



BG-Information

BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung

Weichlöten mit dem LötKolben an elektrischen
und elektronischen Baugruppen oder deren
Einzelkomponenten (Kolbenlöten)

1

Verfahrens- und stoffspezifisches Kriterium (VSK) nach der TRGS 420

Inhalt

	Seite
Vorbemerkung.....	2
1 Anwendungsbereich.....	3
2 Begriffsbestimmungen	4
3 Arbeitsverfahren/Tätigkeiten	4
4 Gefahrstoffexposition.....	4
4.1 Gefahrstoffe.....	4
4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition	7
5 Schutzmaßnahmen.....	8
5.1 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen.....	8
5.2 Unterweisung.....	8
6 Anwendungshinweise	8
7 Überprüfung	9
8 Weiterführende Literatur	9
Anhang: Gefahrstoffbelastung beim Weichlöten (Kolbenlöten)	11

Berufsgenossenschaftliche Informationen (BG-Informationen) enthalten Hinweise und Empfehlungen, die die praktische Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen.

BG-Informationen richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, und/oder Unfallverhütungsvorschriften geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

Der Unternehmer kann bei Beachtung der in den BG-Informationen enthaltenen Empfehlungen, insbesondere den beispielhaften Lösungsmöglichkeiten, davon ausgehen, dass er damit geeignete Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren getroffen hat. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.

Soweit in BG-Informationen verbindliche Inhalte aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder aus Unfallverhütungsvorschriften wiedergegeben werden, sind sie durch Fettdruck kenntlich gemacht oder im Anhang zusammengestellt. Erläuterungen, insbesondere beispielhafte Lösungsmöglichkeiten, sind durch entsprechende Hinweise in Kursivschrift gegeben.

Vorbemerkung

BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung werden von

- den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung
und
- dem BGIA - Institut für Arbeitsschutz

in Abstimmung mit den Ländern und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) herausgegeben. Sie haben das Ziel, den Unternehmen eine Hilfe für den auf Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bezogenen Teil der Gefährdungsbeurteilung zu geben und werden als BG-Information in das Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter der Bestellnummer BGI 790 001 ff. aufgenommen.

Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“; TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“; TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erarbeitet von der Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik, Köln.

1 Anwendungsbereich

Diese BG/BGIA-Empfehlungen gelten für bestimmte Weichlötarbeiten mit elektrisch beheizten LötKolben an elektrischen und elektronischen Baugruppen oder deren Einzelkomponenten (im Folgenden Kolbenlötungen genannt). Es handelt sich dabei um das Fugelöten mit punktförmigen Lötstellen mit Weichloten an Arbeitsplätzen, an denen

- elektrische und elektronische Baugruppen bzw. deren Einzelkomponenten verlötet werden, z. B. Leiterplatten, elektronische Kleingeräte, Verzinnen von Leiterenden
- elektrische und elektronische Baugruppen bzw. deren Einzelkomponenten bei Montage-, Prüf- und Kontrollarbeiten verlötet werden
- überwiegend Reparaturlötungen an elektrischen und elektronischen Baugruppen bzw. deren Einzelkomponenten durchgeführt werden.

Maßnahmen werden beschrieben, die für Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) dessen Einhaltung sicherstellen. Bei Stoffen ohne AGW wird in diesen Empfehlungen der Stand der Technik beschrieben.

Die Anwendung dieser BG/BGIA-Empfehlungen setzt voraus, dass mit diesen Arbeiten nur unterwiesene Personen beauftragt werden.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen gelten nicht für

- Flamm- und Hartlötverfahren,
- Lötanlagen,
- Kolbenlötungen mit flammbeheizten LötKolben,
- Weichlötarbeiten bei der Pfeifenherstellung im Orgelbau,
- Weichlötarbeiten mit Sonder-Weichloten, die Antimon, Cadmium oder Silber enthalten,
- Lötungen von Blei,
- Lötungen mit bleifreiem Lot.

