihren äquivalenten, mikrolegierten Lotlegierungen des Typs FLOWTIN®<sup>1</sup> mit verbesserten Eigenschaften verglichen. Der Vergleich SnCu bzw. SnAg<sub>3,8</sub>Cu<sub>0,7</sub> mit FLOWTIN®<sup>2</sup> TC bzw. FLOWTIN® TSC<sup>3</sup> zeigt, dass die Benetzungskräfte aller Legierungen gleich sind<sup>4</sup>. Somit macht sich die Mikrolegierung auf die praktische Technik des Kolbenlötens nicht bemerkbar. Große Unterschiede gibt es jedoch bei den Ablegierraten, speziell bei der Ablegierrate von Kupfer.

Die Ergebnisse der Ablegierversuche an Cu- Prüflingen sind in der Grafik (siehe **Bild 1**) dargestellt. In langen Versuchsreihen wurde die optimale Zusammensetzung der Mikrozusätze bestimmt. Mit diesen FLOWTIN® Legierungen wird eine starke Verminderung der

Ablegierrate erreicht. Die Ablegierrate ist wie üblich temperaturabhängig und nimmt bei steigender Temperatur exponentiell zu.

Ablegierraten im Vergleich



**Bild 1:** Ablegierraten im Überblick: Hintere Reihe Standardlote, vordere Reihe mikrolegierte Lote FLOWTIN®

Das Verhältnis der Ablegierraten (nicht mikrolegiert / mikrolegiert) bleibt bei anderen Temperaturen gleich. Daher ist es möglich, auch mit bleifreien Legierungen dünne Schichten oder dünnere Kupferkabel zu löten.

## Ablegierung von Eisen

Die Ablegierrate von Eisen (Stahl ST37) in einem ruhenden Lotbad wurde bei 350°C mit 0,37 µm/Stunde bestimmt. Als Testlegierung diente FLOWTIN® TC = das mikrolegierte Sn<sub>99,3</sub>Cu<sub>0,7</sub>. Theoretisch müsste also eine Eisenschicht von 200 µm in ca. 400-500 Stunden abgelegt sein, d.h. sie widersteht der Ablegierung in etwa doppelt so lange wie mit dem nicht mikrolegiertem, bleifreiem Lot Sn<sub>99,3</sub>Cu<sub>0,7</sub>.

## Degradation von Lötspitzen

Jede Lötspitze verschleißt beim Gebrauch. Die Ursachen sind vielfältig und werden hervorgerufen durch:

1. **Kontakt mit flüssigem Lot**
  - metallische Reaktion, Ablegierung
2. **Kontakt mit Flussmittel**
  - chemische Reaktion, Korrosion
3. **Abrieb durch Reinigung und an Lötflächen**
  - mechanische Beschädigung

Die metallische Reaktion und die Ablegiergeschwindigkeit sind abhängig vom verwendeten Lot, von der Spitzenoberfläche und stark abhängig von der Temperatur. Je nach Lotlegierung erhöhen sich die Ablegierraten bei der Umstellung auf bleifreies Löten um das 2-4fache. Da Blei sehr reaktionsträge ist und mit Eisen und Kupfer so gut wie nicht reagiert, ist der hohe Zinngehalt beim bleifreien Löten die wesentliche Komponente, die für die Steigerung der Ablegierrate verantwortlich ist. Die Reaktionsgeschwindigkeit nimmt, wie bei allen chemischen Prozessen, mit steigender Temperatur exponentiell zu. Daher ist die metallische wie auch die chemische Zerstörung von Lötspitzen auch eine Frage der Temperatur.

Mechanische Beschädigungen kommen in der Praxis immer wieder vor, führen aber nicht immer gleich zur Zerstörung. Man darf daher stark abrasive Methoden zur Reinigung, wie Schmirgeln oder gar Feilen nicht anwenden. Die Reinigung der Lötspitzen muss sein, denn nur eine frisch verzinnete Lötspitze ist gut benetzbar und somit für den Lötprozess brauchbar. Oft erst später oder meist auch gar nicht wird entdeckt, dass eine Spitze malträtiert wurde. Die richtige Behandlung von Lötspitzen wurde oftmals beschrieben. Hier wird daher nicht weiter darauf eingegangen.

