

Ausbildungskonzepte für das Lichtbogenlöten im Stahlleichtbau

Christian Eisenbeis, SLV Duisburg, Niederlassung der GSI-mbH

Bei über 50 Millionen Kraftfahrzeugen in Deutschland ist die Karosserie-Instandsetzung ein wichtiger Faktor für das Kfz-Gewerbe. Hinsichtlich der fachgerechten Reparatur bzw. Instandsetzung besteht jedoch dringender Bedarf an geeigneter Qualifizierung für das Personal. Der neuen Technologie des Lichtbogenlötens („MIG-Löten“) kommt hierbei besondere Bedeutung zu. Der DVS konnte zwischenzeitlich sowohl grundlegende technische Informationswerke erstellen und anbieten als auch eine entsprechende Schulungs- und Qualifizierungsmaßnahme erarbeiten und erfolgreich erproben.

1. Einleitung

Neu entwickelte Werkstoffe, neue Werkstoffkombinationen, neue Fertigungskonzepte und auch Fügeverfahren werden heute im Stahlleichtbau, besonders in der Kraftfahrzeugfertigung eingesetzt. Im Hinblick auf eine fachgerechte Reparatur bzw. Instandsetzung ergeben sich somit auch neue fachliche Anforderungen an das Personal in den Reparaturwerkstätten für Kraftfahrzeuge.

Der DVS kann hierzu sowohl eine aktuelle fundierte technische Information über das MSG-Löten im Rahmen der neuen Merkblätter DVS 0938-1 und DVS 0938-2, die im Ausschuss für Technik durch die Arbeitsgruppe Lichtbogenlöten erarbeitet wurden, anbieten, als auch die Richtlinie 1110 (Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung von Kraftfahrzeugen) vorstellen, die von der Fachgruppe „Ausbildung Karosserie“ der DVS-Arbeitsgruppe Schulung und Prüfung erarbeitet wurde.

Praktische Erfahrungen konnte die SLV Duisburg jetzt mit ersten Schulungsmaßnahmen auf der Basis der neuen Richtlinie erhalten.

2. Entwurf einer neuen Richtlinie DVS 1110 „Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung“

Inhalt und Aufbau der Richtlinie:

Diese Richtlinie bietet eine Kombination von gezielter fachkundlicher und praktischer Ausbildung, die ergänzt wird durch praxisbezogene Übungsbeispiele. Sie gliedert sich in die drei Hauptmodule:

- Modul 1: MIG-Löten und Metall-Schutzgasschweißen*
- Modul 2: Kunststofffügen*
- Modul 3: Mechanisches Fügen und Kleben*

Das Basiswissen und die in der Karosseriereparatur erforderlichen Handfertigkeiten beziehen sich sowohl auf Schadensfälle an der Außenhaut als auch an der Struktur (Quer- und Längsträger, Schweller) eines Fahrzeuges. Die Aufgliederung erfolgt dabei jeweils nach Themenschwerpunkten wie Werkstoffe, Verfahren, Reparaturmethoden und Qualitätssicherung.

Im Nachfolgenden wird speziell auf das Modul 1 „MIG-Löten und Metall-Schutzgasschweißen“ eingegangen; so wie dieses gliedern sich aber alle Module in die drei Teile

- *Fachkunde*
- *Praxisbezogene Übungen zum fachkundlichen Teil*
- *Prozessspezifische Praxis.*

Infolge der vom Handwerk vorgegeben nur kurzen Schulungszeit liegt der Schwerpunkt auf den fachpraktischen Vorführungen und Übungen.

In der zeitlich komprimierten praktischen Ausbildung werden dem Teilnehmer die erforderlichen Arbeitstechniken demonstriert und diese anschließend von ihm selbst geübt. Auch nach dem Lehrgang ist natürlich ein ständiges Üben notwendig, um die notwendige Handfertigkeit zu erlangen und zu erhalten.

Teilnahmevoraussetzung:

Für die Teilnahme werden eine Ausbildung im Kfz-Handwerk oder in der Metallverarbeitung empfohlen, und die hierzu speziellen Handfertigkeiten vorausgesetzt.

Dauer der Qualifizierungsmaßnahme:

Die Dauer des Moduls beträgt nur 2 Tage, um damit den Bedürfnissen der Reparaturbetriebe zwangsläufig Rechnung zu tragen. Erfahrungsgemäß sind immer weniger Betriebe bereit, ihr Personal für mehr als zwei Tage für Weiterbildungsmaßnahmen freizustellen. Um dennoch innerhalb dieser kurzen Zeit erfolgreich zu sein, müssen die von den Teilnehmern in den prozessspezifischen Arbeitsübungen zu bearbeitenden Karosseriebleche und Strukturteile durch die Bildungseinrichtung bereits vorgefertigt werden.

