

International Conference on  
**COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING**

Internationale Konferenz über  
**RECHNERINTEGRIERTE FERTIGUNGSSYSTEME**

Zakopane, March 24-27 1992

Jan WÓJCIKOWSKI, Władysław Jerzy SOBCZYK

Institut des Maschinenbaues  
Schlesische Technische Universität, Gliwice, Polen

DER PROGRAMMPAKETSENTWURF FUER DIE ARBEITSSTEUERUNG  
DER ROBOTISIERTEN MODULAREN FERTIGUNGZZELLEN

Zusammenfassung. Es sind optimalisierte Logikalgorithmien der Zustandsmonitoring und Arbeitssteuerung der robotisierten modularen flexiblen Drehzellen vorgestellt, welche die Modellkonfiguration der robotisierten flexiblen Fertigungssystemen bilden.

### 1. Einführung

Seit 1975 benehmen wir uns im Institut mit den Problemen der Konfigurations- und Arbeitssteuerung der kleinen FFS. Aus unseren Erfahrungen [4,5,10,11] geht vor, dass für polnische Bedingungen - und wir sind überzeugt, dass nicht nur für polnische - solche kleine Dreh-FFS von modularen Dreh-FFZ, zu bilden, günstig ist. In unseren modularen Dreh-FFZ inneren Transport und die Manipulationstätigkeiten die normalen IR ausuben. Die Fertigungsarbeit der so konfigurierten FFS lässt sich mit einfachen Leitreehner z.B. IBM/PC/386 und Kommunikationskanal RS führen. Für Ueberwachen und Umrusten dieses FFS reicht nur ein Operator und ein Hilfsarbeiter aus.

### 2. Modellkonfiguration des Systems

Die technische Objekte, die modulare FFZelle bilden /MG/, zeigt Bild 1. Von diesen Modulen gebildete kleine FFSsysteme /Bild 2. und 3./, werden die Chance haben auf den freundlichen Empfang im Industrie, wenn sie arbeitszuverlässige, leistungsfähige und billige werden [2,7,8]. Vorgeschlagene Modularität der vorgestellten FFSsysteme - laut unseren Erfahrungen [6,9] - kann diesen Anforderungen bestehen, weil:

- jeder Modul von 2 CNC-Drehbänken, einem typischen IRoboter und 2 Universalmagazinen gebildet ist,
- von genannten Zellenmodulen kann man sehr leicht und schnell das kleine FFS bilden,
- bei Modulhavarie, der Schwestermodul die Produktion schnell übernehmen kann,
- bei Werkzeugmaschinenhavarie in Modul, die Schwestermaschine in diesem Modul nicht blockiert ist,
- bei Havariezuständen die Servicearbeiten erleichtert sind, darum bessere Servicezuverlässigkeit und Flexibilität besteht,
- die Werkzeugverwaltung für Schwestermodulen erleichtert ist,
- die Transportkosten wegen der Verwendung einfacher Flurförderwagen niedrig werden,

- es besteht die Möglichkeit der Verwendung der einfachen Kommunikationsmitteln in FFS - Rahmen, (auf Grund der Logik Punkt zu Punkt),
- es besteht die einfache und billige Möglichkeit von kleinen FFS-Module das grössere FFS zu bilden.

Auf dem Bild 4. wird die von uns gebaute und in 2 Jahren in dem Industrie eksploitierte Modul-CNC-Drehzelle vorgestellt. Diese FFZ war eben unser Versuchsfeld für den Bau und die Optimierung der Arbeitssteuerungsprogramme solcher robotisierten Modulare FFZ. Die Erfolge unserer Versuche sind in Form der optimalisierten Steuerungsalgorithmen weiter vorgestellt.

### 3. Grundsätze für Hardware

- Modul-FFZ /MG/ bilden ständig zwei Schwester - CNC - Drehbänke /OSN/, ein Roboter /RB/ mit CP-Steuerung, je zwei E/A-Magazine (We/Wy), zwei Reorientierungsstände (RE), ein Greifermagazin (MCh) und zwei bis vier Sicherheitspforten (BZ). Solche Konfiguration versichert die so gen. innere Modulfestigkeit.
- Kleines FFS kann maximal aus 4 FFZ-Modulen gebildet werden um die Steuerungsprobleme der Modulkopplungen zu vereinfachen,
- Die FFS - Arbeitssteuerung führt ein zulässig einfacher und billiger Rechner,
- Die Werkzeug - und Vorrichtungstauscharbeiten sowie äusserer Werkstücktransport werden "von Hand" von PO ausgeübt.
- Jeder FFZ soll ein Werkzeugsvorratsmagazin haben,
- Kleines FFS wird zwei "menschliche Objekte" haben in Form des Systemsoperators (OP) und Hilfsarbeiters (PO). Die Verbindung zwischen diesen "Objekten" wird Funkweise realisiert, was die Terminalverbindungen ersetzen soll.

