

Dipl.-Ing. Wolfgang Simon, Roßdorf

**Untersuchungen zu einer
intelligenten und lernfähigen
Robotersteuerung für die
Montageautomatisierung**

Reihe **20**: Rechnerunterstützte
Verfahren

Nr. **47**

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Intelligente Robotersysteme: Stand der Forschung	1
1.2	Montageautomatisierung mit Robotern in industrieller Umgebung: Motivation und Problematik	5
1.3	Intelligente Sensordatenverarbeitung als Voraussetzung für Flexibilität und Autonomie eines Montagesystems	7
1.4	Bedeutung von Lernfähigkeit bei der Entwicklung zukünftiger Robotersysteme	8
1.5	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	10
2	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UND MASCHINELLES LERNEN	13
2.1	Anwendungsgebiete künstlicher Intelligenz	13
2.2	Architektur und Methodik wissensbasierter Systeme	14
2.3	Grundtechniken der Wissensrepräsentation	16
2.4	Bedeutung und Problematik des Wissenserwerbs	20
2.5	Maschinelle Lernverfahren zur automatischen Wissensakquisition	23
2.6	Zusammenfassung	26
3	DAS INTELLIGENTE MONTAGESYSTEM	27
3.1	Das Gesamtsystemkonzept	27
3.2	Die Pilotsystemrealisierung	32
3.2.1	Aktoren und Sensoren	33
3.2.2	Ausführungs- und Regelungsebene	34
3.2.2.1	Robotersteuerung	34
3.2.2.2	Greifersteuerung	35
3.2.2.3	Bildverarbeitung	35
3.2.3	Strategie- und Entscheidungsebene	35
3.2.3.1	Kernsystem	37
3.2.3.1.1	Hybride Wissensbasis	38
3.2.3.1.1.1	Datenbasis	39
3.2.3.1.1.2	Regelbasis	43
3.2.3.1.2	Problemlösungskomponente	46
3.2.3.1.3	Schnittstellenmodul zur Ausführungsebene	48

3.2.3.2	Arbeitsweise bei Ausführung eines Montagevorgangs	49
3.2.3.3	Dialogsystem	51
3.2.3.4	Wissenseditoren	52
3.2.4	Realisierungsphasen	54
3.3	Zusammenfassung	56
4	DAS WISMO- LERNSYSTEM	57
4.1	Automatischer Erwerb von neuem Strategiewissen aus Anwenderinstruktionen	58
4.1.1	Wissenserwerb bei neuen Montageaufgaben	58
4.1.2	Lernziele und Lernsituation	60
4.1.3	Funktion der Instruktionskomponente	62
4.1.4	Realisierung des Instruktionsverfahrens	63
4.1.4.1	Das regelbasierte Implementierungskonzept	63
4.1.4.2	Beispielhafte Regelgenerierung	65
4.2	Optimierung und Adaption von Ausführungsstrategien	71
4.2.1	Alternative Ausführungsstrategien	71
4.2.2	Konzept und Realisierung der Strategieadaption	73
4.2.2.1	Dokumentation von Montageabläufen	74
4.2.2.2	Trainingsphase	76
4.2.2.3	Analyse und Bewertung ausgeführter Montagevorgänge	76
4.2.2.4	Adaption durch Prioritätenanpassung	77
4.3	Zusammenfassung	79
5	ANWENDUNGSTECHNISCHE ERPROBUNG	81
5.1	Bedeutung von Fügeaufgaben in Montageprozessen	81
5.2	Ausführung einfacher Fügeaufgaben	82
5.2.1	Beschreibung der exemplarischen Fügebeispiele	82
5.2.2	Aufbau der Wissensbasis	83
5.2.3	Ablauf der Fügeversuche	92
5.2.4	Bewertung der Aktuatorik und Sensorik	93
5.2.5	Beurteilung der Planungs- und Entscheidungsfähigkeit	94
5.3	Ausführung einer komplexen Montageaufgabe	95
5.3.1	Rahmenbedingungen für die Konstruktion der Beispielaufgabe	95
5.3.2	Beschreibung der komplexen Montageaufgabe	95
5.3.3	Nominaler Montageablauf	96
5.3.4	Anforderungen an den Anwender beim Aufbau der Wissensbasis	99