Die projektbezogene Ausrichtung:

Im Idealfall sollte natürlich eine Schulung an den Originalbauteilen erfolgen, die auch im Betrieb vorkommen. Im Ausbildungsbereich ist jedoch dieser Aufwand sowohl aus Platz- als auch aus Kostengründen kaum realisierbar. Zudem könnten nicht alle Teilnehmer gleichzeitig am Bauteil arbeiten. Auch der Zeitaufwand für die Bearbeitung eines Originalteiles wäre immens. Daher wurden solche Übungsstücke entwickelt, die der Praxis möglichst nahe kommen.

Die wichtigsten Übungsstücke:

Bild 3 zeigt das Übungsstück „Außenhaut“; Bild 6 als Beispiel für ein tragendes Teil einen „Längsträger“ aus Hutprofil mit Deckblech, Bild 14 zeigt einen Sechseck-Längsträger.

Der Crash-Versuch im Rahmen der „Qualitätssicherung“:

Die Arbeitsgruppe hat bei dieser Schulungsmaßnahme besonderen Wert auf eine praxisnahe Prüfung der erstellten Übungsstücke gelegt. Hierzu gab es beste Erfahrungen auch mit einem Fallturm zum Crash-Test (Bild 15), der von Herrn Theo Krämer (Berufskolleg Köln) entworfen und überraschend wirkungsvoll ist. Nicht nur für die Teilnehmer interessant: die MAG-geschweißten Lochpunkte waren nach dem Crashtest vielfach ausgeknöpft, die MIG-gelöteten Langlöcher hielten der Belastung stand.

Zusätzliche notwendige Rahmenbedingungen:

Voraussetzung sind moderne, für das MIG-Löten speziell geeignete Stromquellen, die die Einstellung und Einhaltung der geforderten unterschiedlichen Schweißparameter ermöglichen. Ebenso müssen geeignete Werkzeuge für die Vor- und Nachbearbeitung durch Schneiden und Schleifen zur Verfügung stehen und der richtige Umgang eingeübt werden. Auch hierzu gibt die Richtlinie für das MIG-Löten spezifische Anregungen.

Ergänzende Materialien zur Richtlinie DVS 1110:

Die Fachgruppe 2.9 des DVS hat zusätzlich zur Ausbildungsrichtlinie eine ausführliche Teilnehmermappe „Fachgerechte Karosserieinstandsetzung von Kraftfahrzeugen“ entworfen, welche die notwendigen fachkundlichen Grundlagen in verständlicher Form erläutert und zahlreiche, praxisbezogene und auf die Übungen abgestimmte zusätzliche Hinweise enthält. Ein sehr detaillierter 50seitiger Leitfaden für die Ausbilder ermöglicht die abgestimmte Schulung und Vorbereitung auch der Ausbilder für diese Schulungsmaßnahme

Auszüge aus der Richtlinie:

Um einen Eindruck auch hinsichtlich der Anwendungsorientierung zu erhalten, werden im Anhang in den Bildern 1 bis 6 einige Ausschnitte aus dem Bereich „Übungsaufgaben“ bzw. „Arbeitsübungen“ wiedergegeben .

3. Erster Pilotlehrgang in der SLV Duisburg im Dezember 2004

Auf Basis der Richtlinie DVS 1110 „MAG-Schweißen und MIG-Löten / Modul 1“ wurde erstmals in der SLV Duisburg ein zweitägiger Lehrgang als Pilotlehrgang durchgeführt. 20 Mitarbeiter aus Unternehmen des Kfz-Verbandes nahmen hieran teil. Für je 2 Teilnehmer stand eine für das MIG-Löten vorbereitete Schweißanlage zur Verfügung. Einige Eindrücke sind im Anhang in den Bildern 12-17 wiedergegeben.

Übergeordnete Zielvorgabe war, den Teilnehmern Anregungen zu geben, wie sich auch im Automobilbau die sich ihnen stellenden veränderten Anforderungen

- mit Hilfe neuer Techniken
- mit Hilfe neuer Gerätegenerationen
- professionell und fachgerecht
- bei verkürzten Reparaturzeiten und
- unter Vermeidung von Fehlern

erfüllen lassen

Die zeitliche Vorgabe (Wochenendkurs) sowie die Vorgabe der Richtlinie berücksichtigend war der Kurs konzipiert als kurze und kompakte Einweisung in moderne Reparaturmöglichkeiten und als praktisches Training sowohl zum MAG-Schweißen als insbesondere zum MIG-Löten an den speziell angefertigten Übungsblechen für die Außenhaut und für die Strukturteile (Längsträger). Die sehr motivierten Teilnehmer nahmen die fachkundlichen und praktischen Anregungen mit Interesse auf.

