Günter R.J. Kullik TBK

Prozessgasreinigung an Handlötplätzen beim Löten mit bleifreien Loten

Einleitung

Beim Handlöten in der Elektroindustrie entstehen Lötrauch und Prozessgase, die die Gesundheit schädigen können - schon immer! Häufig werden diese Gase nicht vom Arbeitsplatz entfernt, sondern werden nur von dem Ort der Entstehung abgesaugt und auf der Rückseite des „Filters“ ausgeblasen, nach dem Prinzip: „Was geht mich der Nachbar an?“ Es ist bekannt, dass Lötrauch die verschiedensten Risiken birgt – schon immer! aber nach der Einführung von bleifreien Loten ist das Risiko einer Schädigung sprunghaft angestiegen. Die Ursachen sind aufzudecken, zu erklären und ein Weg zur Vermeidung und zur sicheren Beseitigung und Reinigung von Prozessgas und Lötrauch soll aufgezeigt werden.

1. Prinzip Handlöten

Obwohl das Löten seit vielen Jahrtausenden angewendet wird, waren die ersten Anwendungen eher künstlerischer Natur. Das Wissen und die Kunstfertigkeit, aus den zur Verfügung stehenden Metallen Silber, Gold und Kupfer geeignete Legierungen und Verbindungen herzustellen ist sehr alt und kann durch Funde wunderschöner Schmuckstücke, Prunkrüstungen und Waffen belegt werden .

Löten ist ein thermisches Verfahren zum Verbinden von metallischen Werkstoffen, wobei ein Lot, zunächst in einer flüssigen Phase, die beteiligten und zu verbindenden, aber nicht geschmolzenen Elemente umschließt und an den Grenzflächen im Verlauf der Abkühlung und der Erstarrung (Rekristallisation) eine Zone eines Mischkristalls entsteht. An diesem Prozess können Flussmittel und Schutzgas beteiligt sein. Die Verbindung gilt als nicht lösbar [1]

Weichlöten ist kein physikalischer, sondern ein chemischer Vorgang. Das flüssige Lot löst die festen Füge-Partner an und durch Diffusion findet eine Mischung statt, die beim Erstarren des Lotes zur Legierungsbildung führt [2].

Löten ist eine Verbindungstechnik und steht neben dem Schweißen und dem Kleben oder etlichen anderen Möglichkeiten wie Einpressen, Aufschrumpfen, Nieten, oder Bördeln zur Verfügung. Löten ist im Fertigungsbereich der Elektrotechnik die wichtigste Verbindungstechnik. [3]

Für die Einteilung der Lötverfahren ist die Schmelztemperatur (Liquidustemperatur) der Lote entscheidend. Bis zu einer Liquidustemperatur von 450°C reicht das hier diskutierte Weichlöten, ab 450°C sprechen wir vom Hartlöten und ab einer Liquidustemperatur über 900°C beginnt der Bereich des Hochtemperaturlötens.

2. Lote

Zu dem sehr alten Wissen um die Zusammensetzung der Lote und die Auswahl geeigneter Metalle gehört die Entwicklung der eutektischen Legierungen; ein Begriff aus dem Griechischen der „gut schmelzbar“ bedeutet. Die beteiligten Metalle Zinn und Blei in einem Mischungsverhältnis von 62%Sn und 38%Pb bilden ein solches Eutektikum. Diese Legierung hat die Eigenschaft, dass Liquidustemperatur, und Erstarrungstemperatur (Solidustemperatur) zusammenfallen. Die mit diesem Lot erzeugten Lötstellen haben eine glänzende Oberfläche und erweisen sich als zuverlässige Verbindungen. Durch die Zugabe geringer Mengen weiterer Metalle, zum Beispiel Kupfer (Cu), Silber (Ag), oder Nickel (Ni) werden vorteilhafte Eigenschaften, wie niedrigere Schmelztemperaturen, höhere Festigkeiten oder verbesserte Korrosionsbeständigkeit erreicht.

Es ist aber nicht allein die Wahl des Lotes, das die Qualität einer Lötverbindung beeinflusst. Auch die Vorbereitung der Werkstücke, die miteinander verbunden werden sollen, muss sorgfältig durchgeführt werden. Als Hilfsmaßnahme zur besseren Vorbereitung einer Lötstelle, wurden die verschiedensten Hilfsmittel entwickelt und erfolgreich eingesetzt. Eine wichtige Voraussetzung ist eine, im Bereich der Verbindungsstellen saubere und vor allem oxydfreie Oberfläche.

3. Flussmittel

Als Hilfsmittel, um die metallischen Oberflächen der zukünftigen Lötstelle vom Oxid zu befreien, sind die verschiedensten organischen Säuren, Amine und Hydrazin eingesetzt worden, häufig in Verbindung mit Lösemitteln oder Aktivatoren. Als besonders gut geeignet haben sich natürliche Harze in der Form von Kolophonium bewährt. Kolophonium wird aus dem Baumharz verschiedener Nadelhölzer gewonnen. Zu Beginn der Handlöterei an den alten „Dampfradios" hatte man einen Kolophoniumblock auf dem Arbeitsplatz und schmolz die heiße Lötkolbenspitze kurz in den Block. Es waren aber auch schon „Lötwasser" aus Kolophonium bekannt, die mit einem Lösungsmittel aufbereitet waren, Unter dem Sammelbegriff Flussmittel oder auch Fluxe werden heute natürliche oder auch künstliche Harze in unterschiedlichen Rezepturen angewendet und mit einer, dem Lötgut angepassten Aggressivität eingesetzt. Das Harz ist dabei durch die Mischung mit einem Lösungsmittel von einer halbflüssigen bis pastenförmigen Konsistenz. Beim Handlöten erfolgt die Zuführung des Flussmittels heute in aller Regel gleichzeitig mit der Zuführung des Lotes. Das Lot hat die Form eines hohlen Drahtes und trägt im Inneren Nester, Blasen oder Kammern, in denen das Flussmittel als Seele eingebettet ist. Wird das Lot erhitzt, so wird auch das Flussmittel frei, schmilzt, umhüllt die Lötstelle und reinigt im kochenden Zustand die Fügezone von anhaftendem Oxid.

4. Bleifrei

In diesem uralten Rezept der eutektischen Legierung kam das giftige Schwermetall Blei zum Einsatz. Der Anteil der Elektroindustrie am gesamten weltweiten Bleiverbrauch ist zwar recht bescheiden, wurde aber ab Juli 2006 verboten. Blei darf unter Anderem eben auch nicht mehr zum Löten verwendet werden. Das Blei eine gesundheitliche Gefahrenquelle während des Lötvorganges war, ist von untergeordneter Bedeutung, weil beim Weich-Löten nur die Schmelztemperatur erreicht wird, diese Temperatur aber noch weit von einer Verdampfung des Bleis entfernt ist. Die befürchtete gesundheitliche Schädigung entsteht eher durch die Berührung der bleihaltigen Oberflächen von elektronischen Bauteilen und Lötpunkten auf den Leiterplatten. Als bisher geltende Schutzmaßnahme ist der Verzehr von Speisen im Löt- Arbeitsbereich deshalb auch verboten. Aber Blei in den sich häufenden Abfällen von elektronischen Geräten wurde als hohe Gefahrenquelle für die Umwelt eingestuft.

Die Folgen, die sich aus dem Verbot des Bleis und etlicher anderer „die Umwelt belastender Stoffe" (ROHS: Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment) ergeben, haben einen wesentlichen Einfluss auf die bisher stabilen und erprobten Lötverfahren und auch in negativer Weise auf die Gesundheit der Menschen, die mit Lötaufgaben betraut werden. Der Lötprozess musste verändert werden. Die zusätzlichen Nebenwirkungen müssen eingeschränkt oder eliminiert werden.

Das Prozessfenster für die Entstehung einer zuverlässigen Lötverbindung ist enger geworden. Als wesentlichste Folge haben die Legierungen, die jetzt zum Löten eingesetzt werden, eine nennenswert höhere Schmelztemperatur. Sie machen den Einsatz größerer Mengen und dabei auch sehr aggressiver Flussmittel erforderlich.

Zum Vergleich der Schmelztemperaturen der Lote folgende Tabelle:

Bisherige bleihaltige Lote :	Legierung		Schmelzpunkt
	Zinn Blei	Sn63Pb	183°C
	Zinn Blei Silber	SnPb36Ag2	179°C
Neue bleifreie Lote	Zinn Silber Kupfer	Sn95,5Ag3,8Cu0,7	217°C
	Zinn Kupfer	Sn99,3Cu0,7	227°C
	Zinn Kupfer Nickel	Sn99,2Cu0,7Ni0,1	227°C
	Zinn Silber	Sn96,5Ag3,5	221°C

Die Schmelztemperaturen, die erreicht werden müssen, sind bei den bleifreien Loten deutlich höher. Das bedeutet, dass erstens die Umgebung der Lötstellen zwangsläufig stärker erhitzt wird und zweitens die Lötkolben, die für den Handlötprozess erforderlich sind, mit einer höheren Leistung, zumindest aber mit einer besseren Effizienz und einer genaueren Temperaturregelung ausgerüstet werden müssen.

5. Löttemperaturen

Beim Handlöten wird der Lötstelle und dem Lot soviel Energie in Form von Wärme zugeführt, bis die Schmelztemperatur des Lotes erreicht wird und das flüssige Lot aufgrund seiner Oberflächenspannung die Lötstelle und die beteiligten Anschlüsse der Bauteile umschlossen hat. Die Zeit für die Übertragung der Wärme ist von dem angewandten Temperaturgefälle abhängig. Wenn industriell, das heißt schnell und zuverlässig gearbeitet werden soll, muss ein möglichst hohes Temperaturgefälle gewählt werden. Üblich sind Löttemperaturen von ungefähr 100K über dem Schmelzpunkt der Lote. Anhand der Tabelle sehen wir, dass zumindest Temperaturen von 330°C bis 350°C an der Lötspitze des Lötkolbens erreicht werden müssen. Diesen Überlegungen sind jedoch Grenzen gesetzt. Gleichzeitig mit dem Lot werden ja auch die übrigen beteiligten Füge-Partner mit diesen Temperaturen beaufschlagt. Als allgemein schädlich beim Lötprozess werden Temperaturen oberhalb von 380°C bis 400°C angesehen. Die Folgen einer hohen oder zu hohen Löttemperatur sind die Entstehung von gesundheitsschädlichen Prozessgasen aus der Verbrennung von Flussmitteln und der Verdampfung von Lösungsmitteln. Auf die Lösungsmittel und den rapiden Anstieg des Verschleißes von Lötspitzen (Abb. 1) wird noch eingegangen. Erhöhte Temperaturen im Lötprozess werden aber häufig nicht bewusst oder gewollt eingestellt, sondern sind eine Folge veralteter Lötgeräte, die in ihrer Regelcharakteristik und in den konstruktiven Möglichkeiten nicht mehr für die Anwendung mit bleifreien Loten geeignet sind. Lötkolben müssen physikalisch und konstruktiv an die neuen Anforderungen angepasst sein.