## 3. Versuche

Um die Einflüsse bleifreier Legierungen sowie deren mikrolegierten Varianten, der Temperatur und des Flussmittels auf Lötspitzen zu testen, wurden Versuche unternommen.

Versuchsaufbau: LötKolben; Cooper Tools, Typ Weller LR82, 80W, HT2-Spitze mit 60µm Eisen  
Lötroboter mit folgendem Programm:

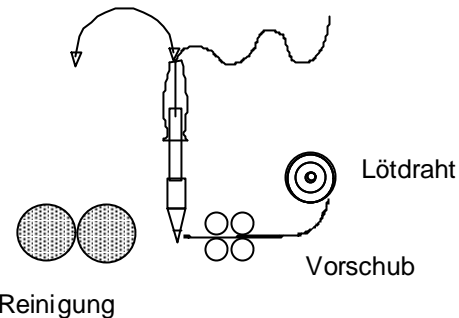
Zinnvorschub 2,4s

Verweilzeit 1 s

Putzzeit 0,2 s

Lötspitzenkontrolle: Inspektion nach jeweils 50 Zyklen

Es wurde die Anzahl der Lötzyklen bis zum Durchbruch festgestellt. Um die Zykluszeiten zu verringern, wurde nur eine Eisenschicht von 60µm Eisen auf den Kupferkern aufgetragen.



**Bild 2:** Versuchslötung, schematischer Testaufbau  
Lötendraht auf Spule 1mm

Legierung	Flussmittel	FG	Versuch
TC	Kristall 400	2,2	A2
	KS115	3,0	X2
FLOWTIN TC	Kristall 400	2,2	A1
	KS115	3,0	X1
TSC263	Kristall 400	2,2	B2
	KS115	3,0	Y2
FLOWTIN TSC263	Kristall 400	2,2	B1
	KS115	3,0	Y1
TSC	Kristall 400	2,2	C2
	KS115	3,0	Z2
FLOWTIN TSC	Kristall 400	2,2	C1
	KS115	3,0	Z1

Bezeichnungen:

TC: Sn99,3Cu0,7

FLOWTIN TC: Sn99,3 Cu0,65 + Mikrozusätze 0,05

Kristall 400: Flussmittel Typ 1.2.3, RELO halogenfrei, karbonsäureaktiviert (F-SW 32)

KS115: Flussmittel Typ 1.2.3, REM1 halogenaktiviert

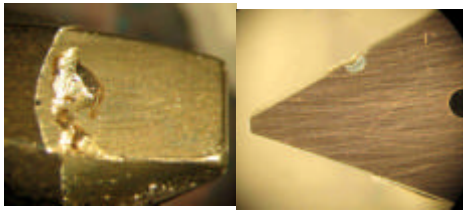
FG: Flussmittelgehalt Gew.-%

## 4. Ergebnisse

Ein typischer Fehler, erzielt mit dem Lötendraht TC Kristall 400, zeigt sich in folgendem Bild (siehe **Bild 3**). Nach 1250 Zyklen hat sich ein Loch auf der Benetzungsseite gebildet. Das Loch ist jedoch nicht auf der Kontaktierungsstelle entstanden. Da das Zinn sich auf der ganzen benetzbaren Oberfläche verteilt, kann der Lochfraß an anderer Stelle stattfinden als dort, wo das Zinn zugeführt wurde.

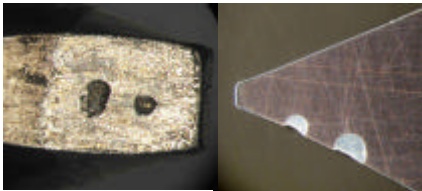
### Allgemeine Fehlerbilder

In fast allen Versuchen war der Lochfraß an der Kontaktzone zur Verchromung zu finden. Wie zu erkennen ist, ist auch die Verchromung leicht angefrassen. Im Schliffbild sieht man, dass das Zinn sein zerstörerisches Werk begonnen hat und den Kupferkern rasch aushöhlt (siehe **Bild 3**).