Im Gesamtablauf orientierte man sich an der Vorgabe der Richtlinie; und hierzu wurden folgende Themen eingehender behandelt:

Reparatur an der Außenhaut:

<u>Fachkunde:</u>	Grundlagen der Karosseriebleche, MAG-Schweißen / MIG-Löten
<u>Praxisbezogene Übungen:</u>	Karosseriebleche, Fügen an der Außenhaut, Geräteeinstellung
<u>Prozessspezifische Praxis:</u>	MAG-Schweißen / MIG-Löten an Karosserieblechen, Arbeitsübung „Außenhaut“, Oberflächenbearbeitung

Reparatur an der Struktur:

<u>Fachkunde:</u>	Strukturteile, Reparaturmöglichkeiten an Längsträgern
<u>Praxisbezogene Übungen:</u>	Strukturteile in der Praxis, Längsträger in der Praxis
<u>Prozessspezifische Praxis:</u>	Arbeitsübung „Struktur“ (Längsträger)

Zerstörende Prüfung (Crash-Test):

Besondere Aufmerksamkeit erhielt der Lehrgang durch den Einsatz eines hierzu konzipierten „Crashturmes“, mit deren Hilfe alle Teilnehmer ihre erstellten Arbeitsübungen auf ihre Beanspruchungssicherheit selbst testen konnten. Aus unterschiedlichen Höhen fällt dabei eine Masse von 275 kg und simuliert damit konkrete Aufprallgeschwindigkeiten eines Kraftfahrzeugs.

Die Durchführung wurde sehr unterstützt durch einen der maßgeblichen Verfasser der Richtlinie, Herrn Krämer vom Berufskolleg Köln. Herr Krämer konnte hierzu bereits auf Erfahrungen in früheren Lehrgängen im Kfz-Handwerk zurückgreifen; zudem gab er als Karosserie-Fachmann auch Anregungen z.B. zum Umgang mit einer neuartigen gefächerten, (beim Schleifen somit „durchsichtigen“ Schleifscheibe oder demonstrierte eine effiziente Ausbeulmöglichkeiten unter der Anwendung des MIG-Löt-Prozesses.

Die Firma EWM HIGHTEC WELDING GmbH, Mündersbach stellte freundlicherweise für diesen und auch die noch folgenden Lehrgänge die unbedingt notwendigen speziellen MIG-Lötanlagen zur Verfügung.

Erfahrungen und Anregungen aus dem ersten Pilot-Lehrgang

Zeitliche Beschränkung

Die Konzentration auf nur 2 Tage ist extrem kurz; hier muss man sich aber an der Bereitschaft und den momentanen Möglichkeiten der Betriebe orientieren

Schulungsunterlagen hilfreich

Das Schulungsprogramm ist wirkungsvoll; die gezielt ausgerichteten Ausbilder- und Schülerunterlagen unterstützen die gezielte und direkte Vermittlung der fachkundlichen Schwerpunkte und erleichtern die schnelle Umsetzung der wichtigsten praktischen Übungseinheiten.

Praktische Voraussetzungen unterschiedlich

Praktische Voraussetzungen im MAG-Schweißen müssen vorliegen, da die Lehrgangszeit für nachzuholende Trainingseinheiten keinen Raum bietet. In einigen Fällen schmälerete noch nicht ausreichende Handfertigkeit im MAG-Schweißen auch die praktische Umsetzung des MIG-Lötens. Hier ermöglicht der Lehrgang die Aufnahme der zahlreichen Anregungen, die aber anschließend im nachfolgenden betrieblichen praktischen Training umgesetzt und gefestigt werden können.

Technisches Gerät ist Voraussetzung

Faszinierend war die unmittelbare Prüfung des geschweißten/gelöteten Trägers im Crash-Test; er war zweifelsohne ein Highlight in diesem Lehrgang. Ein derartiger praxisnaher Abschlusstest mit einem Fallturm, der es ermöglicht, dass sich auch unterschiedlich gefertigte oder auch bewusst fehlerhafte Bauteile sofort durch die Teilnehmer selbst prüfen lassen, hat eine hoch einzuschätzende psychologische Bedeutung.

