

# **Fertigungsplanung in der Schweißtechnik**

**VON**

**Alexis Neumann und Dieter Kluge**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Fertigungsplanung in der Schweißtechnik</b> . . . . .	<b>4</b>
2.1	Zusammenwirken von Konstruktion und Technologie . . . . .	4
2.1.1	Übersicht der Fertigungsplanung . . . . .	4
2.1.1.1	Kurzübersicht der Fertigung . . . . .	4
2.1.1.2	Kurzübersicht der Fertigungsverfahren . . . . .	5
2.1.1.3	Planung der Fertigung . . . . .	9
2.1.2	Übersicht der Entscheidungen in Konstruktion und Technologie in der Fertigungsplanung der Schweißtechnik . . . . .	9
2.1.2.1	Zusammenwirken von Konstruktion und Technologie in der Montage . . . . .	9
2.1.2.2	Kurzübersicht über Entscheidungen in Konstruktionsbüros . . . . .	12
2.2	Grundsätze der Schweißfertigung . . . . .	18
2.2.1	Übersicht zu allgemeinen Grundsätzen der schweißtechnischen Fertigungsplanung . . . . .	18
2.2.2	Voraussetzungen für die Schweißfertigung mit Gütenachweis . . . . .	27
2.2.2.1	Übersicht über die Qualitätssicherung in der Schweißtechnik . . . . .	27
2.2.2.2	Anforderungen an Betrieb und Personal . . . . .	29
2.2.2.3	Qualitätsstufen der Schweißverbindungen . . . . .	30
2.2.2.4	Produkthaftung in der Schweißtechnik . . . . .	33
2.2.2.5	Unternehmensumfassendes Qualitätssicherungssystem . . . . .	37
2.2.2.6	Hinweise auf Arbeitsschutz in der Schweißtechnik . . . . .	43
2.2.3	Übersicht der Fertigungsarten in der Schweißtechnik . . . . .	47
2.2.4	Schweißtechnologische Zeiten . . . . .	55
2.2.5	Schweißtechnische Kosten . . . . .	61
2.3	Fertigungsplanung geschweißter Baugruppen – Übersicht der technologischen Fertigungsunterlagen in der Schweißtechnik . . . . .	64
2.3.1	Einführung in die Schweißplanung . . . . .	64
2.3.2	Schweißplan . . . . .	65
2.3.3	Schweißanweisung . . . . .	67
2.3.4	Schweißfolgeplan . . . . .	67
2.3.5	Zusammenbauplan . . . . .	70
2.3.6	Heftplan, Heftfolgeplan . . . . .	71
2.3.7	Schneidanweisung (Thermischer Schneidplan) . . . . .	71
2.3.8	Prüfplan (Kontrollplan) . . . . .	71
2.4	Planung von Schweißwerkstätten . . . . .	72
2.4.1	Einführung . . . . .	72
2.4.2	Übersicht der Planung von Schweißwerkstätten . . . . .	72
2.4.3	Technologische Grundkonzeption . . . . .	83
2.4.4	Kapazitätsermittlung . . . . .	84

2.4.5	Flächenbedarf . . . . .	84
2.4.6	Arbeitsplatzgestaltung . . . . .	85
2.5	Einsatz von Fertigungsmitteln in der Schweißtechnik . . . . .	92
2.5.1	Vorschlag zur Klassifizierung . . . . .	92
2.5.2	Fertigungsmittel für das Schweißen . . . . .	95
2.5.3	Kurzübersicht zu Schweißmaschinen . . . . .	96
2.5.4	Peripherie beim Schweißen; Vorrichtungen . . . . .	96
2.5.4.1	Einflußfaktoren auf die Auswahl . . . . .	96
2.5.4.2	Bauarten von Vorrichtungen der Schweißtechnik . . . . .	97
2.5.4.2.1	Werkstückträger . . . . .	97
2.5.4.2.2	Geräteträger . . . . .	100
2.5.4.2.3	Schweißroboter als Geräteträger und dazugehörige Peripherie . . . . .	100
2.6	Kurzübersicht über die Schweißfertigung nach CIM-System . . . . .	108
2.6.1	Einführung . . . . .	108
2.6.2	Kurzübersicht der rechnergestützten Systeme und deren Begriffsdefinitionen . . . . .	109
2.6.3	Kurzübersicht der rechnergestützten Teilsysteme für die Schweißtechnik . . . . .	116
<b>3</b>	<b>Maßhaltigkeit geschweißter Konstruktionen (Schrumpfungen und Spannungen beim Schweißen und thermischen Schneiden)</b> . . . . .	<b>119</b>
3.1	Wärmeverformungen und -spannungen . . . . .	119
3.1.1	Übersicht . . . . .	119
3.1.2	Physikalische Grundlagen der Schweißschrumpfungen nach Malisius . . . . .	120
3.1.3	Entstehung von Wärmeverformungen und -spannungen (Kurzdarstellung) . . . . .	124
3.1.4	Größen und Verteilungen von Schweißverformungen . . . . .	129
3.2	Zulässige Maß- und Formabweichungen geschweißter Baugruppen . . . . .	130
3.2.1	Übersicht . . . . .	130
3.2.2	Festlegungen in Regelwerken zu Freimaßtoleranzen . . . . .	132
3.2.2.1	Freimaßtoleranzen für Schweißkonstruktionen, Längenmaße und Winkel (nach DIN 8570 Teil 1) . . . . .	132
3.2.2.2	Freimaßtoleranzen für Schweißkonstruktionen; Form und Lage (nach DIN 8570 Teil 3) . . . . .	135
3.2.3	Vorschläge für zulässige Maß- und Formtoleranzen (als Ergänzung zu Regelwerken) . . . . .	139
3.2.3.1	Übersicht . . . . .	139
3.2.3.2	Krümmung von Vollwandträgern . . . . .	139
3.2.3.3	Beulen der Stegblechebene . . . . .	143
3.2.3.4	Verformungen der Gurtplatten . . . . .	143
3.2.3.5	Verdrehungen des geschweißten Trägers . . . . .	144
3.2.3.6	Bauelementegenauigkeiten von Rundkörpern . . . . .	145
3.3	Maßnahmen zur Beeinflussung der Wirkung von Schweißverformungen . . . . .	147
3.3.1	Übersicht . . . . .	147
3.3.2	Konstruktive und technologische Maßnahmen . . . . .	148
3.3.2.1	Gestaltung und Herstellung der Schweißnaht . . . . .	148
3.3.2.1.1	Geringe Schweißnahtquerschnitte . . . . .	148