**Bild 3:** Durchbruch an einer Lötspitze mit leichtem Rückzug der Chromschicht

Es gibt mehrere Möglichkeiten, an der ein Durchbruch des Zinns stattfinden kann: Auf der Benetzungsseite, da wo der Draht abgeschmolzen wird, findet man den Durchbruch unterhalb der Verchromung. Auf der Rückseite kann auch ein Durchbruch stattfinden, da das schmelzflüssige Lot die gesamte benetzbare Oberfläche umspült. (siehe **Bild 4**)

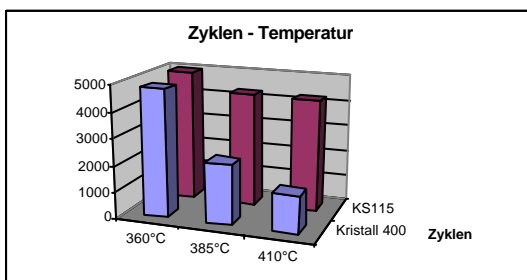


**Bild 4:** Durchbruch gegenüber der Benetzungsseite

Aus den Schlibfbildern lässt sich erkennen, dass die Ablegerung der Eisenschicht relativ konstant ist. In keinem Fall wurde beobachtet, dass der Durchbruch direkt an der Spitze erfolgt.

## Einfluss der Temperatur

Die Zerstörung von Lötspitzen ist stark temperaturabhängig. Je höher die Spitzentemperatur gewählt wird, umso schneller zeigt sich an den Spitzen ein Durchbruch.



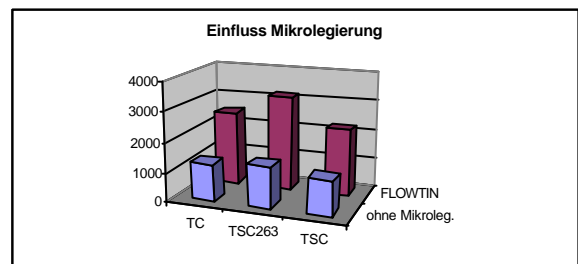
**Diagramm 1:** Degradation der Lötspitzen in Abhängigkeit von der Temperatur

In Diagramm 1 ist die Abhängigkeit der Spitzen-degradation von der Temperatur dargestellt. Dabei wurde die gleiche Legierung, jedoch 2 verschiedene Flussmittel, benutzt. In der vorderen Reihe ist der Abbau mit KRISTALL 400 zu sehen, die hintere Reihe repräsentiert den Abbau mit dem Flussmittel KS115.

Deutlich ist der Einfluss des Flussmittels zu erkennen. Das halogenfreie Flussmittel Kristall 400 hat offenbar bei hohen Temperaturen eine wesentlich höhere Aggressivität und zerstört die Spitze relativ schnell. Dagegen zersetzen sich in dem Flussmittel KS115 offenbar die halogenhaltigen Aktivatoren relativ rasch, so dass die Lötspitzen weit weniger angegriffen werden.

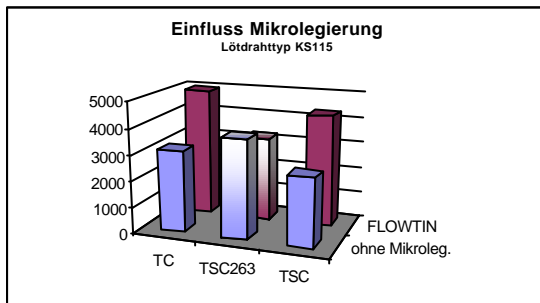
## Einfluss der Lotlegierung

Die verwendete Lotlegierung hat ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf die Degradation. Wie in Diagramm 2 deutlich zu erkennen ist, wird die Anzahl der Lötzyklen in allen drei Fällen deutlich durch die Mikrolegierung erhöht, in der Regel mehr als verdoppelt. Das verwendete Drahtflussmittel ist Kristall 400, die Lötcolbentemperatur betrug 385°C.