MIG-Löten lässt sich qualitativ abgesichert nur mit hierzu geeigneten technisch-aktuellen MIG-Lötanlagen durchführen, so wie sie heute auf dem Markt angeboten werden. Eine vorerst noch teure Investition für eine Ausbildungsstelle. So war im vorliegenden Fall die Unterstützung durch einen kompetenten Gerätehersteller eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung des Pilotlehrganges.

Hohe Motivation, hohe Anforderungen auch an die Ausbilder

Mit Erstaunen wurde die hohe Lernbereitschaft und das nachhaltige Interesse der Teilnehmer sowohl an den fachkundlichen wie auch praktischen Lehrinhalten aufgenommen.

Damit stellen sich aber auch an die Ausbilder besondere Anforderungen. Hierzu sind der detaillierte Ausbilderleitfaden, und natürlich auch die Kenntnis dessen Inhalts, eine große Hilfe, um den Lehrgang effektiv und fachlich kompetent gestalten zu können. Die Anforderungen erstrecken sich im Prinzip von Kenntnissen des Karosserieaufbaus unterschiedlichster Kfz-Typen bis hin zu metallurgischen Fragen des MIG-Lötens. Auch sehr spezifische Fragestellungen der Teilnehmer möchte man beantworten.

Vertiefung wünschenswert

Eine Ausdehnung des zeitlichen Umfanges zugunsten einer tiefergehenden und mehr abgesicherten Ausbildung wäre natürlich sehr wünschenswert, hierzu ist aber die Bereitschaft der Betriebe Voraussetzung. Auch vertiefte Kenntnisse z.B. in den Bereichen Handfertigkeit, Fehlererkennung und Fehlervermeidung wären wünschenswert und notwendig.

Bereitschaft der Betriebe

Dies alles erfordert die Bereitschaft und Mitarbeit der entsprechenden Kammern. In einigen Bereichen wird die Notwendigkeit der Qualifizierung und Weiterbildung als sehr dringend gesehen; andere Stellen sind eher zurückhaltend. Ohne Nachdruck und ohne Aufklärung über den Handlungsbedarf besteht Gefahr, dass viele Firmen den Fortschritt komplett verpassen. Dabei werden bereits Serien-Pkws (u.a. der neue Opel Vectra C) produziert werden, deren Karosserien komplett MIG-gelötet werden. Und diese Fahrzeuge können wiederum nur durch den MIG-Lötprozess fachgerecht repariert werden.

4. Die neuen DVS-Merkblätter 0938 Teil 1 und 2 „Lichtbogenlöten“

Teil 1: Grundlagen, Verfahren, Anforderungen an die Anlagentechnik

Teil 2 Anwendungshinweise

Diese beiden Merkblätter wurden von der DVS-Arbeitsgruppe „Lichtbogenlöten“ erstellt. Sie stellen zurzeit die einzige offizielle und zugleich hoch aktuelle Dokumentation mit einer Vielzahl grundlegender technischer Angaben zum Lichtbogenlöten dar. Beide Blätter sind somit ein wichtiger Beitrag zum MIG-Löten; mit über 26 informativen Bildern und Tabellen bieten sie zahlreiche Vorgaben zur angemessenen Anwendung dieses Verfahrens.

Damit können diese Merkblätter als Vorgabe für Qualitätsanforderungen von MIG-Lötverbindungen nicht nur in der Praxis, sondern auch zur fachkundlichen Unterstützung in der Ausbildung sehr hilfreich eingesetzt werden. Sie unterstützen die Umsetzung des im Lehrgang erworbenen Grundlagenwissens in die Praxis, besonders bei der Karosseriefertigung. Letztlich haben hier Fachleute aus der Automobilfertigung einen maßgeblichen Beitrag bei der Erstellung dieser Unterlagen geliefert.

Um einen Eindruck vom Inhalt dieser beiden Merkblätter zu erhalten, werden im Anhang Beispiele einiger wichtiger Inhalte auszugsweise aufgezeigt.


5. Schrifttum:

Richtlinie DVS 1110	Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung von Kraftfahrzeugen Übersichtsblatt
Richtlinie DVS 1110-1	Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung von Kraftfahrzeugen Modul 1: MIG-Löten und Metall-Schutzgasschweißen
Richtlinie DVS 1110-1	Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung von Kraftfahrzeugen Beiblatt 1 (Inhalte und Lernziele, detailliert)
Richtlinie DVS 1110-1	Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung von Kraftfahrzeugen Beiblatt 2 (Übungsaufgaben, Arbeitsübungen, Bauteilprüfung)
Richtlinie DVS 1110	Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung von Kraftfahrzeugen Ausbilderleitfaden Modul 1
Richtlinie DVS 1110	Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung von Kraftfahrzeugen Teilnehmerunterlagen Modul 1
Merkblatt DVS 0938-1	Lichtbogenlöten - Grundlagen, Verfahren, Anforderungen an die Anlagentechnik
Merkblatt DVS 0938-2	Lichtbogenlöten - Anwendungshinweise
Hils, Krämer und Kraume:	Reparatur an modernen Kraftfahrzeugen – ein neues Lehrgangskonzept Vortrag auf der Großen Schweißtechnischen Tagung in Magdeburg 2004