### 4. Grundsätze für die Logistik der Software

Als Gütekriterium für die FFS - Steuerungsprogramme wurde maximale Zellenleistungsfähigkeit [2,3] angenommen, die über die Minimalisierung der Stillstände der Werkzeugmaschinen zu erreichen ist.

### 5. Angenommene Werkzeugsrandbedingungen

- Der geplante Werkzeugtausch für bestimmte Werkzeugmaschine wird erst nach der Beendigung des NC-Programms (POT-OSN) realisiert,
- Werkzeuge, die 0,8 - 1,05 der Standzeit T erreicht haben, unterliegen dem Tausch,
- Bei Werkzeughavarie oder beim Werkzeugtausch alle Betriebsprobleme erledigt der Hilfsarbeiter im Einverständnis mit dem Operator, welcher neu übermittelte Werkzeug-Daten in den Rechner einführt,
- Der PO (laut DO, WN und Ch) rüstet Werkzeugmaschinen und Roboter, ladet die Magazine ein und stellt entsprechende "Bereitschaftssignale" ein, die über RS-Kanäle zum Leitrechner und OP transmittiert sind. PO hat ausser dem die Funkverbindung zu OP.

### 6. Generierte Objektsignale in FFZ

- E/A-Magazine, Greifermagazin, RE-Stand - Zweistandsignale  
FREI - BESETZ,

- Sicherheitspforten - Zweistandssignale OFFEN-ZU
- Werkzeugmaschinen-10 Signale - verbundene mit der Arbeit,
- Roboter - 7 Signale Havarie, POT-Uebergabe, Umrüstung

#### 7. Umgebungsbündnisse

Fertigungsplanung und Arbeitsvorbereitung liefern dem FFS-Operator folgende Unterlagen:

- Fertigungsplan (PPG) mit Losgrößen und Terminen,
- speziell zusammengestellte Operationsdaten (DO),
- Werkzeugstücklisten (WN) mit den Ersatzwerkzeugen,
- Werkzeugmaschinen - NC - Programme (POT-OSN),
- Roboter NC-Programme (POT-RB),
- Greiferbedarf (CH).

Entsprechende Fabriksabteilungen sind verpflichtet dem Hilfsarbeiter zeitgemäss die geforderte Fertigungsunterlagen zu zusenden und dazu noch:

- voreingestellte Werkzeugkomplette für bestimmte Losgrößen oder für volle Schicht,
- Vorrichtungen für jede Losgrösse,
- Greifer für Roboter,
- Rohwerkstücke für geplante Serien oder für volle Schicht.

#### 8. Die Voraussetzungen des Arbeitssteuersystems

- Fertigungssteuerung über NC-Programmverwaltung für OSN, RB und Leitung der Arbeiten der OP und PO (auch per Funk),
- Werkzeugen - Tauschverwaltung mit Frühsignalisierung der einlaufenden Tauschmomenten. Vorrichtungsverwaltung,
- Signalisierung der einlaufenden Zellenumrüstung und Rüstbefehle.
- Maschinendatenerfassung. Unregelmässige Arbeit wird gemeldet und STOP - Befehle generiert.
- Betriebsdatenerfassung um die Meldungen des Fertigungsfortschritts in gewünschten Zeitintervallen zu bilden und der Objektauslastungen zu kontrollieren.
- Korrektur der Arbeitsharmonogrammen.

Zur Realisierung oberer Aufgaben sind drei Programmpakete hergestellt:

- Fertigungsdaten - Basis - Paket (PBDP),
- Zustandsmonitoring - Paket (PMSG),
- Fertigungssteuerungs - Paket (PS).

#### 9. Fertigungsdaten - Basis (BPDP)

Diese Basis enthält:

- Fertigungsplan des FFS mit folgenden Angaben:- Auftragsnummer, Werkstückbenennung, Operationsnummer, Losgrösse, Ausführungs-termeine,
- Technologische Daten über die Bearbeitungsfolge, Vorrichtungen und Werkzeuge.
- NC - Programme für Werkzeugmaschinen und Roboter.

