

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	4
2.1 Begriffe und Definitionen	4
2.2 Flexible Fertigungs- und Montagezellen	7
2.3 Die grafische 3D-Simulation	8
2.3.1 Übersicht	8
2.3.2 Das Simulationssystem USIS	10
2.4 Numerische Optimierungsverfahren	12
2.4.1 Übersicht	12
2.4.2 Verfahren für lineare Systeme	13
2.4.3 Verfahren für nichtlineare Systeme	14
2.4.3.1 Direkte Suchverfahren	15
2.4.3.2 Gradientenverfahren	17
2.4.3.3 Verfahren der zufälligen Suche	18
2.5 Numerische Optimierung von Modellen	21
2.6 Zusammenfassung	23
3 Konzeption des Gesamtsystems	24
3.1 Zielsetzung	24
3.2 Aufgabenstellung bei der Zellenauslegung	25
3.2.1 Darstellung der Optimierungsaufgabe	25
3.2.2 Off-Line-Programmierung	26
3.2.3 Relative Bewegungsprogrammierung	27

3.2.4 Parametrisierung des gesamten Zellenaufbaus	30
3.3 Das Simulationsmodell als Zielfunktion	33
3.3.1 Einordnung in das Gesamtkonzept	33
3.3.2 Einteilung von Zellenkomponenten	34
3.3.3 Berücksichtigung von Randbedingungen	36
3.4 Bewertung von Lösungsvarianten	37
3.4.1 Einordnung in das Gesamtkonzept	37
3.4.2 Bewertung von Zielgrößen	38
3.4.3 Bewertung von Restriktionsverletzungen	39
3.4.4 Berechnung des Gesamtgütewertes	40
3.5 Auswahl geeigneter Optimierungsverfahren	41
3.5.1 Einordnung in das Gesamtkonzept	41
3.5.2 Verfahrensauswahl	42
3.5.2.1 Variation von Standortkoordinaten	43
3.5.2.2 Vertauschen von Standortangaben	44
3.5.2.3 Variation des Bewegungsablaufs	45
3.6 Das Gesamtkonzept	46
4 Parametrisierung des Zellenmodells	47
4.1 Zielsetzung	47
4.2 Parametrisierung allgemeiner Randbedingungen	48
4.2.1 Einhaltung von Suchräumen	48
4.2.2 Definition von Sperrzonen	49
4.2.3 Kollisionsfreiheit	49
4.3 Robotereinsatzplanung	52

4.3.1 Das Robotermodell	52
4.3.2 Zielgrößen bei der Robotereinsatzplanung	53
4.3.2.1 Erreichbarkeit	53
4.3.2.2 Kollisionsfreiheit	55
4.3.2.3 Verfahrwege	55
4.3.2.4 Taktzeit	58
4.3.2.5 Wiederhol- und Bahngenaugkeit	59
4.3.2.6 Belastungen	60
4.3.3 Einflußparameter bei der Robotereinsatzplanung	60
4.4 Gestaltung manueller Arbeitsplätze	62
4.4.1 Aufbau des Werkmodells	62
4.4.2 Zielgrößen bei der Gestaltung manueller Arbeitsplätze	63
4.4.3 Einflußparameter der Gestaltung manueller Arbeitsplätze	64
4.5 Sensoreinsatzplanung	64
4.5.1 Das Sensormodell	64
4.5.2 Zielgrößen bei der Sensoreinsatzplanung	65
4.5.3 Einflußparameter bei der Sensoreinsatzplanung	67
4.6 Planung von Fertigungsprozessen	67
4.6.1 Modell eines Fertigungsprozesses	67
4.6.2 Zielgrößen bei der Laserbearbeitung	68
4.6.3 Einflußparameter bei der Laserbearbeitung	69
5 Implementierung des Gesamtsystems	72
5.1 Übersicht	72
5.2 Parametrisierung	74

5.2.1	Definition der Optimierungsaufgabe	74
5.2.2	Festlegung des Bewegungsablaufs	76
5.2.3	Automatische Analyse der Optimierungsaufgabe	79
5.3	Die 3D-Simulation als Zielfunktion	81
5.3.1	Anordnung der Komponenten	82
5.3.2	Automatische Programmanpassung	82
5.3.3	Bestimmung der Zielgrößen	84
5.3.4	Erfassen der Randbedingungen	86
5.4	Implementierung der Optimierungsumgebung	92
5.4.1	Einbindung der Optimierungsverfahren	92
5.4.1.1	Einbindung von Vektoroptimierungsverfahren	93
5.4.1.2	Einbindung von Permutationsverfahren	95
5.4.1.3	Einbindung genetischer Verfahren	96
5.4.2	Das Bewertungsmodul	99
5.4.2.1	Gewichtung und Normierung einzelner Zielgrößen	99
5.4.2.2	Bewertung von Restriktionsverletzungen	102
5.4.2.3	Bildung des Gesamtgütwertes	104
5.5	Das Gesamtsystem	105
6	Anwendungsbeispiele	106
6.1	Layoutoptimierung einer flexiblen Montagezelle	106
6.1.1	Anordnungsoptimierung von Roboter und Peripherie	106
6.1.2	Einfluß der Kollisionsrechnung	109
6.1.3	Standortoptimierung eines Lasersensors	112
6.2	Optimierung manueller Arbeitsplätze	113

Inhaltsverzeichnis

6.3 Prozeßoptimierung am Beispiel der Laserbearbeitung	116
6.4 Automatisierte Zellenkonfiguration	118
7 Ausblick	122
7.1 Optimierungsverfahren	122
7.2 Erweiterungen des Simulationsmodells	123
8 Zusammenfassung	125
9 Literatur	126