Bilder- und Tabellenanhang

- Auszüge aus der neuen Richtlinie DVS 1110-1
- Auszüge aus dem Merkblatt DVS 0938 „Lichtbogenlöten
- Bilder aus dem ersten Praxis-Lehrgang
„MIG-Löten und MSG-Schweißen in der
Karosserie-Instandsetzung

--- Auszüge aus der neuen Richtlinie DVS 1110-1 ---

DVS - DEUTSCHER VERBAND FÜR SCHWEISSEN UND VERWANDTE VERFAHREN E. V.	Fachgerechte Karosserie-Instandsetzung von Kraftfahrzeugen – Modul 1: MIG-Löten und Metall-Schutzgasschweißen –	 Richtlinie DVS 1110-1 Beiblatt 1
--	--	--

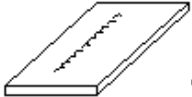


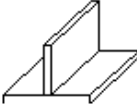
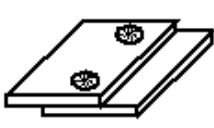
Auftraglöten	PA		Brennerführung: stechend
Heften	PA		Brennerhaltung: neutral Heftpunktabstand: 25 · x · t Lötspalt: etwa 0,8 · mm
Überlappnaht	PA	 Überlappung: 25 · mm	Brennerführung: stechend Heften: (Heftpunktabstand: 50 · x · t) Zinkabbrand: beachten
Kehlnaht	PA		Brennerführung: stechend Keine Schweißnahtwurzel Zinkabbrand- und Spritzerbildung: beachten
Lochpunktnaht	PA	 Überlappung: 25 · mm	Brennerführung: neutral Lochanzahl: 8 Randabstand: 12,5 · mm Loch-Ø: 6 · x · t Lochabstand: 30 · mm Zinkabbrand: beachten

Bild 1: Beispiele von Übungsaufgaben „Außenhaut“ (Prozess: MIG-Löten)
 Auszug aus Tab 2 (DVS 1110-1)


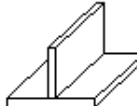
I-Naht	PA		Brennerführung: stechend Lötspalt: etwa 1,5 · mm Nahtwurzel
Kehlnaht	PA		Brennerführung: stechend Keine Nahtwurzel a-Maß: einhalten
Arbeitsübung „Struktur“	Entsprechend Einbaulage	siehe Bild 2	Reihenfolge der Aufgabenerledigung: 1 → Teile an den 4 Ecken heften → (Lötspalt: etwa 1,5 · mm) 2 → Gegenüberliegende Seiten in Einbaulage löten Brennerführung: je nach Lötposition: stechend oder schleppend

Bild 2: Beispiele von Übungsaufgaben „Struktur“ (Prozess: MIG-Löten)
 Auszug aus Tab 3 (DVS 1110-1)



Bild 3:
 Die Arbeitsübung
 „Außenhaut“
 (Prozess: MIG-
 Löten)

- Reihenfolge:
 1. Lochpunktnaht
 2. I-Naht
 3. Langlochnaht
 4. Überlappnaht
 5. Kehlnaht