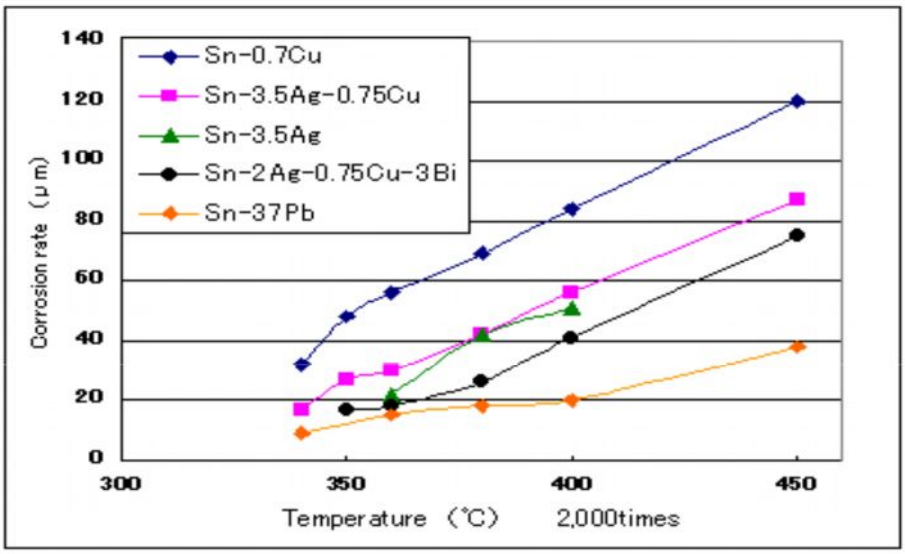


Abb. 1 : Korrosionsrate verschiedener Pb-freier Lote im Vergleich zum Sn63Pb37 Standardlot in Abhängigkeit von der Löttemperatur nach 2000 Lötzyklen. (Quelle HAKKO)

6. Lötwerkzeuge

Ein Lötkolben ist ein schlichtes elektrisches Handgerät, das weithin zum Löten verwendet wird. Die Verbindungs- oder Fügemethode, bei der man einem Lötkolben verwendet, wird als Handlöten bezeichnet. Dabei wird die Wärme der Lötspitze auf die Lötstelle übertragen, das zugeführte Lötzinn schmilzt und in Gegenwart eines Flussmittels entsteht eine Lötstelle. Nach dem Erkalten und nachdem das erstarrte Lot wieder auskristallisiert ist, hält die Lötstelle die beteiligten Füge-Partner mechanisch fest und verbindet sie elektrisch leitend. [3]
Die elektrischen Lötkolben, die in der Elektroindustrie eingesetzt werden, bestehen aus den folgenden drei Hauptbestandteilen: der Lötspitze, einem Heizelement und einem Temperaturfühler, der die Temperatur an der Lötspitze misst und den Temperaturregler in der Lötstation führt. Die Qualität einer Lötung, die mit einem Handlötkolben erzeugt werden kann, ist im hohen Maße von der Lotlegierung und von den Eigenschaften des angewandten Flussmittels abhängig, vor allem aber von der Konstruktion des Lötkolbens selber. Zur Herstellung der Lötspitze wird reines Kupfer oder eine Legierung mit einem möglichst hohen Wärmeleitwert verwendet. Der Bereich der Lötspitze, der das Lot berührt, wird mit einer Eisenschicht (Abb. 2) überzogen. Eisen bildet mit dem im Lot vorhandenen Zinn weit weniger als Kupfer eine intermetallische Phase, die angelöst und während des Lötvorganges abgetragen

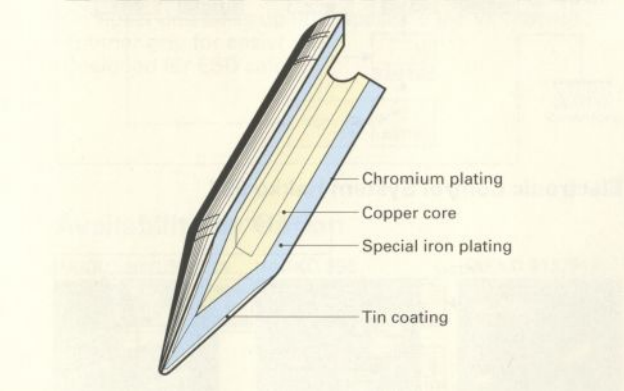


Abb. 2 Schichtaufbau einer Lötspitze. (Werkfoto HAKKO)

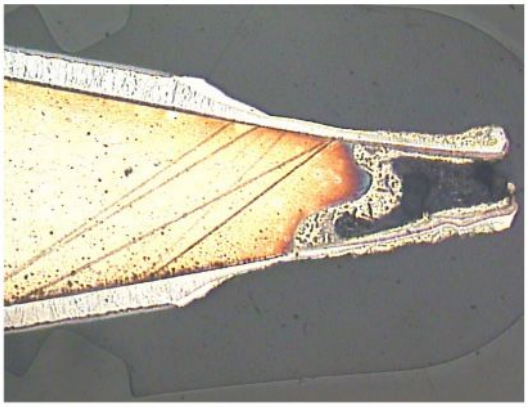


Abb. 3 Lötspitze, Kupfer erodiert durch bleifreies Lot. (Quelle ZAVT)

Von den Eigenschaften, die einen guten Lötkolben auszeichnen, sind in dem hier diskutierten Zusammenhang, folgende Eigenschaften unerlässlich: Die Lötspitze muss eine möglichst große Wärmekapazität haben, um den Temperaturabfall, der durch den Entzug der Schmelzenergie für das Lot zu beobachten ist, gering zu halten. Der Wärmewiderstand zwischen den beteiligten Konstruktionselemente Heizung, Temperaturfühler und Lötspitze muss so niedrig wie möglich sein. Nur dadurch ist gewährleistet, dass genügend Wärme in der erforderlichen Zeit nachfließen kann und ohne Verzug zum Löten zur Verfügung steht. Andererseits muss der Regel- Algorithmus für die Lötspitzentemperatur die zu erwärmende Lötspitzenmasse und die Temperaturdifferenz zwischen dem Ort der Messung innerhalb der Lötspitze und der Arbeitsfläche der Lötspitze ausgleichen. In den heute bekannten Konstruktionen guter Lötkolben und Lötsysteme sind alle isolierenden Luftschichten zwischen den beteiligten Elementen Heizung, Temperatursensor und der eigentlichen Lötspitze vermieden.
[4] Die Leistung der Lötstation muss für eine effektive Heizung des Lötkolbens mit ausreichender Energie ausgestattet sein. Lötstationen, die sich dabei einer sehr kurzen Aufheizzeit rühmen, könnten leicht zu dem unerwünschten Überschwingen der Lötspitzentemperatur von einigen -zig Grad führen. (Abb. 4)

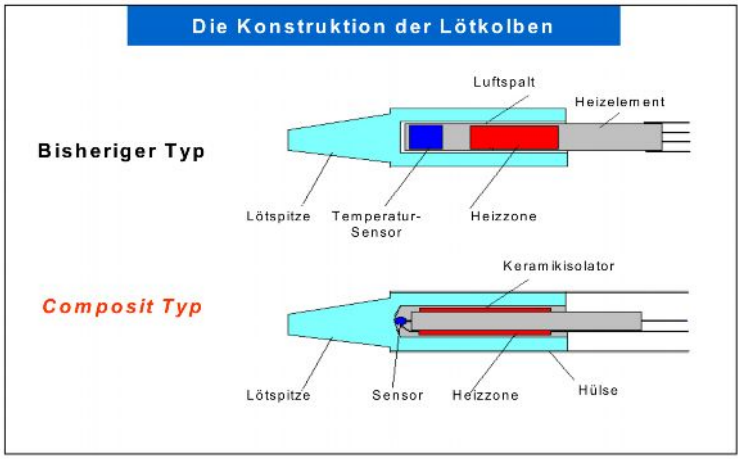


Abb. 4: Die Konstruktion einer aktiven Lötspitze ohne Luftspalt und mit einer engen thermischen Bindung der beteiligten Elemente. (Quelle TBK/ HAKKO)

Die Energiereserven dieser modernen Lötstationen verleiten aber auch den Anwender dazu, mit Temperaturen oberhalb der empfohlenen Grenzen zu arbeiten. Vordergründig erlaubt diese Methode eine schnellere Abfolge einzelner Lötarbeiten - geübte Personen beherrschen erhöhte Temperaturen an der Lötstelle auch – aber eben nur solange die Arbeit mit hunderdprozentiger Aufmerksamkeit und ohne Lücke in der Beobachtung der entstehenden Lötstelle vonstatten geht. Die Gefahr besteht darin,

dass eine einzige unaufmerksam gelötete Lötstelle die Qualität eines ganzen Produktes in Frage stellt. Viel wichtiger sind aber die negativen Folgen für die Gesundheit des Anwenders: Bei erhöhten Temperaturen, die aus der Notwendigkeit bei bleifreien Loten oder willentlich aus vordergründigen Vorteilen eingestellt wurden, werden wesentlich größere Mengen von Flussmittel verdampft und verbrannt. (Abb. 5)