Obere Angaben prepariert Fabriksarbeitsvorbereitung und stellt die Diskette zu.

BPDP vorbereitet selbst diese Angaben zur Ausnutzung bei der Bildung erforderlicher Harmonogrammen für lang- und Kurzfristige Arbeitsplanung. Ubersendet auch die notwendige POT-OSN und POT-RB an ausgewählte FFZ.

#### 10. Zustandsmonitoring der Objekten (PMSG)

hat folgende Aufgaben:

- Objektenzustandserfassung durch zeitliche Abtastung,
- das Bilden der Zustandsrapporte.

Das folgt über E/A-Gängen des Rechners von entsprechenden Sensoren der Objektsteuerungen. Dazu kommen noch eingestellte Signale von OP und PD.

#### 11. Fertigungssteuerung (PS)

hat drei Modulen mit folgenden Aufgaben:

- MPP - vorbereitet Produktionsstart und Arbeitsharmonogramme für jede Zelle und Werkzeugmaschine,
- MGN - führt Werkzeug - und Vorrichtungsverwaltung und generiert Rapporte über das Verhalten der Werkzeugausnutzung,
- MSP - steuert die Arbeit der Modulen und hat Einfluss auf die Arbeitssteuerung der Werkzeugmaschinen und Roboter, verwaltet die NC - Programme, Werkzeugkomplekten, Umrüsttätigkeiten.

Auf Grund der Analyse des Objektenzustandes, überführt Symulation und weitere Analyse, die zur optimalen Fertigung führt. Wenn die Arbeitsunregelmäßigkeiten oder Störungen eintreten, unternimmt die Korrektur der Harmonogramme. Dies versichert gute Synchronisation der Arbeitsgänge und gute Zellenleistungs ausnutzung.

#### 12. FFS - Hauptsteuerungsschema

Auf dem Bild 5. ist das Hauptschema und auf dem Bild 6. der Hauptprogramm - Algorithmus für die FFS-Steuerung vorgestellt.

#### 13. Die Menge der ausgeführten Programmpaketen

übernimmt folgende Algorithmen:

1. Hauptsteuerungsprogramm des FFS,
2. Fertigungsdaten - Basis PBDF mit Unterprogrammen:
  - 2.1. Dateneingabe für neue Arbeitsplanintervalle WPR, DAN,
  - 2.2. Datenentnahme für die Harmonogramme für die Langfristige Arbeitsplanung ASODLU,
  - 2.3. Wie oben für Kurzfristige Arbeitsplanung ASOKR,
  - 2.4. NC - Programmenübertragung zu den Maschinensteuerungen TRANSM
  - 2.5. Löschen nicht gebrauchten Dateien USUN
3. Zustandsmonitoring der Objekten PMSG steuert mit folgenden Unterprogrammen:
  - 3.1. Werkzeugmaschinen - Zustandsanalyse STOB
  - 3.2. Roboter - Zustandsanalyse STRB
  - 3.3. Anderer Objekte - Zustandsanalyse STOB
4. Fertigungssteuerung PS hat 3 Modulen und folgende Unterprogramme:
  - 4.1. Arbeitsharmonogramme - Bildung PHF
  - 4.2. Produktionsinformationen PIP
  - 4.3. Werkzeugwirtschaft MGN
  - 4.4. Werkzeugtauschtätigkeiten PWP
  - 4.5. FFZ - Umrüstung PPM
  - 4.6. Modularbeitssteuerung STERM
  - 4.7. Modularbeitssimulation SYM