Bei der Umsetzung dieser BG/BGIA-Empfehlungen ist zu berücksichtigen, dass nach der EG-Richtlinie 2002/95 (RoHS-Richtlinie) die Verwendung bleihaltiger Lote einzuschränken ist. Die Mitgliedstaaten haben danach sicherzustellen, dass neu in Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronik-Geräte kein Blei enthalten. Ausnahmen gelten nur für Verwendungszwecke, die im Anhang der Richtlinie und den Folgeentscheidungen der Kommission erwähnt sind. Blei in Lötmitteln unterliegt der Evaluierung durch die Kommission gemäß § 7 Abs. 2 der Richtlinie 2002/95 EG.

Der Arbeitgeber muss im Rahmen seiner Gefährdungsbeurteilung prüfen, inwieweit bleifreie Lote für seinen Anwendungsbereich zur Verfügung stehen und muss diese, sofern möglich, einsetzen.

Für diese Empfehlungen bedeutet dies, dass bleihaltige Lote nur noch in bestimmten Anwendungsbereichen (z. B. Reparaturen, Automobilindustrie, Medizintechnik, Wehrtechnik) eingesetzt werden dürfen.

2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Empfehlungen werden folgende Begriffe bestimmt:

1. **Kolbenlöten** bezeichnet Weichlötarbeiten mit elektrisch beheizten LötKolben.
2. Bei **Weichlötarbeiten** handelt es sich um das Fugelöten mit punktförmigen Lötstellen mit Weichloten (Liquidustemperatur des Lotes < 450 °C).
3. Es werden **Lote** nach DIN EN ISO 9 453 „Weichlote; Chemische Zusammensetzung und Lieferformen“, DIN EN ISO 12 224-1 „Massive Lotdrähte und flussmittelgefüllte Röhrenlote“ (ausgenommen Lote, die Antimon, Cadmium oder Silber enthalten) und **Flussmittel** nach DIN EN 29 454-1 „Flussmittel zum Weichlöten“ eingesetzt.

3 Arbeitsverfahren/Tätigkeiten

Beim Kolbenlöten werden zwei Metallteile mithilfe eines Zusatzmetalls (Lot) verbunden, ohne dass die Metallteile dabei geschmolzen werden. Das Lot wird durch die erwärmte Lötspitze des LötKolbens geschmolzen. Die dabei verwendeten Flussmittel haben die Aufgabe, vorhandene Metalloxide aufzulösen, Oberflächenfilme zu beseitigen und zu verhindern, dass sich während des Lötprozesses erneut eine Oxidschicht bildet. Bei diesem Lötprozess entstehen Löttrauche. Diese Löttrauche enthalten je nach den verwendeten Produkten verschiedene gefährliche Stoffe in unterschiedlichen Konzentrationen

Siehe BG-Regel „Schweißrauche“ (BGR 220).

4 Gefahrstoffexposition

4.1 Gefahrstoffe

Die Gefahrstoffexposition beim Weichlöten mit dem LötKolben wird im Wesentlichen beeinflusst von den eingesetzten Loten und Flussmitteln sowie den verfahrenstechnischen Kenngrößen, unter anderem der Löttemperatur, Lötzeit und Einwirkzeit.

Siehe Schmitt-Thomas, K. G., Meisel, H.: Arbeitsplatzbelastung beim Weichlöten durch Gas- und Aerosolemissionen aus Lotmetallen und Flussmitteln. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer.

Die überwiegende Anzahl der Weichlote ist auf Zinn- und/oder Bleibasis aufgebaut. Die im Allgemeinen verwendeten Flussmittel bestehen meistens aus in Alkohol gelösten Harzen (z. B. Kolophonium), die mit Aktivierungszusätzen versehen sind. Aufgrund der verwendeten Produkte können im Lötrauch Blei und seine Verbindungen, Zinn und seine Verbindungen und Pyrolyseprodukte des Kolophoniums (in der Regel Aldehyde) auftreten.