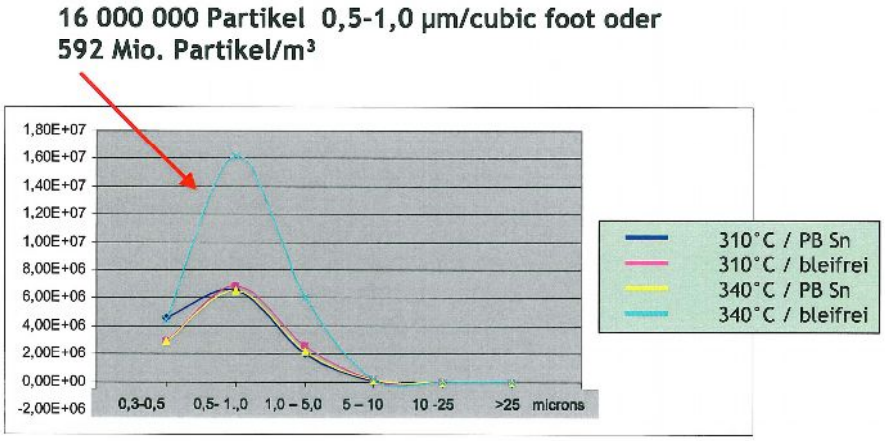


Abb. 5: Die Anzahl der Partikel steigt bei der Anwendung von bleifreien Loten. (Quelle FILTRONIC)

Vorsichtsmaßnahmen, die an guten modernen Lötgeräten getroffen wurden, erlauben deswegen, dass die Löttemperatur nur von Aufsichtspersonen eingestellt oder verändert werden kann. Eine einfache und wirkungsvolle Maßnahme ist ein abziehbarer Schlüssel in der Lötstation , nur bei Anwesenheit des Schlüssels sind Veränderungen bei den wichtigsten Parametern des Lötprozesses möglich. [5]

7. Gesundheitsrisiken

Welche Wirkungen haben diese Prozessgase auf die Löterinnen oder Löter, die einen ganzen Tag lang diesem Prozessgas ausgesetzt sind und es einatmen ?

Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen und trotz aller guten Ratschläge entstehen bei Temperaturen zwischen 280°C und 400°C (oder bei großer Unvernunft bei noch höheren Temperaturen) während des Handlötprozesses Aerosole, Schwebeteilchen und giftige Verbindungen, verursacht allein durch die Zufuhr von Wärme.

Die erhitzten Flussmittel gehen als Aerosol und Partikel in die Prozessluft. Die Flussmitteldämpfe können zu einer Sensibilisierung der Haut und der Atemwege führen. Doch die Gefahr besteht nicht alleine durch das verdampfte Kolophonium. Die Zersetzungsprodukte, die bei der Erhitzung und Verbrennung entstehen, sind Aldehyde und diese könnten krebserregende Stoffe sein. [6]

Im Falle von Acetaldehyd und Formaldehyd besteht ein begründeter Verdacht auf ein krebserzeugendes Potential mit der Klassifikation (K 3).

Viel gefährlicher sind jedoch die häufig beteiligten Polyuretane, (PUR) in dem Trägermaterial von gedruckten Schaltungen, in Schutzlacken, als Bestandteil in beteiligten Bauteilen, als Beschichtung oder Kunststoffisolation oder aus Resten von Klebstoffen. Diese geben nach der Erhitzung als Zersetzungsprodukte giftige Isocyanate an die Umgebung ab. Isocyanate entstehen schon, sobald Polyurethan auf oder über 160°C erhitzt wird. Die Grenzwerte für Isocyanate sind sehr niedrig: MAK Wert 0,01 ppm (in Schweden 40µg/m³). In dieser geringen, aber schon gefährlichen Konzentration sind Isocyanate nicht wahrnehmbar und erst seit Kurzem überhaupt messbar.

Einige Isocyanate:	
TDI	Toluylendiisocyanat
MDI	Diphenylmethandiisocyanat
HDI	Hexamethylendiisocyanat

NDI	Naphtylen- diisocyanat

Diese Stoffe können über die Atemwege in den Körper gelangen und sich, je nach der Größe der Moleküle, in unterschiedlichen Bereichen des Körpers ablagern. Selbst wenn die Grenzwerte für jeden der schädigenden Stoffe eingehalten sind, können dennoch Kombinationen verschiedener Stoffe Schädigungen hervorrufen (Abb. 6).

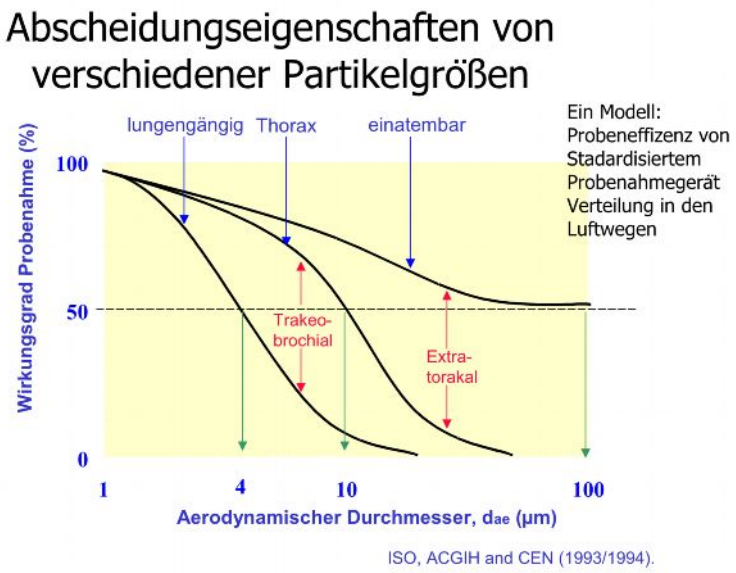


Abb. 6: Verteilung der eingeatmeten Partikel unterschiedlicher Größen bei der Anlagerung in den Atemwegen. (Quelle FILTRONIC)

Die Liste der möglichen gesundheitlichen Schäden, die im Zusammenhang mit der Prozessluft beim Handlöten auftreten können, ist lang:

Reizung der Luftwege
Berufsbedingtes Asthma
Chronische Bronchitis
Hautallergien
Reizung der Augen
Nasenbluten
Kopfschmerzen.

Gesundheitliche Schäden können spontan oder erst nach Monaten oder Jahren auftreten und sind dann häufig nicht mehr zuzuordnen.

8. Technische Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeiter

Im Bereich der technischen Möglichkeiten wurde bereits die erzwungene Einhaltung der Obergrenze der Löttemperatur erwähnt. Ein einfacher Schlüssel oder eine Schlüsselkarte erlaubt nur der Aufsichtsperson die Einstellung der Löttemperatur. Schon mit der Regelqualität einer modernen Lötstation kann das Gefahrenpotential verringert werden.

Die sorgfältige Einhaltung der Löttemperaturen und die Vermeidung von Überschwingen der Temperatur sind weitere technische Vorkehrungen, um die Entstehung von Schadstoffen während des Lötens zu begrenzen (Abb. 7).

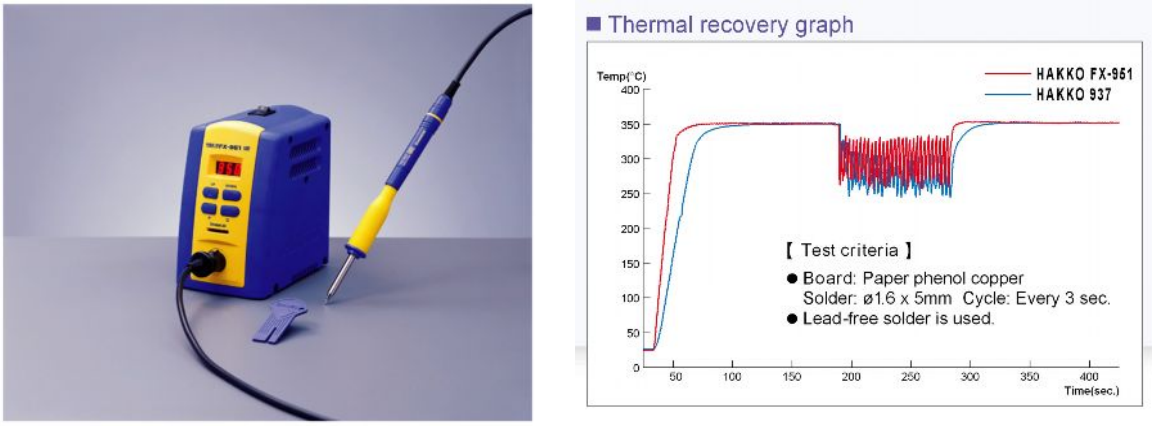
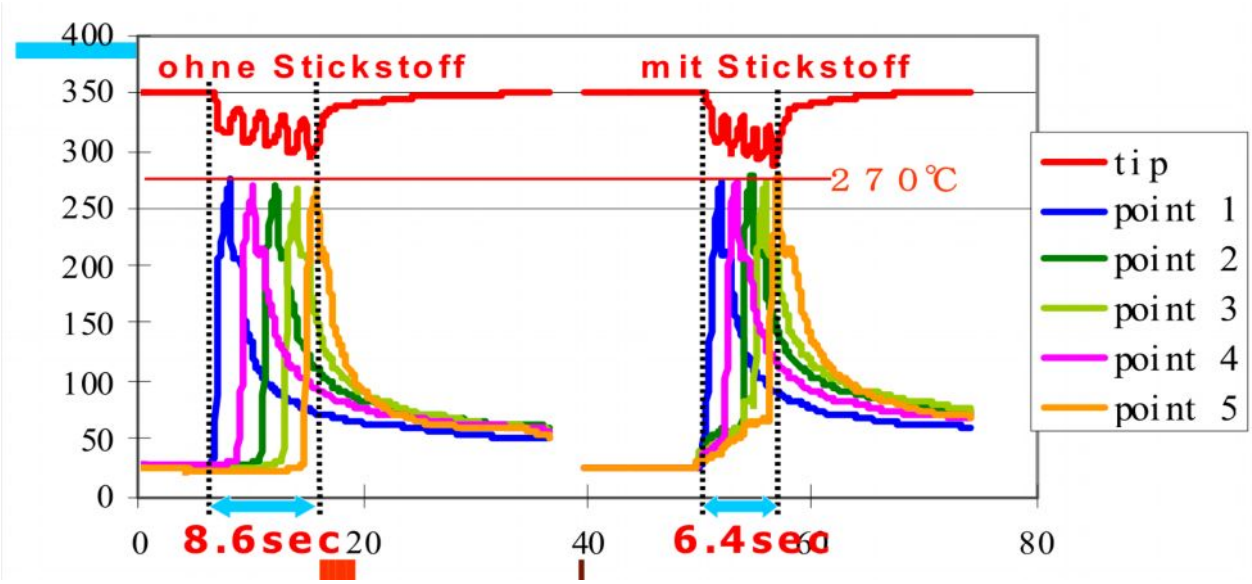


Abb. 7: Lötstationen mit einer stabilen Regelcharakteristik vermeiden während des Hochheizens ein Überschwingen der Temperatur und begrenzen dadurch die Verbrennung der Flussmittel oder die Schädigung des Lötgutes. (Quelle Foto und Diagramm HAKKO)

Einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der Löttemperaturen hat auch die Einführung von Stickstoff am Handlötplatz geleistet. Bei diesen neuartigen Lötkolben wird als Schutzgas ein stetiger Strom von Stickstoff über den Heizkörper geleitet. Das erwärmte Gas tritt durch eine ringförmige Düse um die eigentliche Lötspitze herum mit einer Temperatur von ungefähr 200°C bis 240°C aus (Abb. 8).