**Diagramm 2:** Lötzyklen in Abhängigkeit von der verwendeten Legierung; hintere Reihe ist FLOWTIN® mikrolegiert.

Etwas anders stellt sich das Ablegierverhalten beim verwendeten Flussmittel KS115 dar. Die Anzahl der Lötzyklen ist generell deutlich höher als beim Kristall 400. Auch hier beobachtet man eine deutliche Verbesserung durch die Verwendung der mikrolegierten Variante. Lediglich beim Legierungstyp TSC263 konnte dies nicht gefunden werden. Einen Grund, warum sich diese Kombination anders verhalten sollte, ist nicht ersichtlich und weitere Untersuchungen folgen um zu klären, ob hier ein anderer, nicht berücksichtigter Einfluss eine Rolle spielte.



**Diagramm 3:** Standzeit erhöht mit Flussmittel KS115 und FLOWTIN®-Lot, TSC263 ist atypisch und muss näher untersucht werden.

Deutlich ist der Einfluss der Mikrolegierungszusätze zu erkennen. So ergeben sich wesentliche Vorteile beim Kolben- und Automatenlöten. Neben der Legierung hat das verwendete Flussmittel einen Einfluss auf die Ablegerung und somit auf die Haltbarkeit der Spitzen. Der Einsatz von Flussmittel mit hohem Harzgehalt bildet den besten Schutz. Beide Effekte lassen sich kombinieren, so dass der Verschleiß erheblich minimiert wird.

## 5. Zusammenfassung

Neue bleifreie Legierungen auf SnAg-, SnCu- und SnAgCu-Basis des Typs FLOWTIN® wurden als Lötdraht getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass mikrolegierte Lote des Typs FLOWTIN® vorteilhaft einsetzbar sind. Cobalt mit anderen Eisenmetallen und Seltenen Erden ist als Mikrolegierungszusatz am besten geeignet. Durch diese Kombination wird die Gesamtdotierung so gering wie möglich gehalten (<500 ppm). **Durch die geringe Dotierung werden die physikalischen Eigenschaften der Hauptlegierung nicht verändert.**

Vorteile ergeben sich in den verminderten Ablegeraten. Sie ermöglichen das Löten von dünnen Leiterbahnen und Drähten. Mehrfachlötungen sind besser durchführbar, insbesondere wirkt sich das beim Hochtemperaturlöten aus. Die beschriebenen mikrolegierten Lote wirken materialschonend, Geräte und Material werden nicht so stark angegriffen und durch Lochfraß zerstört. Vorteile, die mit den üblichen bleifreien Loten nicht erreicht werden können.

Durch die Kombination von mikrolegiertem FLOWTIN® - Lot mit Flussmitteln wie KS115 bzw. KS110 können die Standzeiten von Lötspitzen erheblich verlängert werden. Wo ein guter Wärmeübergang benötigt wird und eine dicke Eisenauflage auf dem Kupferkern der Lötspitze stört, können wieder Spitzen mit einer normalen Eisen-Schichtstärke Verwendung finden. Eventuell ist dies ein kleiner Beitrag zur Kostensenkung.

Die Versuche zur Degradation von Lötspitzen wurden bei Cooper Tools GmbH, Besigheim durchgeführt. FLOWTIN® Lötdrähte wurden von Stannol GmbH gefertigt und für Versuche bereitgestellt.

## 6. Literatur

- <sup>1</sup> Patent angemeldet EP05022322.1
- <sup>2</sup> FLOWTIN® eingetragenes Warenzeichen der Fa. Stannol GmbH
- <sup>3</sup> Die Bezeichnungen TC und TSC sind spezifische Kürzel für bleifreie Legierungen und äquivalent mit SC und SAC
- <sup>4</sup> Kruppa, Mikrolegierte Lote, Beitrag DVS/GMM-Tagung 2006

Volker Munz ist Leiter der Entwicklungsabteilung, Technical Service bei Cooper Tools GmbH, Besigheim  
Dr. Werner Kruppa ist Leiter der Abteilung Forschung/Entwicklung bei Stannol GmbH, Wuppertal