Siehe Sidhu, A. (Hrsg.): Arbeitsplatzbelastung beim Weich- und Hartlöten in der Elektroindustrie. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer.

In Tabelle 1 sind die relevanten Gefahrstoffe und deren Beurteilungsmaßstäbe zusammengestellt.

Bleiverbindungen sind gemäß der EG-Richtlinie 67/548/EWG als fortpflanzungsgefährdende Stoffe in die Kategorien R_{E1} und R_{F3} eingestuft. Blei als Metall (bioverfügbar) ist in der TRGS 905 als R_{E1} und R_{F3} bewertet. Dies bedeutet, dass Bleiverbindungen beim Menschen bekanntermaßen fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) wirken (R_{E1}) und wegen ihrer möglichen Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit des Menschen Anlass zur Besorgnis geben (R_{F3}). Auch bei Einhaltung des Luftgrenzwertes kann eine Fruchtschädigung bei Exposition Schwangerer nicht ausgeschlossen werden.

Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“.

Ferner sind Bleiverbindungen mit R₃₃ „Gefahr kumulativer Wirkung“ eingestuft. Die Überwachung biologischer Parameter zusätzlich zur Luftüberwachung kann deshalb sinnvoll sein.

Die im Rahmen einer umfangreichen arbeitsmedizinischen Studie gewonnenen Messergebnisse zeigen jedoch, dass sich die Blutbleiwerte von Kolbenlöttern nicht von denen der Allgemeinbevölkerung unterscheiden.

Siehe Sidhu, A. (Hrsg.): Arbeitsplatzbelastung beim Weich- und Hartlöten in der Elektroindustrie. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer.

Gefahrstoff	Einstufung (CMR)	Beurteilungsmaßstab		
		Konzentration mg/m ³	Spitzenbegrenzung; Überschreitungsfaktor	Bemerkung
Blei und seine anorganischen Verbindungen	R _e 1, R _p 3 (TRGS 905/ RL 67/548/EWG) K2 (DFG) Keimzellmutagen 3A	0,15	-	Verbindlicher EU-Grenzwert
		0,1		
Zinn-II-Verbindungen, anorganische	-	8 E	-	AGW (TRGS 900)
Zinn-IV-Verbindungen, anorganische	-	2 E	-	AGW (TRGS 900)
Formaldehyd	K3 (RL 67/548/EWG) K4, Schwangerschaft C, Keimzellmutagen 5 (DFG)	0,37	I (2)	MAK (DFG) Ein Momentanwert von 1,2 mg/m ³ sollte nicht überschritten werden
Acetaldehyd	K3 (RL 67/548/EWG) K5, Schwangerschaft C, Keimzellmutagen 5 (DFG)	91	1; =2(I)	AGW (TRGS 900)
Acrylaldehyd	-	0,2	2(I)	AGW (TRGS 900)
Butyraldehyd	-	64	1(I)	AGW (TRGS 900)

E = einatembare Fraktion

Tabelle 1: Gefahrstoffe, Arbeitsplatzgrenzwerte und Einstufung

Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 505 „Blei“; TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.

4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition

Aus der Messdatendokumentation der Berufsgenossenschaften (MEGA) wurden die Messergebnisse der Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik für die Tätigkeit Weichlöten aus den Zeiträumen

- 1986 bis 1994
- 1995 bis 2000
- 2001 bis 2005

herangezogen. Die Ergebnisse sind im Anhang dargestellt. Für den Zeitraum von 2001 bis 2005 zeigt Tabelle 2 die Anzahl der Messungen sowie die 50- und 95-Perzentile.

Die Messergebnisse sind repräsentativ für die Schichtlänge.