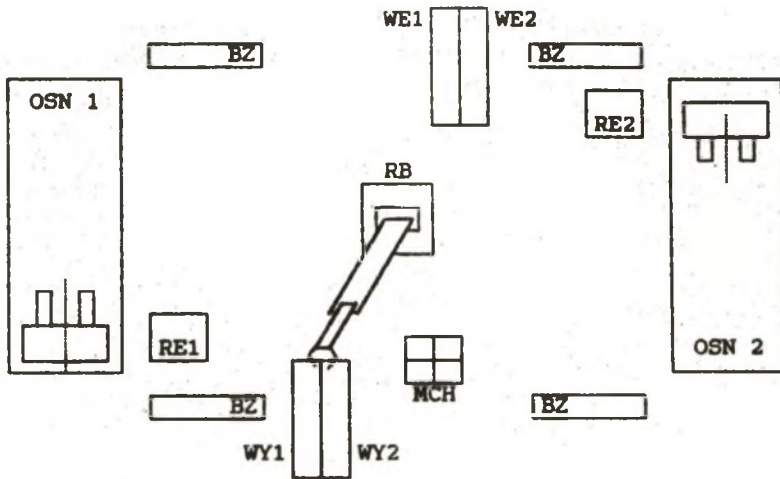


Bild 1. Technische Objekte der Moduldrehzelle (MG)  
 OSN1 u. OSN2 - CNC-Werkzeugmaschinen; RB - Industrie Roboter;  
 RE1 u. RE2 - Reorientierungsstände; WE1 i WE2 - Eing-Magazine;  
 WY1 u. WY2 - Ausg.-Magazine; BZ - Sicherheitspforte;  
 MCH u. IR - Greifermagazine.-

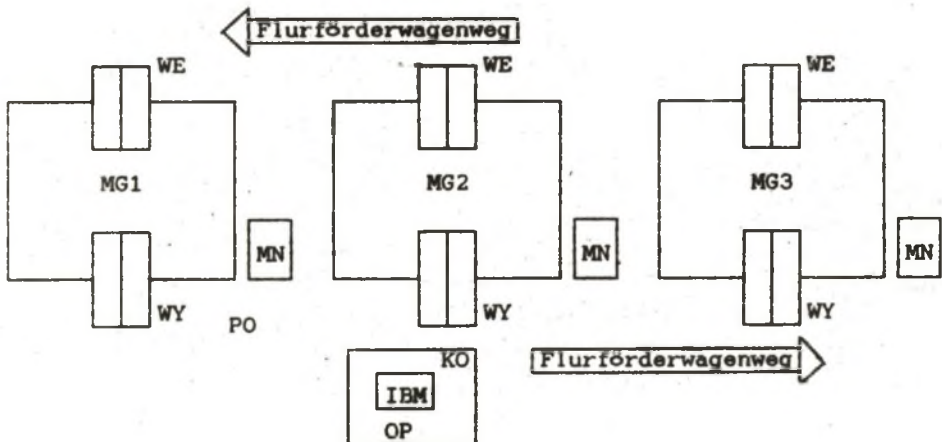


Bild 2. FFS für Rotationsteile; 3-modulare-Konfiguration  
 MG1+3 FFZ-Module; KO-Operatorraum; OP-Operator; PO-Hilfsarbeiter;  
 MN-Werkzeug-Magasin.



