

# **Hartlöten – Eine Einführung**

Erarbeitet vom Arbeitskreis „Schulungsunterlagen“ und der Arbeitsgruppe V6.1 „Hartlöten“  
im Ausschuss für Technik des DVS

1. Auflage

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Geschichte und Entwicklung</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Definition und Abgrenzung</b>	<b>9</b>
3.1	Definition	9
3.2	Einteilung des Lötens	10
3.3	Abgrenzung des Lötens von den anderen Fügeverfahren	11
3.3.1	Abgrenzung des Lötens vom Schweißen	11
3.3.2	Abgrenzung des Lötens vom Kleben	13
3.4	Terminologie	14
<b>4</b>	<b>Vorgänge beim Löten</b>	<b>16</b>
4.1	Lötbarkeit	16
4.2	Benetzen des Grundwerkstoffs durch flüssiges Lot	16
4.3	Oberflächenaktivierung	18
4.3.1	Oberflächenaktivierung mit Flussmitteln	19
4.3.2	Oberflächenaktivierung mit Schutzgasen	20
4.3.3	Oberflächenaktivierung durch Vakuum	23
4.4	Fließen des Lotes in den Lötspalt	24
4.5	Werkstoffkundliche Vorgänge	25
<b>5</b>	<b>Lötgerechte Konstruktion</b>	<b>27</b>
5.1	Fixierung von Bauteilen und Lot	27
5.2	Dimensionieren von Lötstellen	28
5.3	Konstruktionsregeln	29
<b>6</b>	<b>Grundwerkstoffe</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>Lote und Hilfsstoffe</b>	<b>33</b>
7.1	Lote	33
7.1.1	Eigenschaften verschiedener Lotlegierungen	33
7.1.2	Kennzeichnung der Lote	34
7.2	Flussmittel	35
7.2.1	Beschreibung und Anforderungen	35
7.2.2	Eigenschaften der Flussmittel	35
7.2.3	Einteilung der Flussmittel	36
7.3	Schutzgase	36
<b>8</b>	<b>Lötverfahren</b>	<b>38</b>
8.1	Einteilung der Lötverfahren	38
8.2	Ofenlöten	39
8.2.1	Ofenlöten mit reduzierendem Schutzgas	40
8.2.2	Ofenlöten mit inerten Schutzgasen	41
8.2.3	Ofenlöten im Vakuum	41
8.3	Flammlöten	42

8.4	Induktives Löten	42
8.5	Widerstandslöten	44
8.6	Lichtbogenlöten	46
8.6.1	Prozesse	46
8.6.2	Grundwerkstoffe	48
8.6.3	Lotwerkstoffe und Schutzgase	48
8.6.4	Stoßarten	49
8.7	Laserstrahllöten	50
8.7.1	Laserstrahlssysteme	50
8.7.2	Vor- und Nachteile des Laserstrahlhartlötens	50
8.7.3	Wichtige Verfahrensparameter	51
8.7.4	Anwendungsbeispiele Laserstrahllöten	52
<b>9</b>	<b>Prüfung von Lötverbindungen</b>	<b>53</b>
<b>10</b>	<b>Arbeitssicherheit und Umweltschutz</b>	<b>56</b>
<b>11</b>	<b>Normung und Produkthaftung</b>	<b>57</b>
<b>12</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>58</b>
12.1	Kühlmittelkühler aus Aluminium, Behr Stuttgart	58
12.2	Aluminium-Stapelscheiben-Ölkühler, Behr Stuttgart	58
12.3	Induktionslötanlage für Aluminiumprofile, Eldec Dornstetten	59
12.4	Induktionslötanlage für Hydraulik- oder Kraftstoffleitungen, Eldec Dornstetten	60
12.5	Mobile Induktionslötanlage mit Lötpistole zum Überlapplöten, Eldec Dornstetten	60
12.6	Induktionslöten von Kurzschlussläufern, Eldec Dornstetten	61
12.7	Induktionslöten von Kupferverbindungen, Eldec Dornstetten	61
12.8	Innenbeschichtung von Rohren durch Löten, Innobraze GmbH, Esslingen	62
12.9	Abrasivwerkzeug, Innobraze GmbH, Esslingen	62
12.10	Badheizkörper, Innobraze GmbH, Esslingen	63
12.11	Hochdruck-Betonpumpe: Schieber und Gehäuseplatte, Innobraze GmbH, Esslingen	63
12.12	Schaufel-Segment-Lötung einer Turbine, MTU, München	64
<b>13</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>65</b>
13.1	Fachbücher und Nachschlagewerke	65
13.2	Tagungsbände Löt colloquien	65
13.3	Hochtemperaturlöten	66
13.4	Aktivlöten	67
13.5	Löten von Leichtmetallen	67
<b>14</b>	<b>Anhang A: Verzeichnisse</b>	<b>69</b>
14.1	Literaturverzeichnis	69
14.2	Bildverzeichnis	70
14.3	Tabellenverzeichnis	74
<b>15</b>	<b>Anhang B: DVS-Merkblätter für das Hartlöten</b>	<b>77</b>