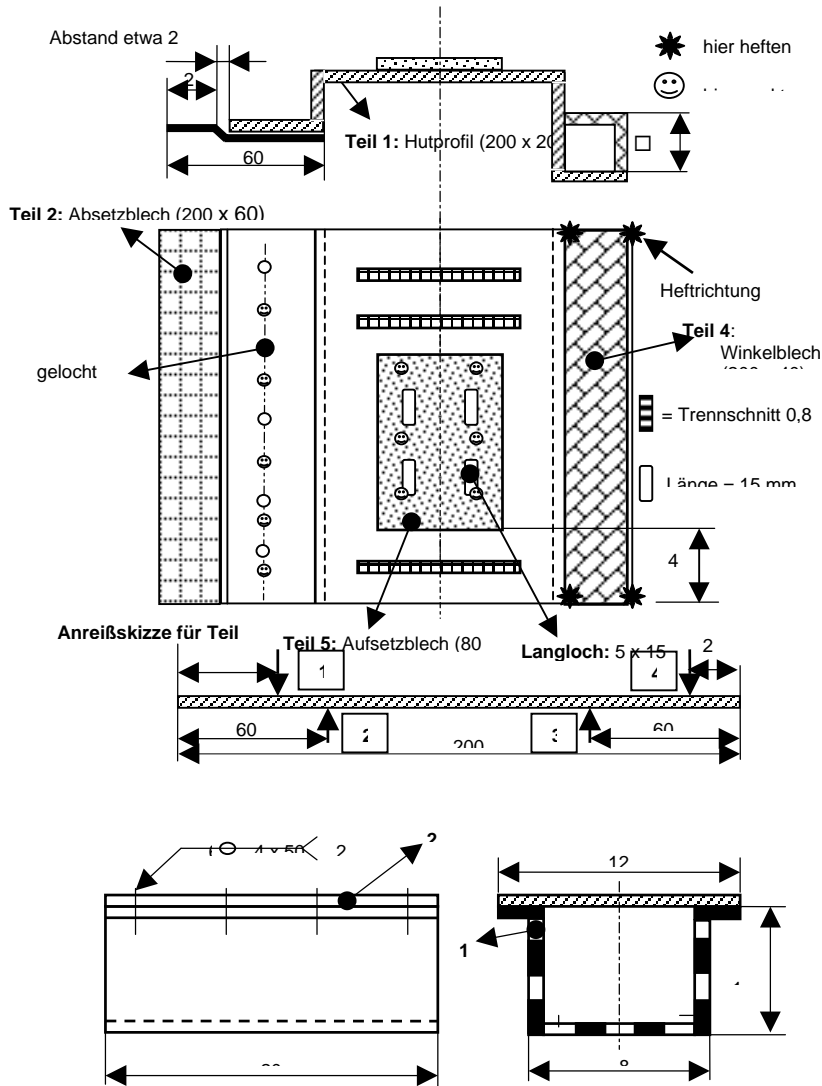


Bild 4:

Anleitung zur
 Fertigung der
 Arbeitsübung
 „Außenhaut“

Bild 5:

Arbeitsübung
 „Struktur“,
 Fertigungsskizze



Bild 6:

Arbeitsübung
 „Struktur“
 MIG-Löten der
 Einzelteile

--- Auszüge aus dem Merkblatt DVS 0938 „Lichtbogenlöten“ ---

DVS – DEUTSCHER VERBAND FÜR SCHWEISSEN UND VERWANDTE VERFAHREN E.V.	Lichtbogenlöten Grundlagen, Verfahren, Anforderungen an die Anlagentechnik	Merkblatt DVS 0938-1 <small>(September 2001)</small>	DVS ®
			<small>Februar 2004</small>
DVS – DEUTSCHER VERBAND FÜR SCHWEISSEN UND VERWANDTE VERFAHREN E.V.	Lichtbogenlöten Anwendungshinweise	DVS Merkblatt DVS 0938-2	

Tabelle 6. Empfehlungen zur Bewertung des inneren und äußeren Befundes von Lichtbogenlötmähten, angelehnt an DIN EN ISO 18279.

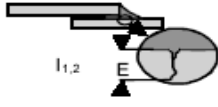
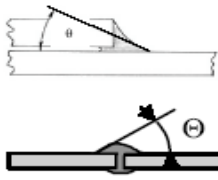
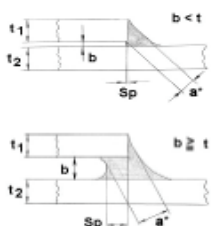
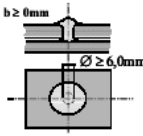
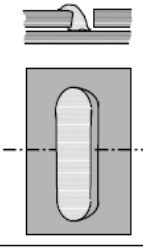
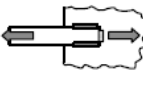
Lfd. Nr. Ordgs-Nr.	Merkmale	Bemerkungen	Zulässige Abweichungen
I 1AAAA	Risse 	a) in der LN b) in der WEZ b) im Grundwerkstoff (auch Lötisigkeit)	nicht zulässig
II 2AAAA	Hohlraum Gaseinschluss, Gaspore, große Gasnester, Oberflächenpore, Oberflächenblase	Gasgefüllte Hohlräume, einzeln oder örtlich gehäuft, zur Oberfläche geöffnet bzw. in Oberflächennähe	Im Schlifffbild: bis max. 20% der projektierten Fläche zulässig Oberflächenporen in korrosionsgefährdeten Bereichen und Sichtbereichen nicht zulässig
III 3AAAA	Feststoffeinschluss	Einschluss von fremdem Material oder nichtmetallischen Teilchen im Lötgut, z. B. Oxid-, Metall- oder Flussmitteleinschluss	Im Schlifffbild: bis max. 20% der projektierten Fläche zulässig Einschlüsse an Oberfläche: In korrosionsgefährdeten Bereichen und Sichtbereichen nicht zulässig
	Benetzungsfehler 	Der Übergang Lötgut / Grundwerkstoff muss möglichst tangential ausgebildet sein.	$\theta < 90^\circ$ für dynamisch belastete Konstruktionen $\theta \leq 25^\circ$
	Nahtdicke und Spaltfüllung* 	keine oder unzureichende Bindung zwischen Lötgut und Grundwerkstoff, unvollständige Spaltfüllung	Kehlnaht am Überlappstoß: wenn $b < t_{min}$ gilt: $a^* 0,7 \times t_{min}$ und $Sp = 0$ wenn $b \geq t_{min}$ gilt: $a^* t_{min}$ und $Sp > 0$
a* als Merkmal des inneren Befundes darf nicht in der konstruktiven Berechnung verwendet werden			