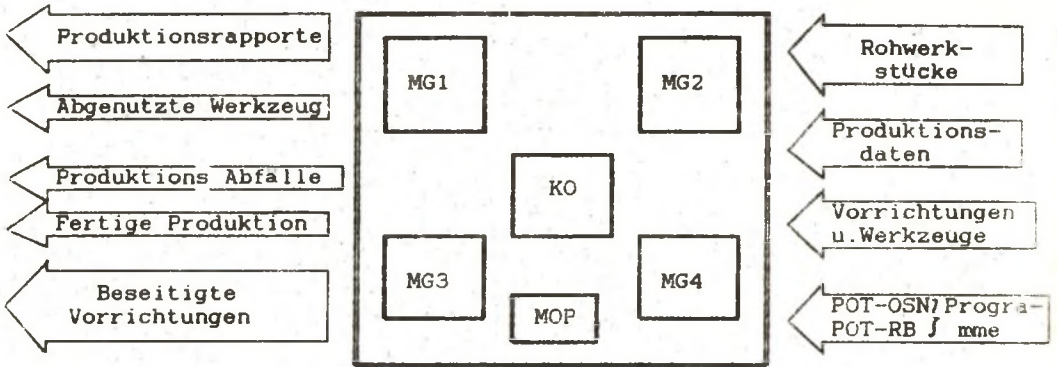


Bild 3. 4-modulare-Konfiguration des FFS

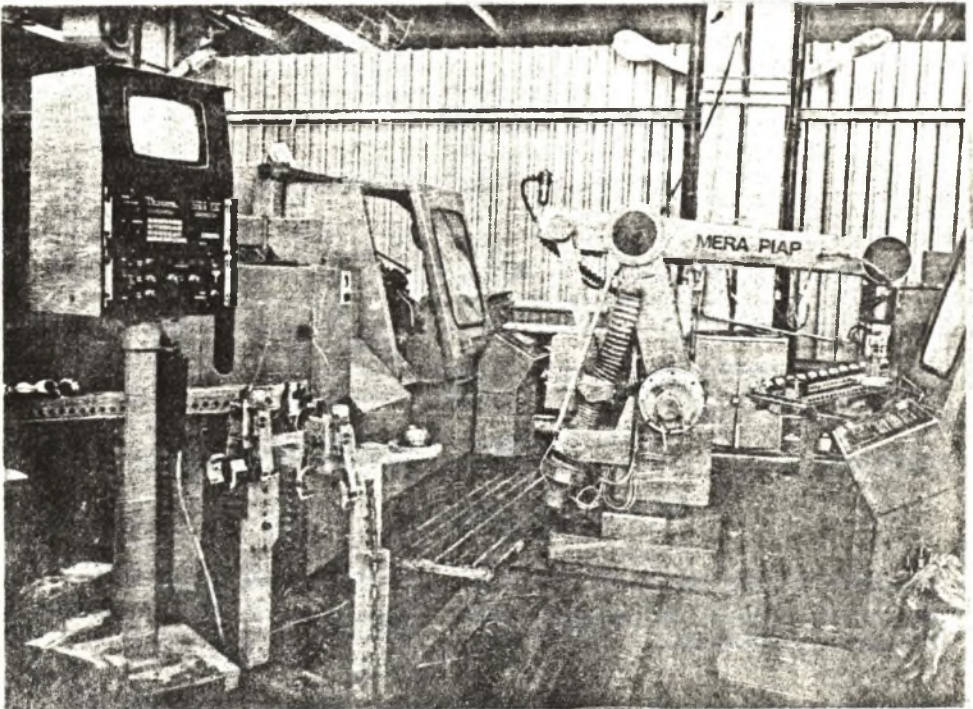
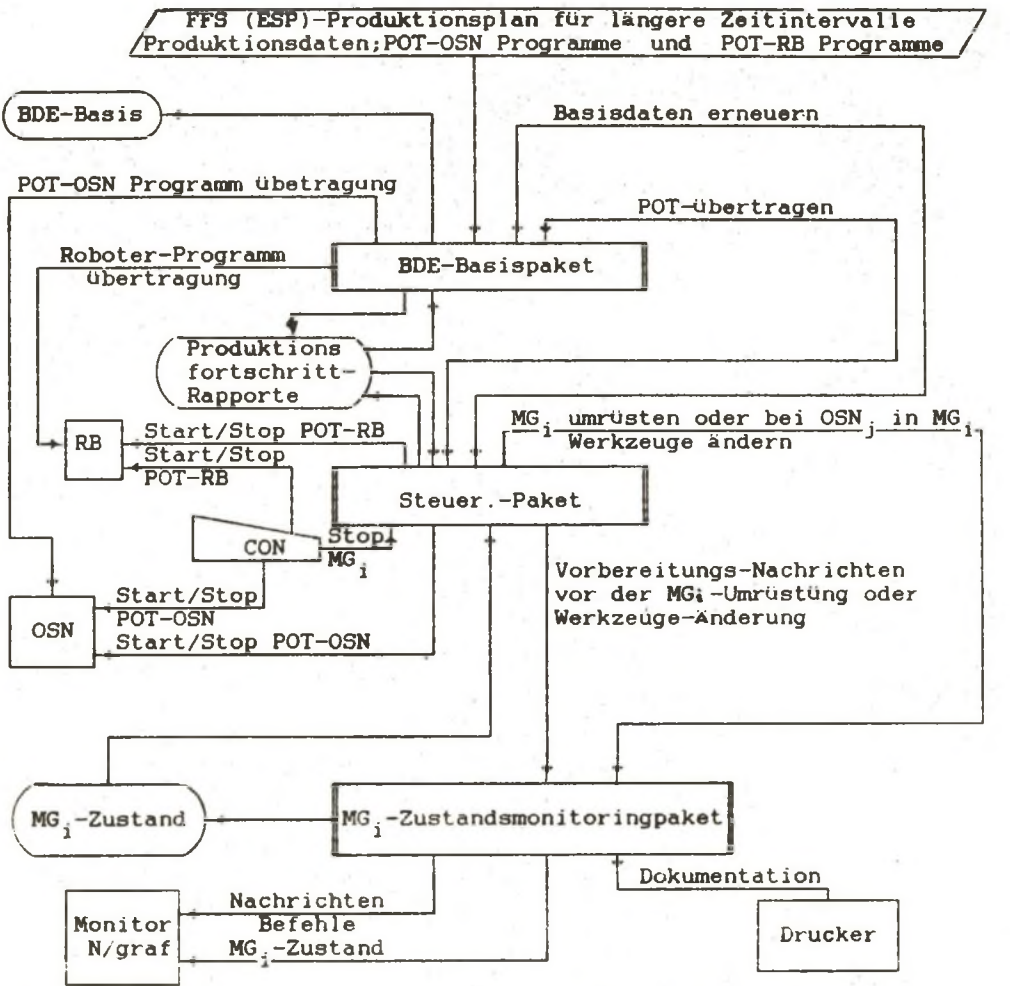


