

0 Abkürzungen und Formelzeichen	12
1 Einleitung	16
2 Stand der Erkenntnisse bei der Anwendung von Industrieroboter- systemen zum Schutzgasschweißen im Schiffbau	18
2.1 Werkstücke zum Schutzgasschweißen im Schiffbau	18
2.2 Bekannte Entwicklungen für das Schutzgasschweißen im Schiffbau mit Industrierobotersystemen	19
2.3 Verfahren und Hilfsmittel zur Planung von Industrierobotersystemen	23
2.4 Erkenntnisbedarf für die Anwendung von Industrierobotersystemen zum Schutzgasschweißen im Schiffbau	24
3 Zielsetzung	26
4 Konzeption des Planungsverfahrens für die Kinematik von Industrierobotersystemen zum Schutzgasschweißen von Doppelbodensektionen, Seitentanksektionen und Schotten	27
4.1 Ermittlung der Anforderungen an das Planungsverfahren	27
4.1.1 Anforderungen durch das Werkstück	27
4.1.2 Anforderungen durch Schweißbrenner und Sensoren	28
4.1.3 Anforderungen durch die Relativbewegungen zwischen Fuge und Schweißbrenner	30
4.1.4 Anforderungen durch die Relativbewegungen zwischen Werkstück und Industrieroboter-Grundgerät	34
4.1.5 Anforderungen durch den Planer	35
4.2 Erarbeiten der Aufgaben der technisch-wirtschaftlichen Planung der Kinematik	36
4.3 Erstellen der Struktur des Planungsverfahrens	39
5 Entwicklung der Modelle für das Planungsverfahren	45
5.1 Modellbildung des Werkstücks	46
5.2 Modellbildung des Schweißbrenners und Sensors	49
5.3 Modellbildung des Industrieroboter-Grundgeräts	51

6 Entwicklung der Algorithmen für das Planungsverfahren	54
6.1 Ermittlung der Fugenpunkte und Schweißrichtungsvektoren	54
6.1.1 Repräsentative Schweißrichtungsvektoren	55
6.1.2 Fugenpunkte und Schweißrichtungsvektoren bei geraden Fugen	58
6.1.3 Fugenpunkte und Schweißrichtungsvektoren bei kreisförmigen Fugen	65
6.2 Ermittlung der Flanschrichtungsvektoren	69
6.3 Ermittlung der geeigneten Schweiß- und Flansch- richtungsvektoren zum MAG-Schweißen einer Fuge	71
6.4 Ermittlung der Bewegungsmöglichkeiten des Industrieroboter-Grundgeräts	75
6.4.1 Berechnung der Arbeitspositionen bei vorgegebener Arbeitsorientierung	78
6.4.2 Kollisionsüberprüfung bei vorgegebenen Achswinkeln	80
6.5 Auswerten von Arbeitspositionen	83
6.5.1 Erzeugen von Arbeitspositionsräumen	83
6.5.2 Schneiden von Arbeitspositionsräumen	87
6.5.3 Ermittlung von geeigneten Arbeitspositionen	89
7 Entwicklung der Methoden für das Planungsverfahren	91
7.1 Ermittlung eines repräsentativen Werkstücks	91
7.1.1 Methode zur Ermittlung eines repräsentativen Werkstücks	91
7.1.2 Anwendungsbeispiel	92
7.2 Planung der Kinematik zur Erzeugung der Relativ- bewegungen zwischen Fuge und Schweißbrenner	95
7.2.1 Auswahl der benötigten Schweißsensoren	95
7.2.2 Ermittlung der benötigten Schweißbrenner	97
7.2.3 Ermittlung der geeigneten Industrieroboter-Grundgeräte	99
7.2.4 Anwendungsbeispiel	101

7.3 Planung der Kinematik zur Erzeugung der Relativbewegungen zwischen Werkstück und Industrieroboter-Grundgerät	103
7.3.1 Ermittlung der Achsen zur Erzeugung der Relativbewegungen bei brennendem Lichtbogen	103
7.3.2 Ermittlung der Achsen zur Erzeugung der Relativbewegungen bei gelöschem Lichtbogen und Ermittlung der Versetzhäufigkeit	106
7.3.3 Ersetzen von Achsen zur Erzeugung der Relativbewegungen bei gelöschem Lichtbogen durch Achsen zur Erzeugung der Relativbewegungen bei brennendem Lichtbogen unter Kostengesichtspunkten	109
7.3.4 Zuordnung der Achsen zur Erzeugung der Relativbewegungen zu den Komponenten des Industrierobotersystems	112
7.3.5 Ermittlung der technisch-wirtschaftlich geeigneten Kinematik	115
7.3.6 Anwendungsbeispiel	118
7.4 Auswahl der technisch-wirtschaftlich bestgeeigneten Kinematik des Industrierobotersystems zum Schutzgas schweißen von Doppelbodensektionen, Seitentanksektionen und Schotten	120
7.4.1 Methode zur Auswahl der technisch-wirtschaftlich bestgeeigneten Kinematik des Industrierobotersystems	120
7.4.2 Anwendungsbeispiel	123
8 Kritische Betrachtung des entwickelten Planungsverfahrens	125
9 Zusammenfassung und Ausblick	127
10 Literaturverzeichnis	129