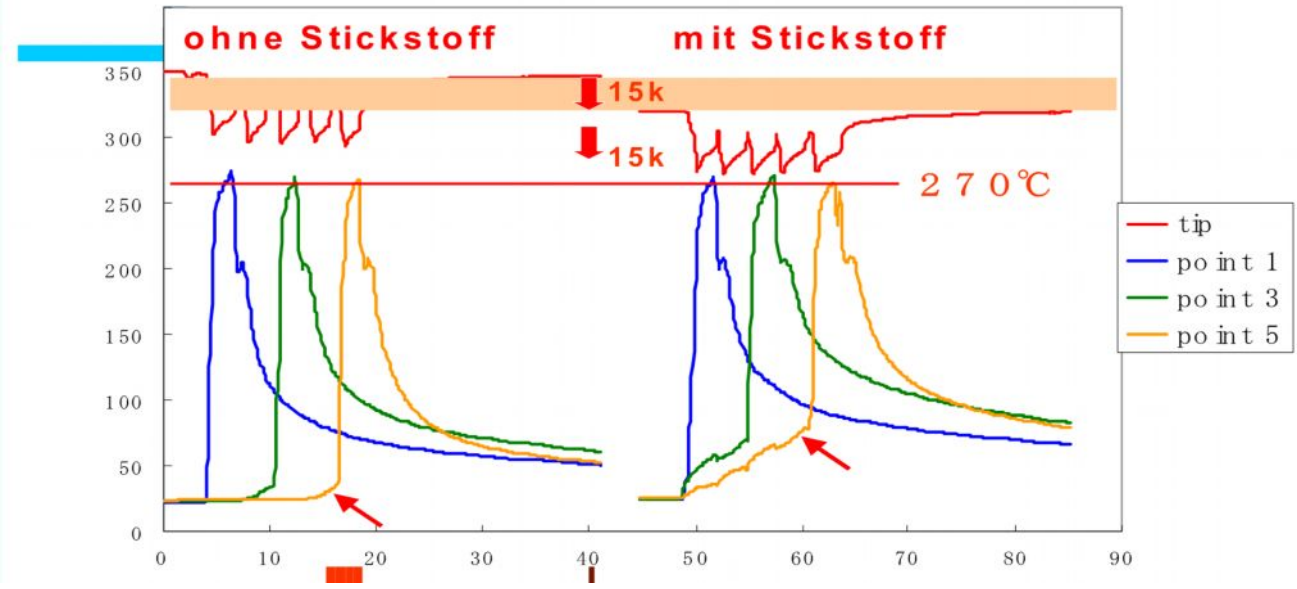
Abb. 8: Ringdüse um die Lötspitze - Austrittstelle für den heißen Stickstoff. (Quelle TBK)

Dieser Heißgasstrom erwärmt die Lötstelle noch vor der Berührung mit der Lötkolbenspitze und verkürzt so die eigentliche Lötzeit. Versuche haben aber auch gezeigt, dass die eingestellte Temperatur an der Lötspitze um bis zu 30°K abgesenkt werden kann, ohne die Effektivität der Lötarbeit zu vermindern.



Versuchsaufbau:
Lötversuch mit und ohne Stickstoffzufuhr; Messkriterium ist das Erreichen einer vorgegebenen Temperatur an einer normierten Lötstelle

Lötergebnis
Wird die Zeit gemessen, die erforderlich ist, bis an fünf gleichartigen Lötstellen nacheinander die vorgegebene Schmelztemperatur bei 270°C erreicht wird, so ist durch den Einsatz des heißen Stickstoff ein Zeitvorteil von fast 25 % zu erzielen.



Versuchsaufbau:
In einem Experiment an fünf gleichartigen Lötstellen wurde die Lötspitzentemperatur um 30K abgesenkt und unter Stickstoff gelötet - bei gleichem Lötaufbau jedoch ohne die Zufuhr von Stickstoff und ohne Absenkung der Löttemperatur wurde die Zeit bis zum Erreichen der Schmelztemperatur gemessen und verglichen.

Die Lötergebnisse:
270°C an den Lötstellen wurde bei gleichem Zeittakt erreicht , das bedeutet, dass mit den niedrigeren Temperaturen eine wesentliche Verlängerung der Standzeit der Lötspitzen zurückgewonnen werden kann; die Verbrennung der Flussmittel kann wesentlich verringert werden!

Als weitere Vorteile des Stickstoffeinsatzes werden, durch die Verdrängung des Sauerstoffs, der

Schutz der Lötstelle und der Lötspitzen gegen Oxidation nachgewiesen.

Abb.9:
Lötstation mit
Stickstoffversorgung. (Quelle HAKKO)

9. Minimierung der Gefährdung der Gesundheit mit Filtersystemen

Neben den technischen Möglichkeiten, die Entstehung von gesundheitsgefährdenden Gasen und Rauch beim Handlöten zu vermeiden, kommt der Entfernung solcher Stoffe, möglichst direkt am Entstehungsort, große Bedeutung zu. Es sind eine ganze Reihe unterschiedlicher Lösungen bekannt, um die Prozessgase direkt am Lötkolben, oder in unmittelbarer Nähe der Lötstelle aufzufangen.

Dazu werden Lötkolben mit integrierten Absaugröhrchen eingesetzt, oder auch Clip-on Lösungen zum Nachrüsten schon vorhandener Lötkolben. Bei diesen wird der Lötrauch direkt oberhalb der heißen Lötspitze abgesaugt und über ein Schlauchsystem einem Filtergerät zur Reinigung zugeführt. (Abb. 10) Derartige Filtersysteme benötigen relativ geringe Fördermengen für den Lötrauch. 20 Liter pro Arbeitsplatz sind schon ausreichend, allerdings muss das Filtergerät, wegen der dünnen Schläuche im Absaugkanal, einen starken Unterdruck bereitstellen. Für die geringe erforderliche Luftmenge können Saugsysteme eingesetzt werden, die mit Druckluft, die in eine Injektordüse (auch Venturi-Düse) geblasen wird, den erforderlichen Unterdruck erzeugen. (Abb. 20)

Abb. 10: Lötkolben mit
Absaugröhrchen.

Zur flächigen Absaugung der Prozessgase in der Nähe der Lötarbeit sind unterschiedliche Düsen entwickelt worden. Mit diesen können, - wenn sie gut konstruiert wurden und dabei die bekannten aerodynamischen Regeln berücksichtigt worden sind, - die entstehenden Prozessgase zuverlässig und mit einem hohen Wirkungsgrad aufgefangen werden, und können dann über einen Absaugarm oder ein Schlauch- oder Rohrsystem abgeleitet werden. (Abb. 11)

Die Luftmenge, die bei diesem Prinzip der Flächenabsaugung den Lötrauch trägt, muss mit 50m³ pro Stunde, pro Arbeitsplatz ausreichend dimensioniert sein. In dem Arbeitsbereich, in dem der Lötrauch noch zuverlässig aufgenommen werden kann, muss die Strömungsgeschwindigkeit der angesaugten Luft mindestens 0,5 Meter pro Sekunde betragen. Die Geräte, die den erforderlichen Unterdruck erzeugen sind in aller Regel Lüftermotoren. Lüfter in Zentralanlagen können dabei mehrere Arbeitsplätze bedienen. Sie sind vom Arbeitsplatz entfernt und das unvermeidliche Geräusch spielt bei einer Zentralanlage keine so große Rolle, nur der erforderliche Aufwand für eine Rohrinstallation und nach einiger Zeit für die Reinigung eines derartigen Rohrsystems, führen zu dem Ergebnis, dass Zentralanlagen, auch wegen der endgültigen unbeweglichen Festlegung, nicht besonders zu empfehlen sind. Vorteilhaft sind bewegliche, ortveränderliche Geräte, die aber, wegen der Nähe zum Benutzer möglichst leise arbeiten sollten. Messwerte deutlich unter 50 dB(A) gemessen in 1m Abstand, sind für geeignete Geräte zu fordern und bei geeigneter Konstruktion auch zu erreichen.