Bild 4. Versuchsmodul der FFZ (MG)  
mit zwei CNC - Drehbanken



**Nachrichten für PO:**

- Werkzeuge für OSN<sub>j</sub> in MG<sub>i</sub> vorbereiten
- MG<sub>i</sub>-Umrüstung für Sortiment ASR vorbereiten
- Werkzeuge für OSN<sub>j</sub> in MG<sub>i</sub> auswechseln
- MG<sub>i</sub> umrüsten
- MG<sub>i</sub>-Havarie

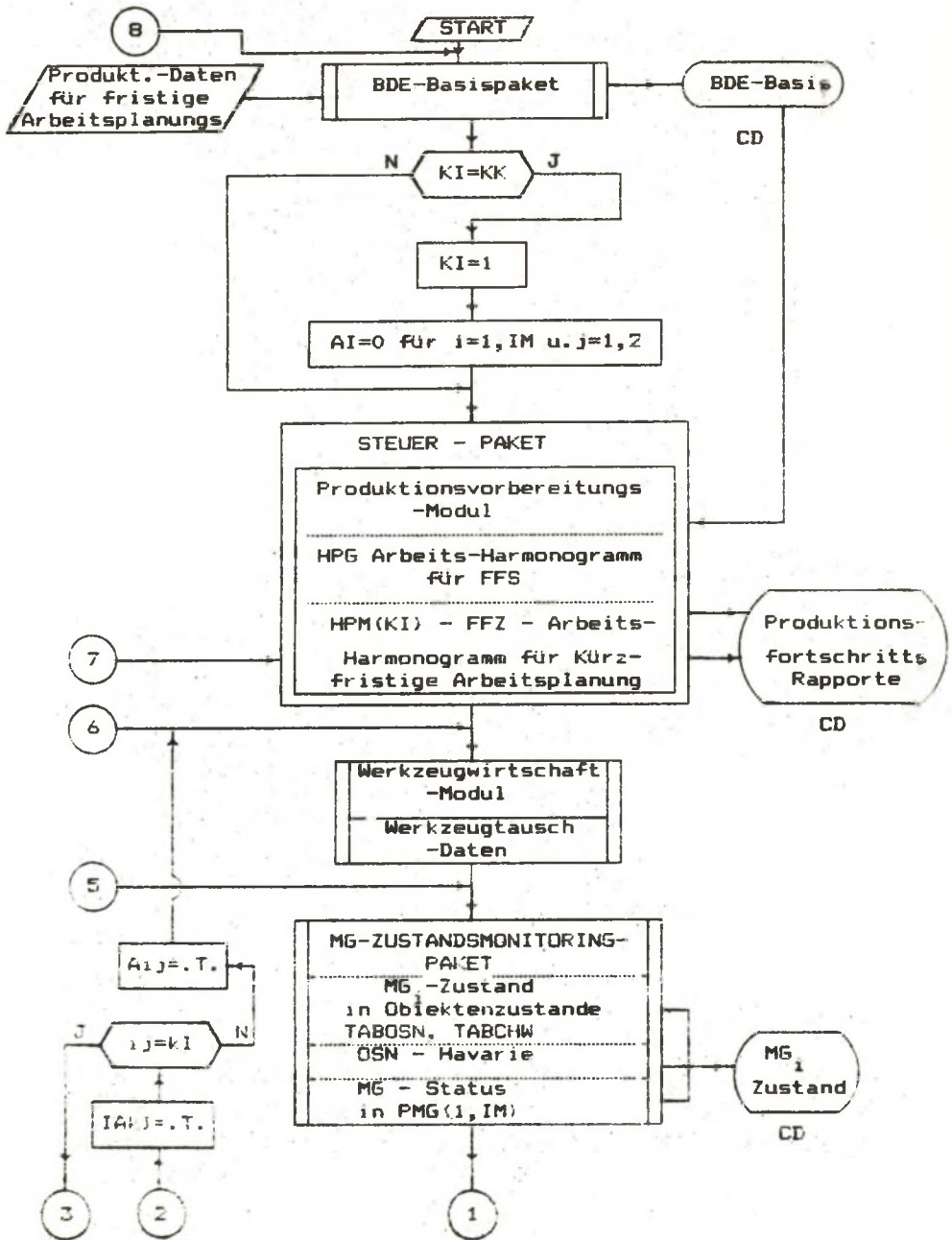
**Dokumente:**

- Werkzeug-Tauschliste
- Vorricht.-Tauschliste

**Bild 5. FFS-Steuerungsstruktur (ESP)**

(MG - FFZ; OSN - NC Werkzeugmaschine; RB - Industrieroboter;  
 PO - Hilfsarbeiter; CON - Console; POT-OSN - CNC Wrkzm.-Programme;  
 POT-RB - Roboter Programme)

