

I n h a l t

0 Abkürzungen und Formelzeich	12
1 Einleitung	15
2 Stand der Erkenntnisse bei der Arbeitsprogramm- generierung zum Schutzgasschweißen mit Industrierobotersystemen im Schiffbau	17
2.1 Werkstücke zum Schutzgasschweißen im Schiffbau	17
2.2 Bekannte Entwicklungen für das Schutzgasschweißen im Schiffbau mit Industrierobotern	18
2.3 Verfahren und Hilfsmittel für die Arbeitsprogramm- generierung zum Schutzgasschweißen mit Industrie- robotersystemen	22
2.4 Erkenntnisbedarf für die Arbeitsprogrammgenerierung zum Schutzgasschweißen mit Industrierobotersystemen im Schiffbau	23
3 Zielsetzung	26
4 Konzeption des Verfahrens zur Arbeitsprogrammgenerierung zum Schutzgasschweißen von Doppelbodensektionen, Seiten- tanksektionen und Schotten mit Industrierobotersystemen	27
4.1 Ermittlung der Anforderungen an das Verfahren	27
4.1.1 Anforderungen seitens der Werkstücke	27
4.1.2 Schweißtechnische Anforderungen	30
4.1.3 Gerätetechnische Anforderungen	30
4.1.4 Organisatorische Anforderungen	33
4.1.5 Anforderungen seitens des Anwenders	34
4.2 Erarbeiten der Aufgaben der Arbeitsprogramm- generierung	34
4.3 Erstellen der Struktur des Verfahrens	37
5 Entwicklung der Modelle für das Verfahren	42
5.1 Koordinatensysteme	42
5.2 Modellbildung des Werkstücks	44

6 Entwicklung des Verfahrens zur Bestimmung bestgeeigneter Schweißbilder	47
6.1 Schweißbilder gerader Fugen	47
6.1.1 Ermittlung der Schweißbilder gerader Fugen	47
6.1.2 Ermittlung der Häufigkeiten von Schweiß- bildern gerader Fugen	53
6.1.3 Auswahl der bestgeeigneten Schweißbilder gerader Fugen	54
6.2 Schweißbilder kreisförmiger Fugen	55
6.2.1 Ermittlung der Schweißbilder kreisförmiger Fugen	55
6.2.2 Ermittlung der Häufigkeiten von Schweiß- bildern kreisförmiger Fugen	59
6.3 Schweißbilder komplexer Fugen	59
6.3.1 Ermittlung der Schweißbilder komplexer Fugen	59
6.3.2 Ermittlung der Häufigkeiten von Schweiß- bildern komplexer Fugen	61
6.3.3 Auswahl der bestgeeigneten Schweißbilder komplexer Fugen	65
7 Entwicklung des Verfahrens zur Bestimmung der Makros	66
7.1 Makros	66
7.1.1 Entwicklung von Makros zum Schweißen gerader Fugen	67
7.1.2 Entwicklung von Makros zum Schweißen komplexer Fugen	74
7.1.3 Entwicklung von Makros zum Suchen mit dem Gasdüsensensor	75
7.1.4 Entwicklung von Makros zum Korrigieren mit dem Lichtbogensensor	79
7.1.5 Entwicklung von Makros zum Verschieben von Makros	82
7.1.6 Entwicklung von Makros zum Reinigen von Schweißbrennern	82
7.1.7 Entwicklung von Makros zum Wechseln von Schweißbrennern	83

7.2 Makroerstellung	85
7.2.1 Aufnehmen der Geometrieinformation mittels Teach-In	85
7.2.2 Erstellen der Ablaufanweisungen	87
8 Generierung von makrobasierenden Arbeitsprogrammen	88
8.1 Ermittlung einer repräsentativen Box	89
8.1.1 Methode zur Ermittlung einer repräsentativen Box	89
8.1.2 Repräsentative Box	90
8.2 Entwicklung von Sektions-Box-Dateien	93
8.2.1 Definieren einer Sektions-Box-Datei	93
8.2.2 Arbeiten mit Sektions-Box-Dateien	94
8.3 Bearbeitung der Schweißaufgabe	96
8.3.1 Koordinatentransformation	96
8.3.2 Definieren von Schweißbildern und Zuordnen von Makros	99
8.3.3 Arbeiten mit Schweißbildern und Makros	106
8.4 Planung des Schweißablaufs	106
8.4.1 Boxteilmwände	107
8.4.2 Algorithmen	108
8.4.3 Roboterpositionen	109
8.4.4 Schweißbildzuordnung	112
8.4.5 Schweißabfolge	112
8.5 Generierung des Arbeitsprogramms	113
8.5.1 Industrieroboter-Steuerungsprogramm generieren	114
8.5.2 Fertigungsunterlagen generieren	120
8.6 Anwendungsbeispiel	122
9 Zusammenfassung und Ausblick	124
10 Literatur	126