

BERICHTE AUS DEM  
INSTITUT FÜR  
FERTIGUNGSTECHNIK  
UND SPANENDE  
WERKZEUGMASCHINEN  
UNIVERSITÄT HANNOVER



PRODUKTIONSTECHNIK

Dipl.-Ing. Martin Eblenkamp, Hannover

# **Planung von Produktions- systemen mit Evolutionsverfahren**

Fortschritt-Bereichte VDI  
Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **396**

## Gliederung

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ausgangssituation .....</b>	<b>2</b>
2.1	Fertigungsstrukturen .....	3
2.1.1	Neue Fertigungsformen.....	5
2.1.2	Ablauf der Fabrikplanung .....	7
2.2	Produktionssysteme.....	9
2.2.1	Systemtechnisch geprägte Definitionen .....	11
2.2.2	Systemtheoretisch geprägte Definitionen.....	13
2.2.3	Definitionen für flexible Fertigungsanlagen .....	15
2.2.4	Definition des Produktionssystems für diese Arbeit .....	16
<b>3</b>	<b>Stand des Wissens.....</b>	<b>17</b>
3.1	Strukturfindung.....	18
3.2	Optimierung .....	24
3.2.1	Optimierungsverfahren.....	24
3.2.2	Lösungsverbesserung in Planungssystemen.....	29
3.3	Komplexität und komplexe Systeme .....	35
3.4	Evolutionsverfahren in der Fertigungstechnik.....	39
<b>4</b>	<b>Aufgabenstellung .....</b>	<b>43</b>
4.1	Problemstellung .....	43
4.2	Zielsetzung und Vorgehensweise .....	44
<b>5</b>	<b>Aufgaben- und Anforderungskatalog zur Entwicklung der benötigten Planungsfunktionen .....</b>	<b>46</b>
5.1	Aufgaben und Anforderungen bei der Planung von Produktionssystemen.....	46
5.1.1	Teilefamilienbildung.....	46
5.1.2	Strukturierung der Produktion .....	50
5.1.3	Auslegungsplanung.....	52
5.1.4	Simulation.....	53
5.1.5	Lösungsbewertung.....	55
5.2	Anforderungen aus der Planungsmethodik.....	57

<b>6</b>	<b>Prinzipien der Evolution und die technische Nutzung.....</b>	<b>59</b>
6.1	Grundbegriffe der natürlichen Evolution .....	59
6.2.	Technische Evolutionsverfahren.....	63
6.2.1	Historie und Grundbegriffe .....	63
6.2.2	Arbeitsweise .....	65
6.2.3	Populationsmodelle .....	68
<b>7</b>	<b>Entwurf der Methode zur automatischen Planung von Produktionssystemen.....</b>	<b>70</b>
7.1	Verwendung eines Evolutionsverfahrens.....	70
7.2	Gesamtkonzept.....	70
7.3	Modellierung des Merkmalsvektors.....	73
7.3.1	Herleitung der Merkmalsvorrates aus den Planungsaufgaben.....	73
7.3.2	Objekte, Eigenschaften und Wertebereiche des Merkmalsvorrates.....	75
7.3.3	Zielgerichtete Zusammensetzung des Merkmalsvektors .....	79
7.3.4	Modellübersetzung und -rückübersetzung .....	80
7.4	Modellierung der genetischen Operatoren in der Evolutionsstrategie .....	82
7.4.1	Modellierung des Crossover.....	83
7.4.2	Modellierung der Mutation.....	84
7.4.3	Modellierung der Selektion.....	85
7.5	Konzeption eines flexiblen Fertigungssimulators .....	85
7.5.1	Objekte des Simulators .....	88
7.5.2	Ablauf der Simulation .....	89
7.6	Lösungsbewertung.....	92
7.6.1	Eindimensionale Bewertung.....	92
7.6.2	Mehrdimensionale Bewertung.....	93
7.7	Entwurf eines Planungssystems .....	95
7.7.1	Systemkonzept.....	95
7.7.2	Bestimmung der Anfangslösung .....	97
7.7.3	Auswahl und Anwendung der Operatoren .....	97
<b>8</b>	<b>Implementierung eines Systemprototypen.....</b>	<b>100</b>
8.1	Modellvariation.....	100
8.2	Modellerprobung .....	103
8.3	Bewertung.....	106
8.4	Ablaufkontrolle und Benutzerführung.....	106

---

<b>9</b>	<b>Funktionsvalidierung und Planungsbeispiel .....</b>	<b>108</b>
9.1	Parametereinstellungen für die Durchführung der Evolutionsstrategie ....	108
9.2	Überprüfung der Funktionsfähigkeit .....	115
9.2.1	Vergleich mit reiner Zufallssuche .....	115
9.2.2	Testaufgabe 1: Geometrische Überprüfung .....	116
9.2.3	Testaufgabe 2: Suche einer linearen Anordnung .....	119
9.3	Vergleich mit herkömmlichen Verfahren .....	121
9.3.1	Testaufgabe 3: Vergleich mit einem graphentheoretischen Verfahren .....	121
9.3.2	Testaufgabe 4: Vergleich mit einem Dreiecksverfahren .....	124
9.4	Anwendungsbeispiel .....	127
9.4.1	Vorbereitung .....	127
9.4.2	Grobplanung .....	128
9.4.3	Feinplanung .....	132
9.5	Aufwandsabschätzung .....	135
<b>10</b>	<b>Bewertung und Ausblick .....</b>	<b>138</b>
10.1	Bewertung .....	138
10.2	Ausblick .....	139
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>141</b>
<b>12</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>142</b>
12.1	Anhang A: Exemplarische Werkstatt .....	142
12.2	Anhang B: Versuchergebnisse zu Kapitel 9.1 .....	146
12.3	Anhang C: Exemplarische Werkstatt nach Lödige .....	147
12.4	Anhang D: Transportmatrix für das Schmigalla Verfahren .....	149
<b>13</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>150</b>