Abb. 11: Alpha Düse in der Anwendung.
(Quelle FILTRONIC)

Bei großflächigen oder großräumigen Anwendungen haben sich Kabinen, in denen ein Unterdruck erzeugt wird, zum Sammeln, Auffangen und Ableiten der Prozessluft bewährt. Die Luftmengen, die dabei abgesaugt werden müssen, sind erheblich, wenn ein freier Zugriff auf die Arbeitsfläche erforderlich ist. Die Luftmenge muss so groß sein, dass die Strömungsgeschwindigkeit im gesamten Fenster mindestens 0,5 Meter pro Sekunde beträgt, um dem natürlichen Ausbreitungsbestreben jeden Gases (Entropie) entgegenzuwirken. In der folgenden Abbildung 12 ist ein Verfahren gezeigt, bei dem ein zusätzlicher Luftvorhang verhindert, dass die Prozessgase zur Front der Kabine hin austreten; ein zweiter Luftstrom wird an der Rückseite in der Kabine erzeugt, sodass eine stetige Zirkulation stattfindet. Durch diese Konstruktion kann das Volumen der abzusaugenden Luft deutlich verringert werden. Trotz des 1,4m² großen Fensters werden nur 200m³/h Luft bewegt und der Anwender sitzt nicht, wie sonst üblich, in der Zugluft der nachströmenden Raumluft. In der Decke der Kabine wird das Gas abgesaugt und einem Filtersystem zugeführt, wo es gereinigt wird und danach wieder in den Raum abgegeben werden kann. (Abb. 12)

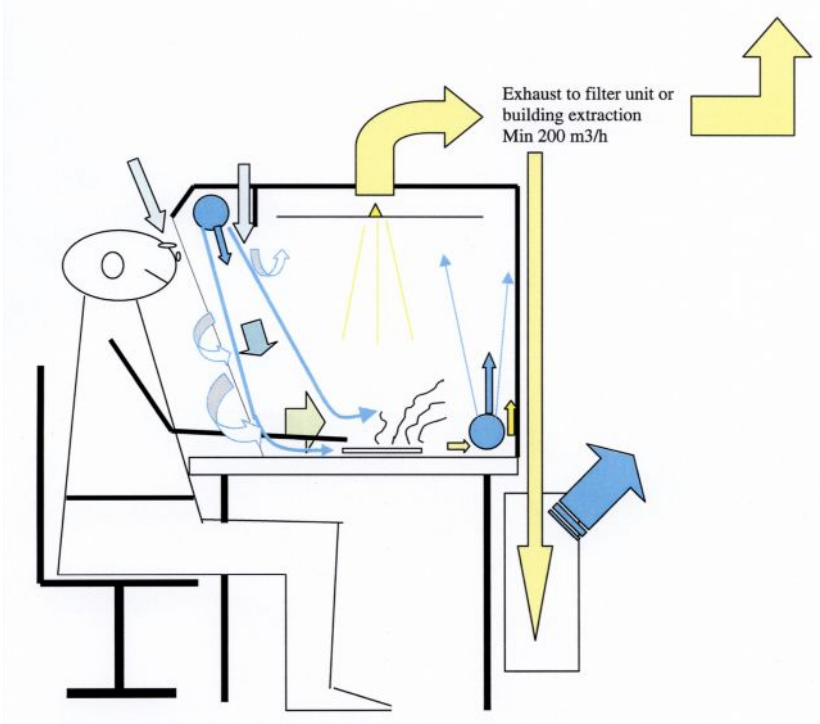


Abb. 12: Prinzip einer Tischkabine mit einem Luftvorhang; Typ CBC- A. (Quelle FILTRONIC)

An dieser Stelle endet allzu häufig auch schon die Bereitschaft sich mit der Problematik der „Lötabfälle“ zu beschäftigen und der Lötrauch, das Prozessgas wird zum Schornstein hinausgeblasen. Dabei kann leicht vorgerechnet werden, dass die dem Raum entzogene Wärme pro Lötplatz mindestens einhundert Euro pro Jahr vergeudet und dass die Unannehmlichkeiten durch die ungewollte Erzeugung eines Unterdrucks und von Zugluft im Arbeitsraum nur weitere, auch gesundheitliche Probleme verursachen.

10. Filterphysik und Filterchemie

Bessere Lösungen des Problems bieten sich durch den Einsatz von kombinierten und mobilen Absaug-, Filter-, und Gasreinigungs- Systemen.

Filtergeräte für Prozessgase sollten so konstruiert sein, dass sich der Anwender auf die Filterwirkung verlassen kann. Die Gesundheit aller Mitarbeiter in einem Raum, in dem schädliche Gase oder Lötrauch erzeugt werden, hängt von der zuverlässigen Wirkung des Filtersystems ab. Dabei ist es wichtig, dass nicht nur aller Staub und alle Schwebeteilchen aufgefangen und ausgefiltert werden, sondern auch die aufgefangene Prozessluft von schädlichen Gasen gereinigt wird, ehe sie wieder in den Raum zurückgeführt werden darf.

In vielen Anwendungsfällen wird die Beseitigung schädlicher Prozessgase der Allgemeinheit überlassen: Der Rauch und die Gase werden zwar abgesaugt, aber dann einfach ungefiltert und ungereinigt nach draußen, in die Umwelt geblasen. In etlichen Fällen, bei denen eine Filterwirkung sehr gering oder gar nicht vorhanden ist, werden die Gase zwar vom Arbeitsplatz abgesaugt, aber häufig auf der Rückseite des Gerätes wieder ungereinigt abgegeben und auf die übrigen Personen im gleichen Raum verteilt.

Es sind auch viele Anwendungsfälle bekannt, bei denen mit kräftigen Gebläsen große Mengen Luft durch grobmaschiges Filtermaterial geblasen werden. Bei derartigen Versuchen der Prozessgasreinigung werden auch Folien mit einem Auftrag aus Aktivkohle eingesetzt, mit dem Versprechen, dass damit schädliche Gase zu eliminieren sind und die Prozessluft dadurch gereinigt wird.
Es gibt aber physikalische Gesetze (van der Waal Kräfte) aus denen man ableiten kann, dass die Wirkung der Gasfilter zwingend mit der Verweildauer der Gasmoleküle auf der Oberfläche der Aktivkohle verknüpft ist. Mit anderen Worten, Anlagen bei denen Luft- oder Gasmengen einen Aktivkohlefilter zu schnell passieren, haben praktisch keine, oder nur eine sehr geringe Reinigungswirkung. Wenn der Weg, den das Gas durch den Aktivkohlefilter zurücklegt, konstruktiv zu kurz bemessen ist, wenn Folien oder dünne Matten als Gasfilter eingesetzt werden und wenn auch noch die Strömungsgeschwindigkeit des Gases hoch ist, kann jedes einzelne Gasmolekül nicht die erforderliche Verweildauer von 0,3 Sekunden erreichen und somit die Reinigungswirkung nicht eintreten.

Filtersysteme, die eine zuverlässige Reinigung der Prozessgase von Staub und Gas bewirken, müssen also schon in der Konstruktion mit einem Staub- und Teilchenfilter nach strengen Kriterien ausgewählt werden. Maßstäbe setzen hierbei die überprüfbaren Filtereigenschaften, die nach der Filterwirkung in Klassen eingeteilt werden. So ist zum Beispiel eine Überprüfbarkeit des Filtermaterials dadurch gegeben, dass bei einem DOP Test (Dioctylphthalat – Nebel) Aerosole mit einer annähernd konstanten Tröpfchengröße von 0,3µm auf das zu prüfende Filtermaterial geblasen werden; mit Hilfe von ultraviolettem Licht kann dann der Rückhaltegrad gemessen werden. Im Falle der hier beschriebenen Filtersysteme wird für die allgemeine industrielle Anwendung ein Wirkungsgrad von 99,97% erzielt. Dies entspricht der HEPA Klasse 12. (HEPA = High Efficiency Particular Airfilter) Für den Einsatz in Reinräumen kommen durchaus auch Filtermaterialien mit noch höheren Wirkungsgraden zur Anwendung.

Für den Fall, dass ein hoher Anteil von Staub oder Partikeln zu erwarten ist, können die wertvollen Hauptfilter auch durch Vorfilter geschützt werden. Vorfilter können leicht und unkompliziert gewechselt werden. In den hier beschriebenen Anwendungen verlängert der Einsatz von Vorfiltern die Standzeit der Hauptfilter um ein Vielfaches.

Das bei den Gasfiltern eingesetzte Prinzip folgt den physikalischen Erfordernissen für eine zuverlässige Reinigung von gasförmigen Stoffen, die aus den Lösemitteln von der Flussmittel-Seele (Fluxe) im Lötdraht verdampft werden, oder die beim Einsatz von bestimmten Leimen und Klebstoffen frei werden, oder die bei der Anwendung etlicher Laserbearbeitungsprozesse entstehen.

Eine, den jeweiligen Einsatzfällen angepasste Mischung aus einem Aktivkohlegranulat und aus gesinterten Keramikperlen, die mit Kaliumpermanganat gesättigt sind, bilden eine berechnete Packlage, die - das zuvor von Partikeln vorgereinigte Gas - passieren muss. (Abb. 15 ; 16 und 17) Die Berechnung und Konstruktion der Dicke dieser Packlage stellt sicher, dass jedes Gasmolekül für die erforderliche Zeitspanne in Kontakt zu der Aktivkohle kommt.

Die Moleküle lagern sich an den großen, inneren Oberflächen der Aktivkohle an. Die innere Oberfläche nur eines einzigen Gramms der Aktivkohle bildet eine Fläche von einhundert Quadratmetern; (Abb. 13) die Verästelung ist offensichtlich sehr fein, sodass Moleküle mit einem Molekulargewicht, das kleiner als 30g/mol ist, keinen Zugang zu den Kanälen in der Aktivkohle finden. Einige dieser Stoffe sind Formaldhyde (HCHO), Ammoniak (NH3) Schwefelwasserstoff (H2S). Andere, Methan (CH_4) zum Beispiel muss zunächst in Methanol gewandelt werden. VOCs (**V**olatile **O**rganic **C**ompounds) mit einem Molekulargewicht > 40g/mol lagern sich also sofort, durch die Van der Waal Kräfte angezogen, auf den inneren Oberflächen der Aktivkohle an; VOCs < 30g/mol müssen zunächst in Wechselwirkung mit dem Sauerstoff, der in dem Kaliumpermanganat gebunden ist, reagieren und werden erst dann in den Aktivkohle-Labyrinthen eingelagert. (Abb. 14)

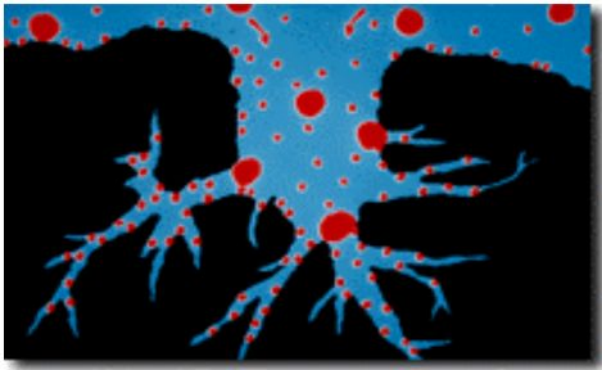


Abb. 13: innere Oberfläche der Aktivkohle.