Bild 7:

Auszug aus Tabelle 6:
Empfehlungen zur Bewertung von Unregelmäßigkeiten in der Lichtbogenlötverbindung
Für das MIG-Löten angelehnt an ISO 18279

Bild 8:
Auszug aus Tabelle 5:
Zahlreichen Beispielen für konstruktive Vorgaben zum Lichtbogenlöten

Tabelle 5. Fortsetzung.

Nr.	Bezeichnung	Darstellung	Vorgaben
2	Ausnahme: Lochlötung		- Ab einem Lochdurchmesser von $D_L \geq 6,0$ mm wird bei (unlegierten Tiefziehstahl-)Blechen mit $t \leq 1,0$ mm die Festigkeit eines entsprechenden Widerstandsschweißpunktes erreicht
3	Empfehlung: Langloch		- Oft einseitige Anbindung ausreichend Hinweis: Festigkeitsanforderungen beachten und nötigenfalls durch Versuche absichern
4	kleineren Querschnitt anschließen		- Die Gesamtlänge der Lötnaht muss länger als der auf Zug belastete Querschnitt sein.

Der Zusatzwerkstoff hat beim Lichtbogenlöten einen großen Einfluß auf die Verbindungsqualität. Daher ist es wichtig, den Zusatzwerkstoff im Zeichnungseintrag mit anzugeben.

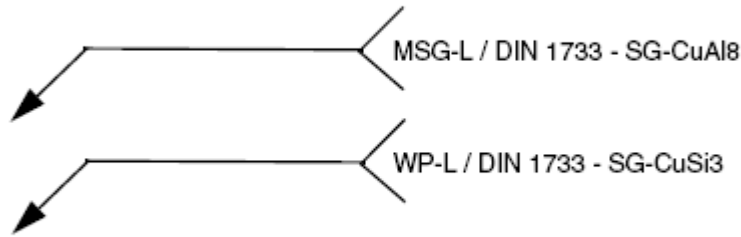


Bild 2. Zeichnungseintrag am Beispiel des MSG- bzw. Plasmalötens.

Dem Anwendungsfall entsprechend sind die Arbeitsposition, der Mechanisierungsgrad und die Nahtart zu ergänzen.

Bild 9:

Beispiel für mögliche Zeichnungseinträge; Hinweis auf die Bedeutung der Angabe des Zusatzwerkstoffes

Das Merkblatt Lichtbogenlöten enthält zusätzliche Hinweise auf Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften aller gängigen Lötzusätze

Tabelle 6. Lötgeometrien, Blechdicken ≤ 3,0 mm.

Bezeichnung	Skizze	Günstige Spaltbreiten (Lötoraussetzungen)	
		un- und niedrigleg. Stahl	austenit. Edelstahl
I-Naht am Stumpfstoß		0,1 mm < s < 1,5 t _{min} aber s ≤ 2 mm	
Kehlnaht am T-Stoß		0,1 mm < s < 1,5 t _{min} aber s ≤ 2 mm	
Kehlnaht am Überlappstoß		0,1 mm < s < 1,5 t _{min} aber s ≤ 2 mm	t _{min} ≤ 1,0 mm s _{max} = t _{min} 1,0 mm ≤ t _{min} ≤ 1,8 mm s _{max} = 1,0 mm

Bild 10

Auszug aus der Tab 6 (Teil 1)

Beispiele von Lötgeometrien bei Blechdicken unter 3,0 mm

Tabelle 7. Auswahl von Prüfverfahren für Lichtbogenlötverbindungen.

