

INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|--|-------|
| Einführung und Abgrenzung | 1 |
| 0.1 Gegenstand und Problemstellung | 1 |
| 0.2 Bedeutung und Aktualität der Problemstellung | 5 |
| I Die Begriffe Mechanisierung/Automatisierung und eine Typologie für automatisierte Fertigungssysteme | 12 |
| 1.1 Das Wesen der Automatisierungstechnik | 12 |
| 1.2 Eine Typologie für automatisierte Fertigungssysteme mit vier qualitativ verschiedenen Automatisierungsstufen | 22 |
| 1.3 Zum begrifflichen Vorverständnis von Intelligenz, Denken und Lernen | 31 |
| 1.4 Eine ingenieurmäßige Modellbetrachtung der sensumotorischen Muskelarbeit zur Unterscheidung von Mechanisierung und Automatisierung | 36 |
| 1.5 Eine Definition zur Teilautomatisierung aus Ableitung eines vierteiligen Steuermoduls | 54 |
| 1.6 Die Modellbetrachtung eines komplexen Fertigungssystems und dessen automatisierungstechnisches Planen mittels funktionaler Teilsysteme | 63 |
| 1.7 Eine automatisierungsorientierte Gliederung des Fertigungssystems in funktionale Teilsysteme | 75 |
| 1.7.1 Das Lager-, Transport- und Bearbeitungssystem | 75 |
| 1.7.2 Das Funktionssicherungssystem und die Begriffe Überwachen und Kontrollieren bei automatisierten Abläufen | 81 |

| | Seite |
|-------|--|
| 1.7.3 | Das Umrüstsystem und der Aspekt eines automatisierten und dennoch flexiblen Fertigungssystems 88 |
| 1.7.4 | Das Schutzsystem und das sicherheitstechnische Denken in Gefahrenabläufen bei automatisierten Abläufen 98 |
| II | Das Bewegungssystem und die Grundvoraussetzung des bewegungsanalytischen Denkens bei Automatisierungsaufgaben 103 |
| 2.1 | Das Prinzip der kinematischen Bewegungsanalyse 103 |
| 2.2 | Das bewegungsanalytische Denken in der REFA-mäßigen Arbeitsgestaltung 114 |
| 2.3 | Das bewegungsanalytische Denken beim Einsatz von Werkzeugen 118 |
| 2.4 | Das bewegungsanalytische Denken bei Einsatz von NC-Werkzeugmaschinen und ein Bezug auf den "Automatisierungsgrad von NC-Maschinen" 122 |
| 2.5 | Das bewegungsanalytische Denken bei freiprogrammierbaren Bewegungsautomaten 130 |
| III | Grundlagen zum Vereinfachen der Planung und Auswertung von (teil-)automatisierten Abläufen in großen Fertigungssystemen 135 |
| 3.1 | Vorbemerkungen zum fertigungstechnologischen Planen der Struktur, Zeitverhältnisse und Automatisiertheit eines Ablaufs 135 |
| 3.2 | Der Neuplanungsaufwand und die Dokumentationsfähigkeit konventioneller Fertigungspläne bei komplexen Ablaufstrukturen 147 |
| 3.3 | Das Neuplanen und Zerlegen einer Fertigungsaufgabe in eine Abfolge von einzelnen Funktionen 158 |