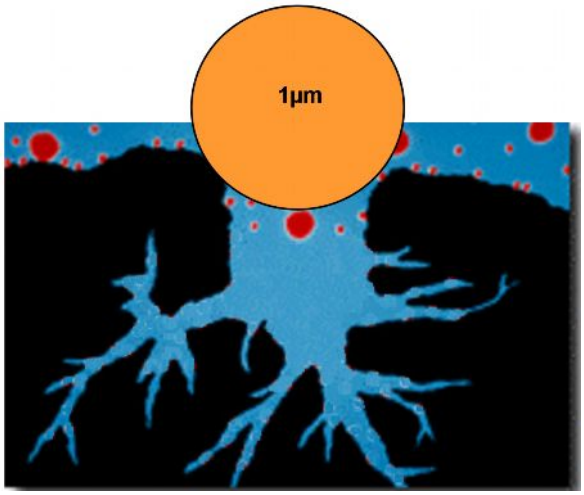


Abb. 14: Moleküle, größer als die Poren der Aktivkohle, verstopfen die Kanäle.

Abb. 15: In den Poren einer gesinterten Keramikperle ist Kaliumpermanganat (violett) Eingelagert der Sauerstoff reagiert mit den Gasmolekülen (gelb)

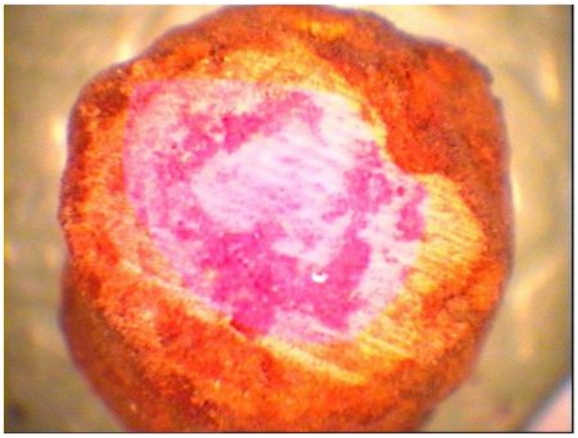


Abb. 16: Keramikperle gesättigt mit Kaliumpermanganat

.

Die Oxidation von primärem Alkohol

Primärer Alkohol wie z.B. Ethanol (CH_3CH_2OH) wird mit Kaliumpermanganat (KMnO4) schnell zu Aldehyd oxidiert

$$3\ Ch_3\ CH_2\ OH + 2\ KMnO_4 = 3\ CH_3CHO + 2\ MnO_2 + 2\ KOH + 2\ H_2O$$

CH_3CHO	=	Acetaldehyd
MnO_2	=	Magnesiumdioxid
KOH	=	Kaliumhydroxid
H_2O	=	Wasser

Das Acetaldehyd wir weiteroxidiert zu Acid

$$3\ CH_3CHO + 2\ KMnO_4 + H_2O = 3\ CH_3COOH + 2\ MnO_2 + 2\ KOH$$

CH_3COOH	=	Acetic acid

Das organische Acid wird schließlich durch das Kaliumhydroxid zu Salz oxidiert

$$CH_3\ COOH + KOH = KCOOCH_3 + H_2O$$

$KCOOH_3$	=	Kalium Acetat

Zusammenfassung :
Wenn durch einen Gasfilter mit Kaliumpermanganat - Ethanol geleitet wird , besteht das Endprodukt aus

1. Wasser
2. Aluminuimdioxid
3. Kaliumhydroxid (Kausisch Soda)
4. Kaliumacetat (Salz)

Tabelle: Chemisorption von Ethanol

Gereinigte Luft Auslass

Nachfilter für den Feinstaub

Gasfilterbett aus Aktivkohle und Keramikperlen mit Kaliumpermanganat gesättigt.

DOP Filter zur Filterung aller Partikel mit einem Wirkungsgrad von 99,97%.

Lötrauch Einlass

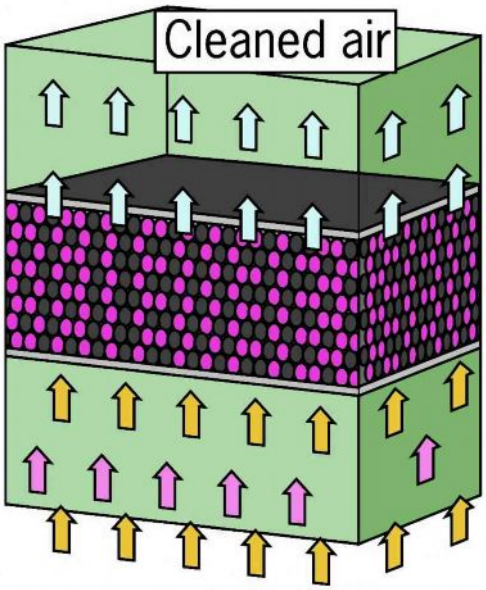


Abb. 17 Prinzip der dreistufigen Lötrauchreinigung
(Quelle FILTRONIC)

1 Anschluss für den Saugschlauch

2 Basisplatte für den Vorfilter

3 Mikrofilter DOP getestet >99,97%

4 Gasfilterbett

5 Nachfilter für Reststaub

6 Pumpengehäuse mit Injektordüse

7 Luftstrom

8 Topfilter zur Geräuschdämmung
(Quelle FILTRONIC)

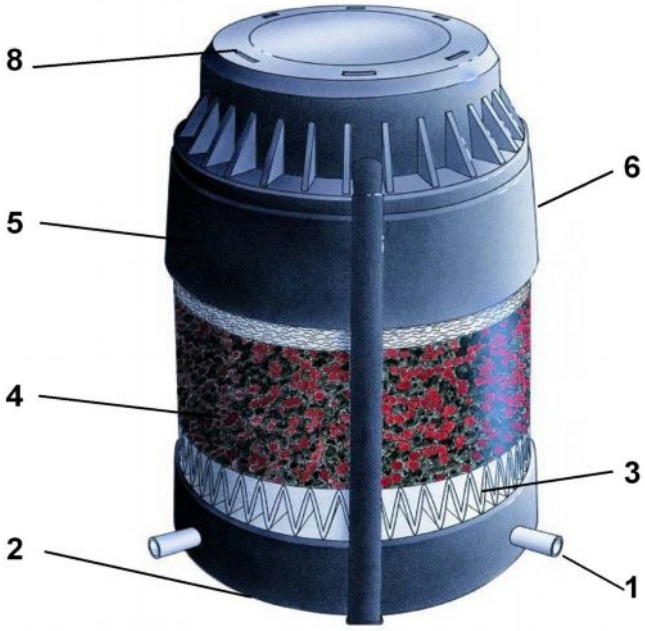


Abb. 18: Das Prinzip eines dreistufigen „Tisch- Filtersystems“

Ein Riech-Test mit einer Substanz, die sehr stark nach Bananen riecht, wird zur Prüfung der Wirksamkeit von Gasmasken eingesetzt. Die chemische Bezeichnung dieser Substanz ist Isoamylacetat. Die Wirksamkeit eines guten Filtersystems lässt sich mit einer winzigen Probe dieser Chemikalie sofort demonstrieren bzw. nachweisen. Wenn man einen Tupfer mit Isoamylacetat in den Ansaugluftstrom einer Filteranlage hält, sollte auf der Austrittseite kein Geruch nach Bananen wahrnehmbar sein.

11. Fazit

Die Gesundheitsrisiken für die Mitarbeiter an den Lötarbeitsplätzen, die durch die Einführung von bleifreien Loten erheblich gewachsen sind, können durch die sorgfältige Auswahl der eingesetzten Löttechnologie minimiert werden und durch den Einsatz geeigneter Lötrauch-Reinigungssysteme wesentlich verringert werden.

Das heißt bei der technischen Ausrüstung:

Lötspitzen mit enger thermischer Kopplung zwischen Heizkörper, Sensor und Spitze.

Lötstationen mit Schlüsselkarten für die Einstellung der Löttemperatur.

Lötstationen mit Temperaturreglern ohne Temperatur-Überschwingen.

Lötstationen, deren Lötspitzen unter Stickstoff betrieben werden.

Lötspitzen, bei denen heißer Stickstoff zur Vorwärmung den Lötprozess unterstützt.

Das heißt bei der Prozessgasreinigung:

Geeignete Auffangsysteme mit physikalisch richtiger Aerodynamik.

Filtersysteme mit garantiertem Abscheidegrad für alle Partikel und Schwebeteilchen.

Filterkonstruktionen mit einer funktionierenden Gasreinigung.

Filtersysteme mit einer ausreichenden Beschleunigung des Volumenstromes.

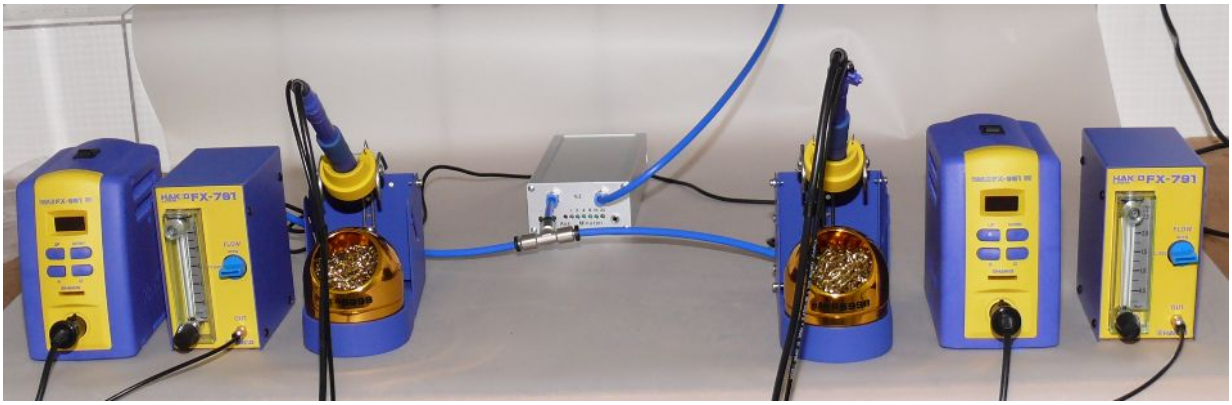
Filtersysteme mit einer ausreichenden Verweilzeit der Gasmoleküle im Filterbett.

Derartige technische Neuerungen, wie sie hier in ihrer Wirkung vorgestellt wurden, entspringen dem Geist verantwortungsbewusster Hersteller von Lötgeräten und Filtersystemen, die sich nicht den kurzfristigen Profit, sondern langfristig das Wohlergehen der Mitarbeiter und die Erhaltung unserer Umwelt, wörtlich genommen, zum Ziel gesetzt haben[7, 8, 9]

Abb. 21 Beispiele von Filtergeräten.