Art der Prüfung	zur Ermittlung von	Bemerkung
1. Mechanisch-Technologische Prüfverfahren		
1.1. Quasistatischer Scherzugversuch	*Scherzugfestigkeit τ *Zugfestigkeit σ	z. B. nach AWS C.3.1-63
1.2. Dauerfestigkeitsversuch	*Dauerfestigkeit σ _D	z. B. „H“-Proben
1.3. Untersuchung auf schlagartige Belastung	*Festigkeit unter schlagartiger Belastung	z. B. Fallhammerversuch, Crash-Versuch
2. Metallographische Untersuchungen		
2.1. Schliffuntersuchung	innerer Befund (Poren, Risse, Anschmelzungen etc.)	zu unterscheiden * Mikro- oder Makroschliff
2.2. Härtemessungen	Härte in Naht, Übergangsbereich, WEZ, Grundwerkstoff, Diffusionszonen etc.	zu unterscheiden: Mikro- oder Makrohärte
3. Zerstörungsfreie Prüfungen		
3.1 Sichtprüfung	äußerer Befund	evtl. Lupe
3.2. Farbeindringprüfung	zur Oberfläche geöffnete Risse	qualitative Beurteilung
3.3. Ultraschallprüfung	Risse, Fehlstellen, Poren, die parallel zur Oberfläche liegen	Dokumentation beim „C-Bild-Verfahren“
3.4. Durchstrahlungs-(Röntgen-) Prüfung	Risse, Fehlstellen, Poren, die senkrecht zur Oberfläche liegen	Dokumentation durch Durchstrahlungsaufnahme (Film)

Bild 11:

Auszug aus Tabelle 7 (Teil 1)

Einige Möglichkeiten der zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfung von Lichtbogenlötverbindungen

Zusätzlich auch Hinweise zur Ätztechnik für unterschiedliche Grundwerkstoffe (Stahl, Kupfer) sowie Mikro- oder Makroschliff

Erster Praxis-Lehrgang „MIG-Löten und MSG-Schweißen in der Karosserie-Instandsetzung“ in der SLV Duisburg nach Richtlinie DVS 1110-1 am 3. und 4. Dezember 2004

Die nachfolgenden Bilder geben einige Eindrücke der MIG-Lötschulung bzw. gelöteten Bauteile wieder:



Bild 12

Übungsstück „Außenhaut“, von einem Lehrgangsteilnehmer entsprechend den Vorgaben Lichtbogen (MIG-) gelötet



Bild 13

Von Teilnehmern gefertigte typische Übungsstücke

- Übungsstück Außenhaut
- Übungsstück Längsträger
- Übungsstück Sechseckträger

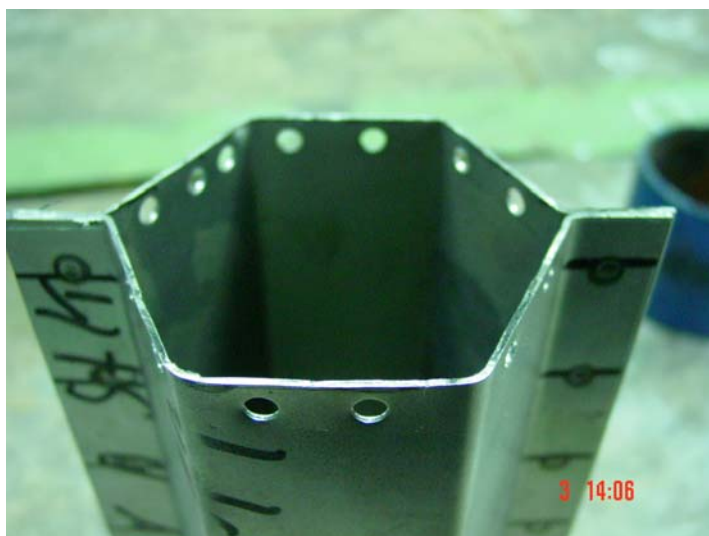


Bild 14

Die Übungsstücke sollten möglichst praxisnah sein: hier ein Sechseck-Längsträger, der dem Längsträger eines realen PKW nachempfunden ist. Die Teile werden danach über einen Schuh verbunden (Simulation der Reparatur)



Bild 15

Auslösung des Fallgewicht-Versuches („Crash-Test“) Auf der Bodenplatte steht der gelötete Sechseckträger.



Bild 16

Ein Träger nach dem Test.

An anderen Bauteilen knöpften die MAG-geschweißten Lochpunkte teilweise aus, während die MIG-gelöteten Langlöcher der Beanspruchung standhielten.



Bild 17

Im Crash-Test bestanden!
Und viel Freude über die neu hinzugelernete Technik.