| | Seite | |
|-----------|--|------------|
| 3.3.1 | Das konstruktionsmethodische Denken in Funktionen und Wirkzusammenhängen | 158 |
| 3.3.2 | Zur Visualisierung der Struktur eines Ablaufs | 165 |
| 3.4 | Das Umsetzen der technologischen Reihenfolge von Funktionen in ein Früher oder Später im zeitlichen Ablauf | 177 |
| 3.5 | Das Planen und Auswerten der REFA-mäßigen Zeitverhältnisse eines Ablaufs bzw. einer Ablaufstruktur | 187 |
| 3.5.1 | Das Zeitstudium unter dem Aspekt der Mechanisierung und Automatisierung | 187 |
| 3.5.2 | Vorschlag einer mechanisierungs- und automatisierungsgerechten Vorgabe- und Belegungszeitgliederung | 200 |
| 3.5.2.1 | Die Zeitarten bei mechanisierten und teilautomatisierten Funktionen bzw. Ablaufabschnitten | 200 |
| 3.5.2.2 | Tarifliche und Ablaufstruktur-bezogene Zeitermittlungsprobleme | 208 |
| 3.5.2.3 | Eine rechnergestützte Warte-Brachzeitermittlung zu großen, komplexen Fertigungsabläufen | 215 |
| 3.5.2.4 | Vorschlag einer neuen Vorgabezeitgliederung für von Menschen und/oder Betriebsmitteln ausgeführte Arbeitsabläufe | 221 |
| IV | Das Ermitteln und Auswerten der Automatisiertheit eines Fertigungssystems | 233 |
| 4.1 | Der Aussagewert der technischen Kennzahl 'Automatisierungsgrad' | 233 |
| 4.2 | Vorbemerkung zur Definition eines Automatisierungsgrades | 239 |
| 4.3 | Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Grad-Definitionen für Mechanisierung und Automatisierung | 243 |

| | Seite | |
|----------|---|------------|
| 4.4 | Zur Vorgehensweise bei einer Automatisierungsgrad-Untersuchung | 250 |
| | Exkurs: Eine rechnergestützte Funktionsartenklassifizierung | 253 |
| 4.5 | Eine Analyse der Einzelkennziffer Automatisierungsgrad anhand eines empirisch untersuchten Fertigungssystems | 265 |
| 4.6 | Einige Bemerkungen zum Begriff "Technisierungsgrad" | 276 |
| V | Die betriebswirtschaftliche Wahlentscheidung bei unterschiedlich automatisierten Alternativen zu einem Fertigungssystem-Projekt | 280 |
| 5.1 | Betriebswirtschaftliche Behauptungen aus der Existenz automatisierter Fertigungssysteme | 280 |
| 5.2 | Das Wahlproblem bei Investitionsüberlegungen | 286 |
| 5.2.1 | Vorbemerkung zur Wahlentscheidung | 286 |
| 5.2.2 | Zur Logik des Investierens innerhalb der Unternehmung | 287 |
| 5.3 | Die Lösung der betriebswirtschaftlichen Wahlentscheidung | 296 |
| 5.3.1 | Die Tetralogie der Wahlentscheidung | 296 |
| 5.3.2 | Die notwendige Ermittlung einer Basis-Alternative, der alle anderen geplanten Fertigungssysteme gegenübergestellt werden müssen | 303 |
| 5.3.3 | Die Grenzstückzahl und aus deren Ableitung das Beschäftigungsrisiko eines automatisierten Fertigungssystems | 309 |
| 5.3.4 | Die Amortisationszeit oder die Mindestnutzungsdauer eines automatisierten Fertigungssystems aufgrund eines relativ höheren Investitionskapitalbedarfs | 315 |

| | | Seite |
|-------|--|-------|
| 5.3.5 | Die relative Rentabilität eines Fertigungssystems aufgrund eines höheren Investitionskapitalbedarfs und möglichen Fertigungskosteneinsparungen | 322 |
| 5.4 | Die Bedeutung und Grenzen der Wahlentscheidungsmethode im Rahmen der Fertigungssystem-Planung | 331 |
| 5.5 | Die Mindestrendite und Rentabilität eines Fertigungssystems im Rahmen der Investitions-Programmentscheidung | 345 |
| VI | Zusammenfassung | 349 |
| VII | Literaturverzeichnis | 355 |