12. Weitere Möglichkeiten Energie zu sparen.

Ein wesentlicher Aspekt beim Einsatz moderner Verfahren ist immer auch die Frage nach der zusätzlich einzusetzenden Energie. Dabei kommen zuerst die elektrische Energie zur Erzeugung der Heizleistung für die Lötspitzen, dann die Erzeugung der Abluftströme für die belastete Prozessluft und vor allem der Einsatz der teuren Schutzgase wie der Stickstoff oder die einzusetzende Druckluft zur Eigenerzeugung des Stickstoff in Betracht.



Schaltgeräte zur Steuerung von Prozessgasen und Elektrogeräten

Zur Schonung der Umwelt und zur Einsparung wertvoller Rohstoffe wird die Betriebszeit und der Leerlauf von Lötgeräten, von Lötrauchreinigungsgeräten und der unnötige Verbrauch von Betriebsmittelgasen, wie z.B. Stickstoff und Druckluft, zeitlich und sinnvoll begrenzt.

Schaltgerät für Lötstationen:

Diese bekannte Funktion stützt sich auf die Anwendung der HAKKO Schaltköcher von deren Signal die Verzögerungszeit bis zur Pausenfunktion, dem Stand-By oder die Abschaltung der Lötstationen eingeleitet wird. Die Verzögerungszeiten bis zur Pause sind im Bereich 1 Minute bis 29 Minuten an den Lötstationen programmierbar. Nach dieser Verzögerung wird die Temperatur der Lötspitze auf einen wählbaren Wert unterhalb der Erstarrungstemperatur des Lotes geregelt. Die Abschaltung nach 30 Minuten bei inaktiven Arbeitspausen kann bei einigen Stationen als weitere Funktion gewählt werden, dies bietet einen zusätzlichen Sicherheitsaspekt. Geeignete Schaltköcher werden für alle Lötwerkzeuge, z.B. für Lötkolben, Lötpinzetten, Entlötgeräte usw. in der jeweils speziellen Ausführung eingesetzt. Eine zweipolige Litze verbindet den Schaltköcher mit der zu steuernden Lötstation.

Stickstoff Schaltgerät als Schaltköcher:

In der einfachsten Ausführung wird ein Schaltköcher mit einem zusätzlichen Schaltventil ausgerüstet. Der Nachteil einer so einfachen Lösung ist, dass der Stickstoff sofort abgeschaltet wird, sobald der Lötkolben abgelegt worden ist.

Zeitschaltgerät für einen Stickstoffverbraucher (ZS 02):

Weil der Stickstoff ja nicht nur den Lötprozess unterstützen soll, sondern dessen Schutzfunktion auch noch zur (ganz wesentlichen) Verlängerung der Standzeiten der Lötspitzen beitragen soll, ist es empfehlenswert, dass die Stickstoffzufuhr an dem Lötkolben erst abgeschaltet wird, wenn die Lötspitze abgekühlt ist, und die Lötstation
sich bereits einige Zeit im Stand-By befindet.

Die Wahl für die Verzögerung vom Ablegen des Lötkolbens bis zur Abschaltung des Stickstoffes kann in den Stufen 1, 2, 4, 8, 16 oder 32 Minuten an dem **Zeitschaltgerät ZS 02** eingestellt werden. Durch

diese Programmiermöglichkeit können die Zeitfunktionen der Lötstation und der Stickstoffbedarf zeitlich aufeinander abgestimmt werden. Eine Minute vor der Abschaltung ertönt ein kurzes Signal und gibt dem Anwender die Möglichkeit die Abschaltung zu verhindern indem der Lötkolben kurz aus dem Köcher angehoben wird. Die eingestellte Zeit läuft dann wieder neu ab. Während der letzten 10 Sekunden blinkt eine rote LED.

Zur Anbindung an die vorhandenen Stickstoffgeräte oder Stickstoffanlagen ist das Schaltgerät an der Vorderseite mit zwei Schnellanschlüssen (Durchmesser von 3 mm) versehen; als Eingang der Stickstoffleitung die vom Ausgang des Anzeige- und Regelgerät **FX 791** kommt und als Ausgang für die dann geschaltete Leitung zum Lötkolben, (Siehe Abbildung 4)

Die Steuerleitung , die zum Schaltköcher führt, wird als Verbindungskabel mit dem Schaltköcher geliefert und zwischen den Anschlussbuchsen am Zeitschaltgerät und an dem Schaltköcher (oder zwei gleichberechtigten Köchern) installiert; von einer weiteren Anschlussbuchse, vorn am Schaltgerät, kann die Schaltinformation eines Schaltköchers nach einer Sekunde potentialfrei (geschaltet von einem zusätzlichen internen Relais) an eine angeschlossene Lötstation weitergegeben werden, dazu ist ein weiteres Verbindungskabel erforderlich.

Zeitschaltgerät für einen Druckluftverbraucher (ZD 02):

Zur Erzeugung von Stickstoff mit dem Gerät von **HAKKO FX 780** wird Druckluft eingesetzt, die in den Lötpausen unnötig durch den Stickstofferzeuger strömt, selbst wenn der Stickstoff am Durchflussmesser **FX 791** zugedreht wurde.

Bei der Absaugung von Lötrauch, mit z. B. den FT Geräten (mit der Injektordüse) der Firma FILTRONIC, oder deren Folgetypen der anderen Lötgerätehersteller, die alle als Punktabsaugung direkt am Lötkolben eingesetzt werden, wird Druckluft angewendet, die einen Großteil der Zeit nutzlos durch die Anlagen geblasen wird. Schaltet man die Druckluftzufuhr zeitverzögert und dem Arbeitsrhythmus angepasst ab, wird Energie gespart. Das Zeitsteuergerät **ZD 02** hat zwei Schnellanschlüsse für Druckluftschläuche mit einem Durchmesser von sechs Millimetern, so kann mit den Funktionen des oben beschriebenen Stickstoffsteuergerätes zeitlich verzögert auch Druckluft AUS geschaltet werden. Insbesondere bei laufenden Generatoren führt diese Möglichkeit zu großer Erleichterung wegen der Geräuschminderung und zur Sparsamkeit im Umgang mit teurer Druckluft.

Zeitschaltgerät für ein elektrisches Gerät (ZE 02):

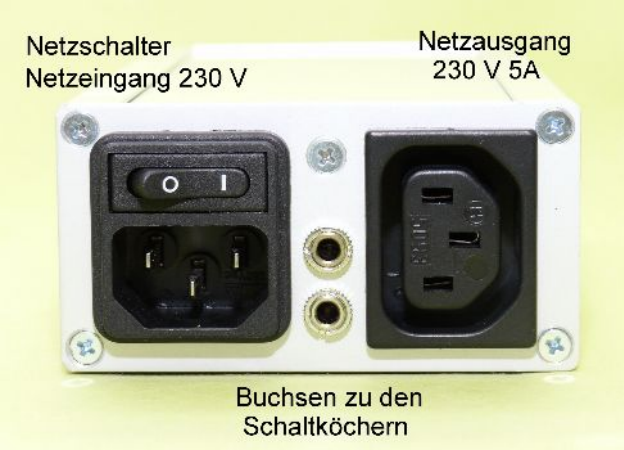
Einige ältere Lötstationen haben keine Stand-By Funktion. Diese Stationen, aber auch jedes andere Elektrogerät, kann mit diesem Schaltgerät und mit den oben beschriebenen Funktionen zeitverzögert AUS und sofort wieder EIN geschaltet werden.

Der wichtigste Einsatzfall ist die Steuerung der Filtergeräte, einmal zur Reduzierung des Stromverbrauches, zum Anderen zur Schonung der Filter, die unnötigerweise mit der Filterung der Raumluft beschäftigt werden, sobald für eine längere Zeit nicht gelötet wird. Auch die Vermeidung unnötiger Geräusche durch die Filtergeräte ist zu erwähnen.

Jedes andere denkbare elektrische Gerät kann an diese Steckdose angeschlossen werden, die Schaltleistung ist potentialfrei, zweipolig (2 x 16 Ampere). Die Nennleistung der angeschlossenen Geräte sollte jedoch 1 kW nicht überschreiten.

Zeitschaltgerät für Stickstoffverbraucher und ein elektrisches Gerät (ZU 02):

Für eine Reihe von Anwendungen und Installationen, bei denen sowohl Stickstoff (oder Druckluft) gleichzeitig mit dem Einsatz einer Absauganlage (z.B. für die Reinigung von Lötrauch) benutzt werden, sind beide Schaltfunktionen, für das Gas und den Strom, im gleichen Gehäuse untergebracht. Beide Schaltorgane, das Ventil für das Gas und die beiden Relais für den Strom können zeitverzögert geschaltet werden. Eine Verzögerung zwischen beiden Schaltfunktionen kann werksseitig programmiert werden, so kann in einer Anlage der Strom zeitiger als das Gas AUS geschaltet werden oder umgekehrt , erst das Gas (der Stickstoff oder die Druckluft) und dann verzögert der Strom z.B. zur Zeitverzögerten Abschaltung einer Lötstation, die noch nicht über eine Stand-By Funktionen verfügt, oder zur Steuerung eines Kompressors der zeitverzögert AUS geschaltet wird.



Die Zeitschaltgeräte, die wir zur Zeit geliefert werden , sind alle vom **Typ ZU 02,** dadurch sind alle Zeitschalter z.Zt. **universell** einsetzbar. In dem Gehäuse befindet sich sowohl das Ventil für den Stickstoff (oder für die Druckluft) als auch die beiden Relais für den Strom.
An der Rückseite ist ein Stecker für ein anzuschließendes Netzkabel und eine Steckdose zum Anschluss eines Elektrogerätes bis 1kW mit dem ein Elektrogerät an 230Volt Wechselstrom 3polig (d.h. inklusiv Schutzleiter) angeschlossen und zeitverzögert AUS – geschaltet werden kann.
(zum Beispiel ein **FILTRONIC Filtersystems ; MG 100** und ähnliche Geräte.)

Der Hauptschalter ist ebenfalls auf der Rückseite. Die Sicherungen sind innenliegend.

Mindestens eine der beiden zweipolige Buchsen auf der Rückseite des Gerätes muss durch eine Litze mit Klinkensteckern mit einem Schaltköcher oder einer Taste oder einem Fußtaster verbunden werden. Diese Litze ist im Lieferumfang der Schaltköcher oder kann separat bezogen werden.