Gefahrstoff	Anzahl der Messungen	50-%-Wert mg/m ³	95-%-Wert mg/m ³
Blei und seine Verbindungen	77	0,001	0,004
Zinnverbindungen, anorganisch	71	0,001	0,018
Formaldehyd	74	0,006	0,03
Acetaldehyd	68	0,01	0,03
Acrylaldehyd	69	0,005	0,005
Butyraldehyd	69	0,01	0,01

Tabelle 2: Anzahl der Messungen und Auswertung der Messergebnisse beim Kolbenlöten für den Zeitraum 2001 bis 2005

Die Empfehlungen entsprechen dem Stand der Technik. Da sich erfahrungsgemäß die Bedingungen an den Arbeitsplätzen beim Kolbenlöten nicht ändern und der Stand der Technik gewährleistet, dass auch bei verfahrens-, betriebs- oder Lüftungstechnischen Änderungen nicht mit einer Expositions-erhöhung zu rechnen ist, ist davon auszugehen, dass die Beurteilungsmaßstäbe bzw. Grenzwerte von Blei und seinen Verbindungen, anorganischen Zinnverbindungen, Acetaldehyd, Acrylaldehyd und Butyraldehyd sowie der Bewertungsindex für Stoffgemische in der Luft am Arbeitsplatz nach der TRGS 402 eingehalten werden.

Für Formaldehyd wird das 95-Perzentil als Beurteilungsmaßstab herangezogen; dieser Wert beschreibt die Exposition nach dem Stand der Technik (siehe Tabelle 2).

Zusätzliche Kurzzeitwert-Messungen wurden nicht durchgeführt. Aufgrund einer rechnerischen Abschätzung ist davon auszugehen, dass die Kurzzeitwerte der berücksichtigten Stoffe zu keiner Zeit überschritten wurden.

5 Schutzmaßnahmen

Lötrauche sind an der Entstehungsstelle abzusaugen. Dazu dienen separate (z. B. Trichter, Hauben) oder an der Spitze des LötKolbens integrierte Erfassungseinrichtungen. Die Absauganlagen sind als Einzelplatz-, Gruppen- oder Zentralabsaugung ausgeführt. Die abgesaugte Luft ist in Abscheidern zu reinigen und in den Arbeitsraum zurück- oder nach außen abzuführen.

Des Weiteren werden so genannte Lötrauchadsorber eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Tischgeräte, die so nah wie möglich an die Lötstelle bzw. an den Lötprozess herangeführt werden. Die Lötrauche werden durch einen Ventilator angesaugt und in einem Bauteil mit Aktivkohle abgeschieden. Lötrauchadsorber als Tischgeräte scheiden die entstehenden Lötrauche nicht ausreichend wirksam ab, so dass die Vorgaben dieser BG/BGIA-Empfehlungen nicht angewendet werden können.

Hinweise zu Schutzmaßnahmen geben die BG-Regel „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ (BGR 121), die VDI-Richtlinie 2262 Blatt 3 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“ und der Untersuchungsbericht „Lötrauchemissionen beim Einsatz von Absauggeräten – Weichlöten“.

5.1 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen

- Jährlich ist zu prüfen, ob die verwendeten Lote den für den entsprechenden Arbeitsbereich im Gefahrstoffverzeichnis erfassten Loten entsprechen.
- Werden andere Lote eingesetzt, so ist zu prüfen, ob diese den BG/BGIA-Empfehlungen entsprechen. Das Ergebnis dieser Prüfung ist zu dokumentieren und das Verzeichnis zu ergänzen.
- Die Wirksamkeit der Absaugung ist regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich zu überprüfen. Das Ergebnis der jährlichen Wirksamkeitsprüfung ist zu dokumentieren.
- Beim Einsatz einer Spitzenabsaugung sind Verkrustungen und Verklebungen regelmäßig zu beseitigen.
- Der Anwender hat sich jährlich über die Gültigkeit dieser Empfehlungen zu vergewissern und dies zu dokumentieren.

5.2 Unterweisung

Die Beschäftigten sind durch regelmäßige Unterweisungen zur Einhaltung der Schutzmaßnahmen zu schulen. Hierbei ist insbesondere auf die Hygiene am Arbeitsplatz einzugehen.

Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“.

6 Anwendungshinweise

Der Anwender dieser BG/BGIA-Empfehlungen muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich, die Gül-

tigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser BG/BGIA-Empfehlungen. Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 7 der Gefahrstoffverordnung.

BG/BGIA-Empfehlungen geben dem Arbeitgeber praxisingerechte Hinweise darauf, wie er sicherstellen kann, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) eingehalten sind bzw. der Stand der Technik erreicht ist, wenn keine AGW vorhanden sind. Bei Anwendung dieser BG/BGIA-Empfehlungen bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere die Informationsermittlung (§ 7), die Verpflichtung zur Beachtung der Rangordnung der Schutzmaßnahmen (§ 9), die Verpflichtung zur Erstellung von Betriebsanweisungen und zur regelmäßigen Unterweisung der Beschäftigten (§ 14) sowie das Angebot arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen (§ 16) bestehen.

7 Überprüfung

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erstmals im Februar 1998 und in überarbeiteter Form im Juni 2008 verabschiedet. Sie werden im Abstand von drei Jahren überprüft und bei Bedarf in überarbeiteter Form veröffentlicht.

8 Weiterführende Literatur

Nachstehend sind die in dieser BG-Information in Bezug genommenen Vorschriften und Regeln aufgeführt:

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere
 - TRGS 400 Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen,
 - TRGS 401 Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen (in Vorbereitung), im Internet: www.baua.de, Rubrik Themen von A-Z, Gefahrstoffe,
 - TRGS 402 Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (in Vorbereitung), im Internet: www.baua.de, Rubrik Themen von A-Z, Gefahrstoffe,
 - TRGS 500 Schutzmaßnahmen,
 - TRGS 505 Blei,
 - TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte,
 - TRGS 905 Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe,

- DIN EN ISO 9453 Weichlote; Chemische Zusammensetzung und Lieferformen (ISO 9453:2006),
- DIN EN ISO 12224-1 Massive Lotdrähte und flussmittelgefüllte Röhrenlote; Festlegungen und Prüfverfahren; Teil 1: Einteilung und Anforderungen,
- DIN EN 29454-1 Flussmittel zum Weichlöten; Einteilung und Anforderungen; Teil 1: Einteilung, Kennzeichnung und Verpackung (ISO 9454-1:1990),
- VDI-Richtlinie 2262 Blatt 3 Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe, Lufttechnische Maßnahmen,
- BG-Regel Schweißbrauche (BGR 220),
Arbeitsplatzlüftung - Lufttechnische Maßnahmen (BGR 121)
Internet: www.arbeitssicherheit.de,
- Schmitt-Thomas, K. G.; Meisel, H.: Arbeitsplatzbelastung beim Weichlöten durch Gas- und Aerosolemissionen aus Lotmetallen und Flussmitteln. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer. Bd. 10. Hrsg.: Bundesminister für Forschung und Technologie. Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf 1984,
- Sidhu, A. (Hrsg.): Arbeitsplatzbelastung beim Weich- und Hartlöten in der Elektroindustrie. Forschungs-Berichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer. Bd 15. Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf 1987,
- Untersuchungsbericht „Lötrauchemissionen beim Einsatz von Absauggeräten - Weichlöten“.
Im Internet unter www.bgetf.de/bilder/pdf/loetrauchemissionen.pdf

Die zitierten Arbeitsschutznormen sind in der jeweils aktuellen Fassung anzuwenden. Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales veröffentlicht (Bundesarbeitsblatt bzw. Gemeinsames Ministerialblatt).

Anhang

Gefahrstoffbelastung beim Weichlöten (Kolbenlöten)

Grundlage für die Erstellung dieser BG/BGIA-Empfehlungen sind Arbeitsplatzmessungen beim Kolbenlöten in Mitgliedsbetrieben der Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik aus den Zeiträumen

- 1986 bis 1994
- 1995 bis 2000
- 2001 bis 2005.