Verzeichnis der Abbildungen

| | | Seite | |
|------|----|---|-----|
| Bild | 1 | Automatisierung planen | 2 |
| | 2 | Die Begriffe Antreiben, Steuern, Regeln, Optimieren und Lernen mit Bezug auf Produktionsprozesse | 14 |
| | 3 | Automatisierungstechnische Artefakte | 20 |
| | 4 | Fertigungssystem-Typologie (Matrix) | 23 |
| | 5 | Die Kriterien der vier verschiedenen Automatisierungsstufen der Fertigungssystem-Typologie | 24 |
| | 6 | Modellbetrachtung der sensumotorischen Muskelarbeit | 37 |
| | 7 | Die Schnittstellen zwischen Mensch und Mechanisierung/Automatisierung | 48 |
| | 8 | Die einzelne Funktion als Teil eines Prozeßablaufs in einem Fertigungssystem | 51 |
| | 9 | Überlegungen des Steuerungsfachmanns zur Realisierung einer selbsttätigen Folgesteuerung (Beispiel) | 53 |
| | 10 | Ein Funktionsbaustein mit Steuerungsmodul | 54 |
| | 11 | Modell einer Funktionssteuerung | 58 |
| | 12 | Das Prinzip der Folgesteuerung | 61 |
| | 13 | Das Fertigungssystem und funktionale Subsysteme | 66 |
| | 14 | Die Aufgabe der Fertigungstechnik | 70 |
| | 15 | Das Prinzip der VDI-Richtlinie 3239 | 80 |
| | 16 | Automatisierungstechnisches Überwachen und Kontrollieren | 82 |
| | 17 | Automatisierung und sicherheitstechnisches Denken | 100 |
| | 18 | Das Prinzip der Bewegungsanalyse | 104 |

| | | Seite | |
|------|----|--|-----|
| Bild | 19 | Die systemtechnische Analyse der Kinematik | 105 |
| | 20 | Das Betätigen von Stellteilen | 108 |
| | 21 | Kinematische Bewegungselemente | 111 |
| | 22 | REFA-mäßiges Denken in Bewegungselementen | 115 |
| | 23 | Bewegungselemente nach REFA | 117 |
| | 24 | Das Wesen der Werkzeuge | 118 |
| | 25 | Bewegungsanalyse bei der NC-Programmierung (Beispiel) | 123 |
| | 26 | Automatisierungsgrad für NC-Maschinen von MOLL (nach KOCH) | 128 |
| | 27 | Kriterien für Bewegungsautomaten (= Industrieroboter) | 132 |
| | 28 | Die Vorgehensweise der Planungsmethode AUTOPLAN | 139 |
| | 29 | Das Planen der Ablaufstruktur | 144 |
| | 30 | Dauer und Aufwand einer Neuplanung | 150 |
| | 31 | Der konventionelle Fertigungsplan als lineare Liste | 154 |
| | 32 | Methode der allgemeinen Funktionsstruktur | 159 |
| | 33 | Vorgehensweise zur Präzisierung einer Funktion | 160 |
| | 34 | Von der Handskizze zum gedruckten Strukturgraph | 166 |
| | 35 | Das Planen anhand einer visualisierten Ablaufstruktur | 168 |
| | 36 | Die Darstellung eines Vorranggraphen (nach WARNECKE) mit dem EDV-Programm STRUVI | 173 |
| | 37 | Vom Strukturgraphen zum Balkendiagramm | 177 |

