

VERFAHRENSPRÜFSTAND FÜR DAS BEARBEITEN MIT INDUSTRIEROBOTERN

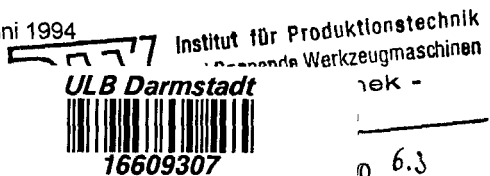
von der Fakultät
Konstruktions- und Fertigungstechnik
der Universität Stuttgart zur Erlangung der
Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Peter Schlaich
aus Leonberg

Hauptberichter : Prof. Dr.h.c.mult.
Dr.-Ing. H.-J. Warnecke

Mitberichter : Prof. Dr.h.c.
Dr.-Ing. G. Pritschow

Tag der Einreichung : 10. Dezember 1994
Tag der mündlichen Prüfung : 20. Juni 1994



Inhaltsverzeichnis	Seite
0 ABKÜRZUNGEN UND FORMELZEICHEN	13
1 EINLEITUNG	17
1.1 Problemstellung	17
1.2 Zielsetzung	18
1.3 Vorgehensweise	18
2 AUSGANGSSITUATION	20
2.1 Begriffe und Definitionen	20
2.1.1 Begriffe zur Industrierobotertechnik	20
2.1.2 Begriffe zum Bearbeiten	20
2.1.3 Bearbeitungsbezogene Qualitätsbegriffe	22
2.2 Stand der Technik	22
2.2.1 Robotergeführtes Bearbeiten	22
2.2.2 Marktgängige Roboterwerkzeuge	23
2.2.3 Prozeßbezogene Steuerungstechnik	24
2.2.4 Verfahrensprüfstände und Zerspandatenbanken	25
3 ANALYSE DER BEARBEITUNGSAUFGABEN UND ABLEITUNG VON ANFORDERUNGEN AN EINEN VERFAHRENSPRÜFSTAND	29
3.1 Analyse der Bearbeitungsaufgaben	29
3.1.1 Produktspektrum	30

3.1.2	Anwendererfahrungen	31
3.1.3	Analyse ausgewählter Bearbeitungsaufgaben	35
3.1.3.1	Analyse ausgewählter Werkstücke	35
3.1.3.2	Analyse eingesetzter Bearbeitungsverfahren	36
3.1.4	Folgerungen aus den Analyseergebnissen	37
3.2	Anforderungen an einen Verfahrensprüfstand zum robotergeführten Bearbeiten	38
3.2.1	Teilfunktionen und deren Zuordnung zu Teilsystemen	38
3.2.2	Anforderungen an das Gesamtsystem	39
3.2.3	Anforderungen an die Teilsysteme	40
3.2.3.1	Anforderungen an Optimierungsverfahren	41
3.2.3.2	Anforderungen an Komponenten des Prüfstands	42
4	ENTWICKLUNG VON METHODEN ZUR QUALITÄTSMESSUNG ROBOTERGEFÜHRTER BEARBEITUNGSVERFAHREN	44
4.1	Ermittlung von Bewertungskriterien für die Bearbeitungsqualität	45
4.1.1	Verfahren zur Ermittlung der Bewertungskriterien für die Bearbeitungsqualität	47
4.1.1.1	Sekundärgratausprägung	47
4.1.1.2	Oberflächenrauigkeit	48
4.1.1.3	Oberflächenwelligkeit	49
4.1.1.4	Nivellierungsverhalten	50
4.1.2	Festlegung der Bestimmungsgrößen der Bearbeitungsqualität	51
4.1.3	Gewichtung der Bestimmungsgrößen der Bearbeitungsqualität	53
4.2	Ermittlung von verfahrensabhängigen Bewertungskriterien für die Prozessqualität	55

4.2.1	Verfahren zur Ermittlung der Bewertungskriterien für die Prozeßqualität	56
4.2.1.1	Abtragsleistung	56
4.2.1.2	Standzeit	57
4.2.1.3	Toleranzverhalten	58
4.2.1.4	Bearbeitungskräfte	59
4.2.2	Festlegung der Bestimmungsgrößen der Prozeßqualität	59
4.2.3	Gewichtung der Bestimmungsgrößen der Prozeßqualität	61
5	KONZEPTION DES VERFAHRENSPRÜFSTANDES	63
5.1	Konzeption des Gesamtsystems	63
5.2	Konzeption der steuerungstechnischen Struktur	65
5.3	Konzeption einer Zerspandatenbank für das Bearbeiten mit dem Industrieroboter	68
5.4	Konzeption von Optimierungsverfahren	71
5.4.1	Gegenüberstellung und Bewertung von Optimierungsstrategien	71
5.4.2	Konzeption des Versuchsablaufs	73
5.4.3	Grenzwertbetrachtungen	76
5.4.3.1	Modellbildung	77
5.4.3.2	Berechnungsgrundlagen für das Ratterverhalten	81
6	ENTWICKLUNG EINER STRATEGIE ZUR ZERSPANPARAMETEROPTIMIERUNG	83
6.1	Vorgehensweise	83
6.1.1	Optimierungsgrößen	83
6.1.2	Prinzipielle Vorgehensweise bei der Optimierung	85
6.1.3	Darstellungsform	86

6.2	Strategieentwicklung	87
6.2.1	Suchalgorithmus	87
6.2.2	Bestimmung des Gesamtoptimums aus den Teiloptima	91
6.2.3	Erkennung von kritischen Versuchsparametern	93
7	PRAKTISCHE ERPROBUNG	96
7.1	Problemstellung	96
7.2	Versuchsaufbau	97
7.3	Bewertung und Auswahl des Bearbeitungsverfahrens	98
7.4	Optimierung der Bearbeitungsqualität	100
7.5	Vergleich zwischen manueller und automatischer Optimierung	103
8	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	105
9	SCHRIFTTUM	108