Die Lötarbeiten wurden überwiegend im Sitzen ausgeführt. Dabei wurde entsprechend den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ die Probenahme im Atembereich der Beschäftigten mit personengetragenen oder stationären Probenahmegeräten vorgenommen. Die Probenahmedauer betrug in der Regel zwei Stunden.

Die Tabellen 3 bis 5 zeigen für die berücksichtigten Gefahrstoffe die Anzahl der Messungen, den 50-%-Wert und den 95-%-Wert für die einzelnen Zeiträume. In den Tabellen 6 und 7 sind jeweils für die drei Zeiträume die statistischen Werte zusammengestellt.

Im Rahmen der Auswertungen wurden auch Mehrfachmessungen am selben Arbeitsplatz mit unterschiedlichen Arbeits- oder Lüftungsbedingungen (d. h. Bearbeiten unterschiedlicher Baugruppen, Arbeiten mit und ohne Absaugung) berücksichtigt.

Gefahrstoff	Anzahl der Messungen	50-%-Wert mg/m³	95-%-Wert mg/m³
Blei und seine Verbindungen	81	0,002	0,01
Zinnverbindungen, anorganisch	46	0,035	0,12
Formaldehyd	49	0,007	0,04
Acetaldehyd	39	0,013	0,04
Acrylaldehyd	39	0,005	0,008
Butyraldehyd	39	0,013	0,015

Tabelle 3: Anzahl der Messungen und Auswertung der Messergebnisse beim Kolbenlöten für den Zeitraum 1986 bis 1994

Gefahrstoff	Anzahl der Messungen	50%-Wert mg/m ³	95%-Wert mg/m ³
Blei und seine Verbindungen	54	0,002	0,007
Zinnverbindungen, anorganisch	46	0,003	0,01
Formaldehyd	50	0,01	0,053
Acetaldehyd	48	0,02	0,036
Acrylaldehyd	48	0,01	0,01
Butyraldehyd	48	0,01	0,01

Tabelle 4: Anzahl der Messungen und Auswertung der Messergebnisse beim Kolbenlöten für den Zeitraum 1995 bis 2000

Gefahrstoff	Anzahl der Messungen	50%-Wert mg/m ³	95%-Wert mg/m ³
Blei und seine Verbindungen	77	0,001	0,004
Zinnverbindungen, anorganisch	71	0,001	0,018
Formaldehyd	74	0,006	0,03
Acetaldehyd	68	0,01	0,03
Acrylaldehyd	69	0,005	0,005
Butyraldehyd	69	0,01	0,01

Tabelle 5: Anzahl der Messungen und Auswertung der Messergebnisse beim Kolbenlöten für den Zeitraum 2001 bis 2005

Gefahrstoff	50%-Wert für die Zeiträume		
	1986 bis 1994	1995 bis 2000	2001 bis 2005
Blei und seine Verbindungen	0,002	0,002	0,001
Zinnverbindungen, anorganisch	0,035	0,003	0,001
Formaldehyd	0,007	0,01	0,006
Acetaldehyd	0,013	0,02	0,01
Acrylaldehyd	0,005	0,01	0,005
Butyraldehyd	0,013	0,01	0,01

Tabelle 6: Statistische Auswertung des 50%-Wertes für die berücksichtigten Zeiträume

Gefahrstoff	95%-Wert für die Zeiträume		
	1986 bis 1994	1995 bis 2000	2001 bis 2005
Blei und seine Verbindungen	0,01	0,007	0,004
Zinnverbindungen, anorganisch	0,12	0,01	0,018
Formaldehyd	0,04	0,053	0,03
Acetaldehyd	0,04	0,036	0,03
Acrylaldehyd	0,008	0,01	0,005
Butyraldehyd	0,015	0,01	0,01

Tabelle 7: Statistische Auswertung des 95%-Wertes für die berücksichtigten Zeiträume