3.3.2.1.2	Geringe Schweißnahtanzahl	148
3.3.2.1.3	Symmetrie der Schweißnähte am Bauteil	149
3.3.2.1.4	Geringes Nahtvolumen durch Fugenform	149
3.3.2.1.5	Geringe Verformungen bei Platten mit Aussteifungen	149
3.3.2.1.6	Gestaltung von Entlastungsnuten	151
3.3.2.2	Geringer Wärmeeintrag durch schweißtechnologische Parameter für die Herstellung der Schweißnaht	151
3.3.2.3	Vorbereitung zum Schweißen	152
3.3.2.3.1	Vorfertigen von Einzelteilen	152
3.3.2.3.2	Maßhaltigkeit in der Fertigung	152
3.3.2.3.3	Zugaben für die mechanische Bearbeitung	152
3.3.2.3.4	Maßtoleranzen für rohe Schweißteile	153
3.3.2.3.5	Festspannen, Vorspannen, Heften	153
3.3.2.3.6	Vorbiegen und Vorknicken	155
3.3.2.4	Wärmeführung während des Schweißens und thermischen Schneidens	156
3.3.2.4.1	Grundregeln	156
3.3.2.4.2	Heften eines Schweißteils	157
3.3.2.4.3	Handschweißen von Stumpfnähten	157
3.3.2.4.4	Handschweißen von Kehlnähten	159
3.3.2.4.5	Mechanisches, automatisches und Roboterschweißen von Stumpf- und Kehlnähten	162
3.3.2.4.6	Zusammenbaufolgen geschweißter Baugruppen	166
3.3.2.4.7	Zusätzliche Wärmeführung während des Schweißens	170
3.3.2.4.8	Schneidfolgen beim thermischen Schneiden	170
3.3.2.5	Nachbereitung nach dem Schweißen	171
3.3.2.5.1	Übersicht	171
3.3.2.5.2	Kaltrichten	172
3.3.2.5.3	Flammrichten	173
<b>4</b>	<b>Beispiele der Fertigungsplanung</b>	<b>174</b>
4.1	Einführung und Übersicht	174
4.2	Beispiele von geschweißten Baugruppen	175
4.3	Beispiele von Schweißarbeitsplätzen und Schweißwerkstätten	226
4.3.1	Schweißarbeitsplätze	226
4.3.2	Schweißwerkstätten	227
<b>Schrifttum</b>		<b>230</b>

## Anhang

A.1	:	Ergänzungen zu den Abschnitten 2 bis 4 . . . . .	239
A.1.1:		zu Abschnitt 2.2.1 Richtwerte für die Wahl der Wärmebehandlung ausgewählter Stähle . . . . .	239
A.1.2:		zu Abschnitt 2.2.2.4 Auszug aus: „Gesetz über die Haftung für fehlerhafte Produkte“ (Produkthaftungsgesetz) . . . . .	247
A.1.3:		zu Abschnitt 2.2.3 Auszug aus Merkblatt DVS 1610 „Allgemeine Richtlinien für die Planung der schweißtechnischen Fertigung im Schienenfahrzeugbau“ Beiblatt 1 (04.73) „Begriffe der Schweißplanung und deren Definitionen“ . . . . .	250
A.1.4:		zu Abschnitt 2.4.6 Günstige Absauglösungen (nach Nederman GmbH) . . . . .	256
A.1.5:		zu Abschnitt 2.5.4.2.1 Zusammenstellung von Werkstückträgern (als Ergänzung zu [2–72]) . . . . .	257
A.1.6:		zu Abschnitt 3.1.4 Zusammenstellung von Richtwerten für Größen und Verteilungen von Schweißverformungen . . . . .	262
A.2	:	Zusammenstellung der neuesten europäischen Normen bzw. deren Entwürfe und der ISO-Normen bzw. deren Entwürfe über Schweißfertigung . . . . .	279