Das Schaltsignal, das der Schaltköcher anliefert, wird nach einer Sekunde an der Klinken – Buchse (vorn am Gerät) wieder ausgegeben; (dieses weitergereichte Signal ist potentialfrei, aber nur gering belastbar und wird von einem zusätzlichen kleinen Relais im Gerät eine Sekunde zeitverzögert geschaltet).

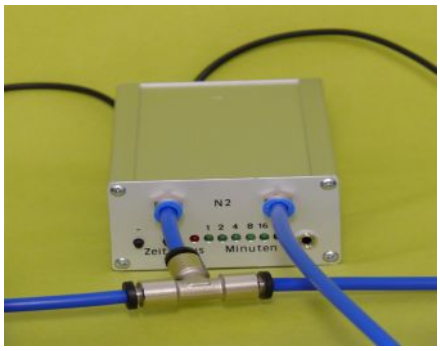
Von der Buchse (vorn am Gerät) muss mit einer Litze (geliefert mit dem Schaltgerät) eine Verbindung zu einer Lötstation (z.B. FX 951; FM 203; FM 204) hergestellt werden und leitet dort die Zeitverzögerung bis zum Stand-By ein, vorrausgesetzt ist , dass diese Funktion in der Lötstation auch programmiert worden ist.

Bei den Geräten zur Steuerung des Stickstoffes und zum Anschluss an den Durchflussmesser FX 791, sind vorn am Gerät zwei Buchsen für Schläuche mit einem Durchmesser von 3mm. Für eine der Buchsen wird ein kurzes Stück 3mm Schlauch (mitgeliefert) an den Durchflussmesser **FX 791** angeschlossen, an die zweite Buchse wird der Stickstoffschlauch zum Lötkolben angeschlossen.

Bei den Geräten zur Steuerung **der Druckluft** befinden sich an der gleichen Stelle am Gerät zwei Buchsen mit dem Durchmesser 6mm, an eine Buchse wird der Druckluftschlauch von der Druckluftleitung (maximal 6 bar) (besser von einem zusätzlichen Filtersystem mit Öl- Abscheider z.B. **MSB 4**) angeschlossen; an der anderen Buchse wird die Verbindung zu einem Gerät hergestellt z. B einem Stickstofferzeuger **FX 780** oder zu einem **FT Gerät** zur Punktabsaugung von Lötrauch.

An der Vorderseite des Zeitschaltgerätes sind zwei Tasten **+** und **–** ; damit kann in den Schritten 1; 2 ; 4 ; 8 ; 16 und 32 Minuten eine Zeit gewählt werden. Die eingestellte Zeit wird grün angezeigt und abgespeichert (bleibt also nach dem Abschalten oder bei Netzausfall erhalten.) Die Zeit läuft ab, sobald der Lötkolben in dem Schaltköcher bzw. beide Lötgeräte in ihren Schaltköchern abgelegt worden sind; 1 Minute vor dem Ende der gewählten Zeitverzögerung ertönt kurz ein Signal, der Benutzer kann durch abheben des Lötkolben die Zeit reaktivieren; 10 Sekunden vor Ablauf der Zeit blinkt die rote LED.
Nach Ablauf der Zeit wird zunächst der Stickstoff und nach einer Zeitspanne, (z. Zt. 5 Sekunden) auch der Strom für das angeschlossene Elektrogerät oder Filtergerät abgeschaltet.

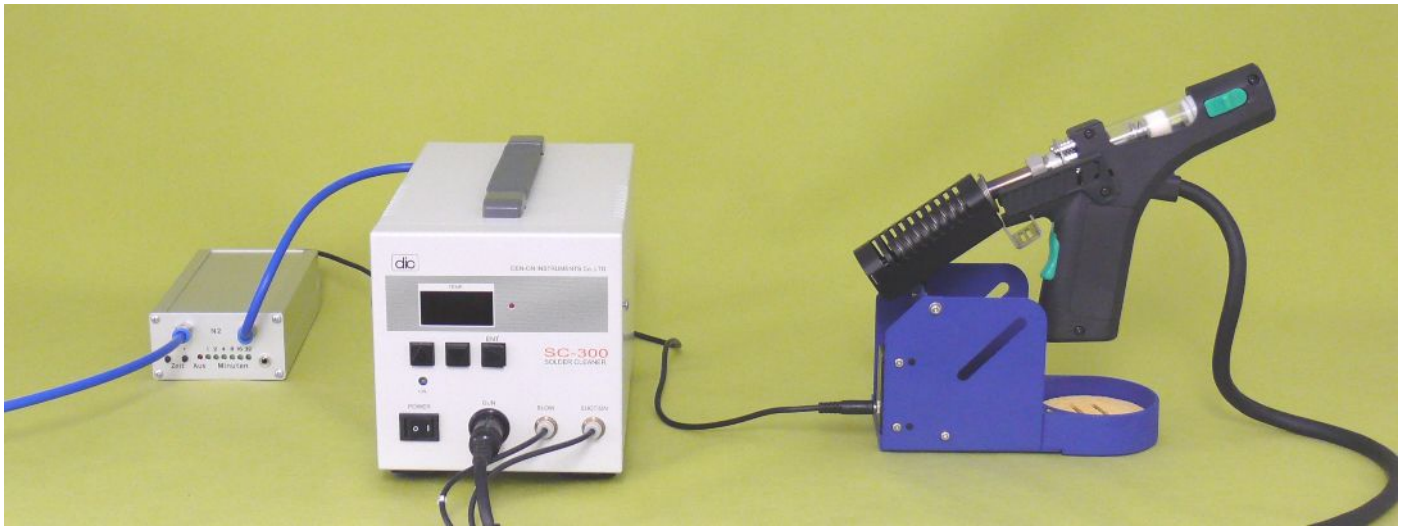
N 2
1 2 4 8 16 32
Zeit
Aus
Minuten



OUT
N2
1 2 4 8 16 32
Zeit
Aus
Minuten

FX-791

FX-791


SC-300

Quellennachweis:

1. DIN 8505 Teil 2
2. Dipl. Ing. Günter Grossmann, „Weichlot im Alltag“, EPP News + Highlights 1 + 2 / 08
3. Wikepedia. „Löten“
3. Broschüre: Bleifreies Lot in der Handlötung HAKKO 2002 - Übersetzung G.Kullik
4. Patent DE 43 42 311 „“Aktive Lötspitze 11.12.1993“
5. Firmenbroschüre TBK und HAKKO Einzellötstation FX 951
   und Hochleistungslötstation HAKKO 938
6. http://www.loetdampf.de/rauch.html
7. www.hakko.com, „Environmental Policy“
8. www.filtronic.se “For a Better Workbench Enviroment“
9. www.kullik.com

Weiterführende Literaturhinweise:

Zum Thema Handlöten

R.J. Klein Wassink	Weichlöten in der Elektronik
Helmut Deusch	PRODUCTRONIC 9 / 02 S 22 Die Qual der Wahl
Dr. Jan Benzler Dr. Harald Dauner Dr. Bernhard Diegner Dr. Michael Kaiser Dr. Franz Kaspar Dr. Ralf Luchs und Peter Peetz	ZVEI Pro Technik 9 / 99 Bleifreies Löten, Materialien, Komponenten, Prozesse
G.Kullik	TBK Broschüre 5 / 02 (www.kullik.com) Bleifreies Lot in der Handlötung
Dr. Thomas Ahrens	Hamburger Lötzirkel 1 / 05 Bleifreies Handlöten
IPC Standard	2 / 05 Lötstellen
Michael Weinreich	PLUS 9 / 06 S. 1527 Trends in der Löttechnik
Dr. Thomas Ahrens	Diplomarbeit Frau Seher- Kurnaz Bleifreies Handlöten
HAKKO :	Working Out For Lead- free Soldering 11 / 02 Übersetzung Firmenbroschüre TBK : Bleifreies Lot in der Handlötung
Prof. Dr. Rahn	Seminare Bleifrei Technik

Zum Thema Lötrauch:

Swedish Environmental Institute	IVL Report 5 / 93
FILTRONIC	Health Hazards by Inhaling Soldering Fumes (www.filtronic.de)

ZVE Oberpfaffenhofen — Technologieforum 4 / 97:
Dr.Ing. Christian Jakschisch — Gesundheitsgefahren durch..
Dr. H. Netzmann — Aspekte des Gesundheitsschutzes..
R. L. Diehm — Arbeits- und Gesundheitsschutz..

Anonym — www.loetdampf.de/rauch 3 / 08
Beißender Lötrauch ist passé

G. Kullik — TBK Broschüre Filtertechnik Ihr persönlicher Beitrag zur Verbesserung der Umwelt an Ihrem Arbeitsplatz
(www.kullik.com)

Zum Thema Gesundheitsaspekte:

FILTRONIC 1989 — Isocyanates – a big Problem (www.filtronic.se)

Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft 7 / 89
Richtlinien des Rates 89/319 EWG

BG Die Brücke 4 / 95 S. 9 — Technische Regeln für Gefahrstoffe

New Jersey Department of Health 2 / 96
Hazardous Substances Fact Sheet

BG Die Brücke 6 / 96 S. 8 — MAK und BAT Liste

H.J. Ochs — WLB Luft und Boden 10 / 97 S. 36
Luftfilterung gestern und heute

Die Brücke 2 / 07 — Allergische Erkrankung der Atemwege

Komnet NRW — www.komnet.nrw.dialog2688:
Sind Dämpfe durch Lötrauch gesundheitsgefährdend?

Die Regierungspräsidien BDW 11/07 — Beschäftigung von werdenden und stillenden Müttern mit Weichlöten

Anonym — www.gaea-umweltconsulting.de
Isocyanate

Zum Thema Lötrauch filtern:

HEPA Filter:
www.hepa-luftreiniger.de/filter-hepa.php
www.heiz-tipp.de/lexikon-804-hepa_filter.html
www.chemie.de/lexikon/d/HEPA-Filter

Zum Thema Gasreinigung:

G. Kullik TBK — www.kullik.com
Broschüre: Filtertechnik

G.Kullik TBK — Broschüre: (www.kullik.com)
Bleifreies Lot in der Handlötung

FILTRONIC 1998 — Berechnung: (www.filtronic.de)
Oxidation of Primary Alcohol

HAKKO — 2002 Lead-free Solder and Manual Soldering
Working out for Lead- free Soldering 11- 2002