

Dipl.-Ing. Frank Möbius,  
Leinfelden-Echterdingen

**Visuelle Programmierung  
von Industrierobotern  
Ein Beitrag zur bediener-  
gerechten Gestaltung  
von Programmiersystemen**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-  
und Regelungstechnik

Nr. **577**

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik der Roboterprogrammierung .....</b>	<b>4</b>
2.1 Allgemeines .....	4
2.2 Online-Programmierung .....	6
2.2.1 Verfahren .....	7
2.2.2 Einschränkungen .....	8
2.3 Offline-Programmierung .....	9
2.3.1 Textuelle Verfahren .....	11
2.3.2 Graphisch unterstützte Verfahren .....	14
2.3.3 Explizite und implizite Programmierung .....	15
2.4 Hybride Programmierung .....	17
2.5 Problematik der Offline-Programmierung .....	17
<b>3 Visuelle Programmierung .....</b>	<b>20</b>
3.1 Grundlagen .....	20
3.1.1 Definition und Klassifizierung .....	20
3.1.2 Interaktionstechniken und graphische Elemente .....	22
3.1.3 Vorteile gegenüber der textuellen Programmierung .....	24
3.2 Anwendungen von Visualisierungstechniken .....	25
<b>4 Problemstellung und Zielsetzung .....</b>	<b>30</b>

<b>5 Erstellung eines Konzepts für ein visuelles Programmiersystem für Industrieroboter am Beispiel einer Icon-geführten Programmierung .....</b>	<b>31</b>
5.1 Vorgehensweise bei der Konzepterstellung .....	31
5.2 Allgemeine Anforderungen an das Programmiersystem .....	32
5.3 Kriterien für den Entwurf eines Icon-geführten Programmiersystems für Industrieroboter .....	33
5.3.1 Prinzipieller Ablauf der Icon-geführten Programmierung .....	33
5.3.2 Anforderungen an die Hardware .....	35
5.3.3 Anforderungen an die Entwicklungssoftware .....	36
5.3.4 Graphische Gestaltung und Funktionen der Programmieroberfläche .....	37
5.3.5 Graphische Gestaltung der Struktur eines Roboterprogramms ....	41
5.3.6 Benutzerführung bei der Programmerstellung .....	43
5.3.7 Graphische Gestaltung der Icons .....	50
5.3.8 Auswahl der zu symbolisierenden Elemente .....	53
5.3.9 Objektorientierte Befehls- und Menüstruktur .....	55
5.3.10 Dialogfenster .....	56
5.3.11 Variablenkonzept .....	58
5.3.12 Plausibilitätskontrollen .....	62
5.3.13 Bildung von Makros und Unterprogrammen .....	63
5.3.14 Darstellung paralleler Prozesse .....	65
5.3.15 Kommentare .....	66
5.3.16 Direkte Eingabe von textuellem Programmcode im Ablaufplan ....	67
5.3.17 Code-Erzeugung .....	68
5.3.18 Aufbau eines Online-Hilfesystems .....	73
5.3.19 Speichern und Ausdrucken .....	74
5.3.20 Systemoffenheit .....	75
5.3.21 Sensorintegration .....	77
5.3.22 Rückübersetzung von Programmcode in die graphische Darstellung .....	80
5.3.23 Schnittstellen des Programmiersystems .....	81

---

<b>6 Entwicklung und Aufbau einer Icon-geführten Programmieroberfläche zur Erzeugung eines ablauffähigen Roboterprogramms .....</b>	<b>84</b>
6.1 Prinzip der Icon-geführten Programmierung .....	84
6.2 Beschreibung der Entwicklungssoftware .....	85
6.3 Programmiermethoden .....	86
6.3.1 Ereignisgesteuerte Programmierung .....	86
6.3.2 Objektorientierte Programmierung .....	87
6.4 Implementierung des Befehlssatzes einer Roboterprogrammiersprache .....	89
6.4.1 Auswahl der Befehle .....	89
6.4.2 Gestaltungskriterien für die Symbolik .....	91
6.4.3 Gruppierung der Befehle und Zuordnung der Symbolik .....	93
6.4.4 Innere Struktur der Befehls-Icons .....	95
6.5 Datenstrukturen .....	96
6.5.1 Umsetzung der Roboterbefehle .....	96
6.5.2 Klassenhierarchie der Befehls-Icons .....	97
6.5.3 Umsetzung der Programmieroberfläche .....	100
6.6 Implementierung der Funktionen .....	103
6.6.1 Methoden der Befehls-Icons .....	103
6.6.1.1 Positionierung der Icons .....	103
6.6.1.2 Eingaben im Dialogfenster .....	109
6.6.1.3 Code-Erzeugung für einzelne Icons .....	110
6.6.1.4 Anzeige des Hilfetextes für einzelne Icons .....	110
6.6.2 Methoden des Programmiersystems .....	110
6.6.2.1 Aktionen mit Befehlsgruppen und einzelnen Icons .....	111
6.6.2.2 Aktionen mit dem gesamten Programmablaufplan .....	113
6.6.2.3 Erstellen von Makros .....	114
6.6.2.4 Erzeugung der Robotercode-Datei .....	114
6.6.2.5 Sonstige Aktionen .....	115

---

<b>7 Praktische Anwendung des Icon-geführten Programmiersystems bei der Programmierung einer Montageaufgabe mit einem SCARA-Roboter .....</b>	<b>116</b>
7.1 Beschreibung der Montageaufgabe .....	116
7.2 Erstellung des Programms .....	118
7.3 Bewertung des Programmiersystems .....	127
7.3.1 Vorteile des realisierten Prototypen .....	127
7.3.2 Grenzen und Erweiterungsmöglichkeiten .....	128
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>131</b>
<b>9 Anhang.....</b>	<b>133</b>
9.1 Objekt-Variablen des Objekttyps „Befehls-Icon“ .....	133
9.2 Zugriffs-Methoden für die Variablen des Objekttyps „Befehls-Icon“ .....	134
9.3 Dienste-Methoden des Objekttyps „Befehls-Icon“ .....	135
9.4 Das Funktionsmenü der Programmieroberfläche .....	136
9.5 Variablen und Methoden der Klasse „RobotEditor“ .....	138
9.6 C++ Code für die Methode „Eingliedern eines einfachen Icons in eine Schleife“ .....	140
9.7 Eingliedern einer IF-Verzweigung .....	141
9.8 Erzeugter V+ Code des gesamten Beispielprogramms .....	142
<b>10 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>144</b>