| | | Seite |
|---------|---|-------|
| Bild 38 | Anordnungsbeziehungen | 179 |
| 39 | Der qualitative MPM-Strukturcode in AUTOPLAN | 181 |
| 40 | Varianten für die Darstellung von Anordnungsbeziehungen | 183 |
| 41 | Das Balkennetz (nach ZEIDLER) | 185 |
| 42 | Der Transplan (nach KOMPENHANS) | 185 |
| 43 | Ablaufabschnitte (nach REFA) | 188 |
| 44 | Zeitbanddarstellung oder das Balkendiagramm (nach REFA) | 190 |
| 45 | Prüfliste zur Mehrmaschinenarbeit (nach HÄUSSERMANN) | 192 |
| 46 | Das Zeitarten-Balkendiagramm nach AUTOPLAN | 196 |
| 47 | Das Zeitarten-Ergänzungsprinzip im Fertigungsplan | 205 |
| 48 | Fertigungszeitarten im MPM-Fertigungsplan | 206 |
| 49 | Tarifliche und strukturelle Zeitermittlungsprobleme | 210 |
| 50.1 | Netzplangestützte Stückzeitanalyse (Teil 1) | 213 |
| 50.2 | Netzplangestützte Stückzeitanalyse (Teil 2) | 214 |
| 51 | "Manuelle" Warte-Brachzeitanalyse | 216 |
| 52 | Rechnergestützte Warte-Brachzeitanalyse | 220 |
| 53 | Berechnungsformeln für die 'Zeit je Einheit' | 223 |
| 54 | Die zeitlogischen Hintergründe des Neuvorschlags einer Vorgabezeitgliederung (ZUSCHLAGS-Formel) | 224 |
| 55 | Zeitgliederung nach REFA gegenüber AUTOPLAN für die 'Zeit je Einheit' | 226 |

| | | Seite | |
|------|------|---|-----|
| Bild | 56.1 | Vorgabezeitnachweis nach AUTOPLAN Teil 1 (= Vorgabezeitanalyse) | 228 |
| | 56.2 | Vorgabezeitnachweis nach AUTOPLAN Teil 2 (= Struktursortierte Ablauf- beschreibung) | 229 |
| | 57 | Zeitgliederung nach REFA gegenüber AUTOPLAN für die 'Betriebsmittelzeit je Einheit' | 231 |
| | 58 | Belegungszeitnachweis nach AUTOPLAN | 232 |
| | 59 | Die Begriffe Mechanisierung, Automa- tisierung sowie Teilmechanisierung und Teilautomatisierung (Übersicht) | 242 |
| | 60 | Die Automatisierungsgrad-Definition nach AUTOPLAN | 244 |
| | 61 | Die Automatisierungsgrad-Formeln nach HEINRICH gegenüber AUTOPLAN | 246 |
| | 62 | STRUVI zur Darstellung eines Prozeß- Ablaufs bei Automatisierungsproblemen in der Fertigung/Montage | 251 |
| | 63 | Dialog-Masken eines Funktionsarten- katalogs | 256 |
| | 64 | Der Erhebungsbogen zur Automatisie- rungsgrad-Bestimmung einer Funktion | 258 |
| | 65 | Analyse der Stationen eines Ferti- gungssystems (Beispiel) | 268 |
| | 66 | Automatisierungsgradanalyse eines Fertigungssystems (Beispiel) | 273 |
| | 67 | Funktionsarten-Analyse eines Ferti- gungssystems (Beispiel) | 274 |
| | 68 | Kostenminimum gleich optimaler Auto- matisierungsgrad? | 281 |
| | 69 | Automatisierungsgrad versus Investi- tionslogik | 285 |
| | 70 | Die Tetralogie zur Lösung der Wahlent- scheidung | 302 |
| | 71 | Das Entscheidungsfeld bei unterschied- licher Automatisierung | 304 |

| | | Seite |
|---------|--|-------|
| Bild 72 | Die Bestimmung der Basis-Alternative zur Wahlentscheidung | 308 |
| 73 | Wahlkriterium 1: Die Berechnung der Grenzstückzahl | 312 |
| 74 | Wahlkriterium 2: Die Berechnung der Amortisationszeit | 318 |
| 75 | Wahlkriterium 3: Die Berechnung der Rentabilität | 326 |
| 76.1 | Ergebnisse eines Fallbeispiels bei unterschiedlicher Anzahl von Alternativen bei der Wahlentscheidung (Teil 1) | 336 |
| 76.2 | Ergebnisse eines Fallbeispiels bei unterschiedlicher Anzahl von Alternativen bei der Wahlentscheidung (Teil 2) | 337 |
| 77 | Bewertungsmatrix zum Planungsfall A | 339 |
| 78 | Bewertungsmatrix zum Planungsfall B | 343 |
| 79 | Die Festlegung einer Mindestrendite | 348 |