Bild 6. Arbeitsteuerungsprogramm-Hauptalgorithmuss für FFS





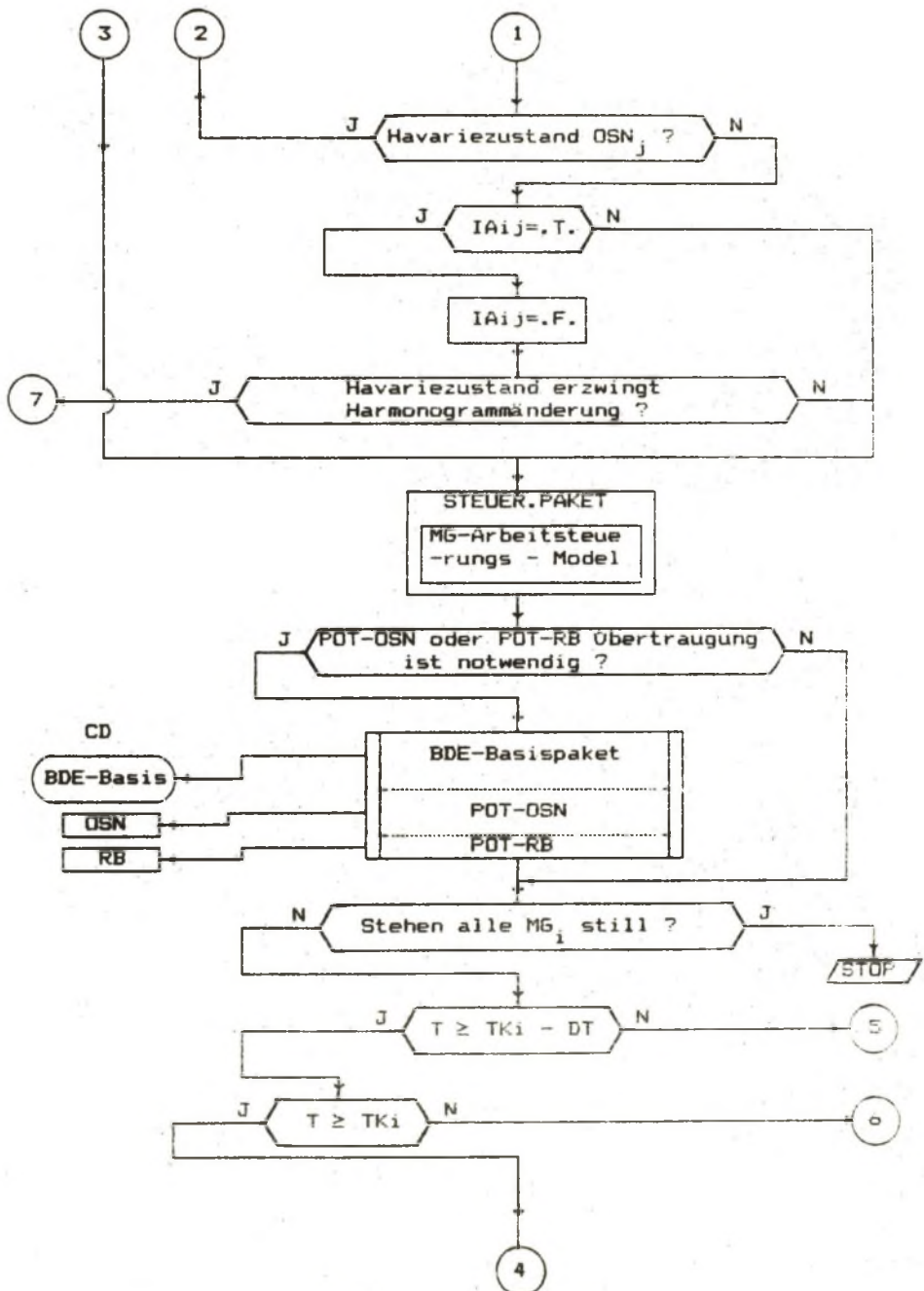


Bild 6. Fortsetzung

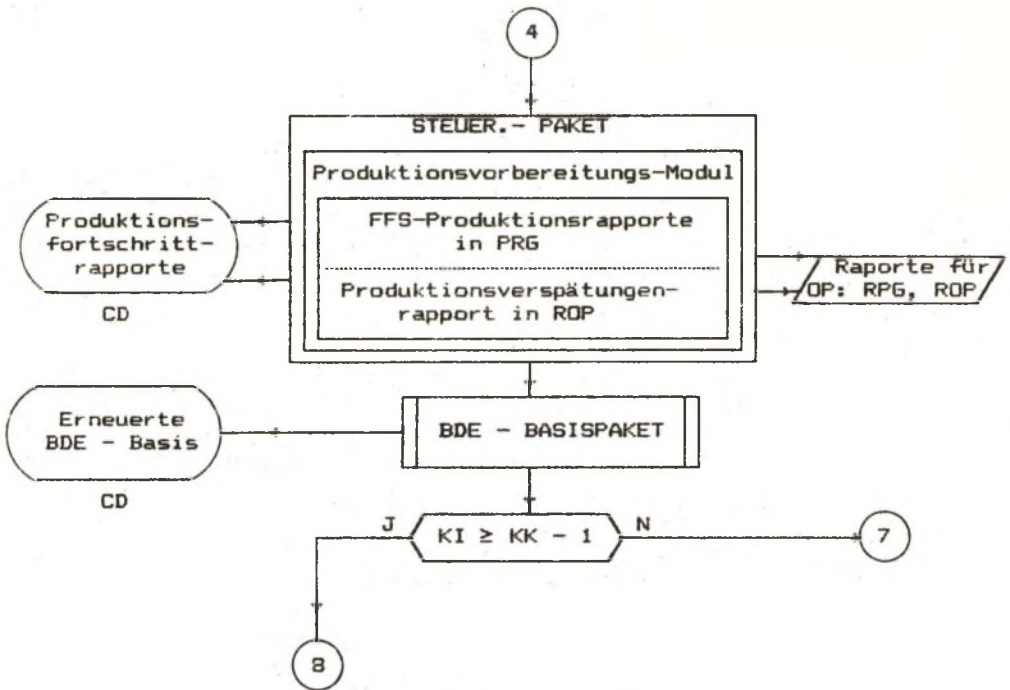


Bild 6. Fortsetzung

#### 4.8. POT-RB-Mobilmachung RB

Oben gen. Algorithmen befinden sich in unserer Forschungsarbeit unter dem Titel "Steuerungsprogrammenentwicklung für robotisierte FFZ" [6].

#### 14. Schlussfolgerungen

Ausgeführte Programmpaketen erlauben:

- Produktionsanlassung laut gewünschten Terminen,
- Produktionsobjektenauslastung festzustellen,
- Objektenauslastung zu optimieren (laut angenommenen Kriterien),
- Terminkollisionen zu entdecken,
- Nach Havariezuständen neue Arbeitsharmonogramme zu bilden,
- Lokale Werkzeugwirtschaft zu führen (laut Werkzeugauslastungsrapporten),
- Zusätzliche Programmänderungen und Verbesserungen einzuführen gemäss dem Wunsch der Benutzer.

#### LITERATUR

- [1] W.Arndt, I.Bey, CIM - Technologietransfer, Karlsruhe 1989
- [2] W.K.Behrendt u.a.- Flexible numerisch gesteuerte CNC-Fertigungssysteme, Expert Verlag - Esslingen 1986
- [3] J.Cyklis - Algorytmy sterowania nadzorującego ESF Archiw.TBM Komisja TBM-PAN z. 9/1990
- [4] J.Honczarenko, K.Neumann - Zautomatyzowane gniazdo obróbki tokarskiej dla przedmiotów klasy tuleja - tarcza, Przegląd Mechaniczny 11/1990
- [5] W.J.Sobczyk- Symulacja pracy elastycznego gniazda obróbkowego dla późniejszego sterowania produkcją, KBM-SPT-PAN z. 39/1980
- [6] W.J.Sobczyk, J.Wójcikowski i inni - Rozwój oprogramowania sterującego pracą zrobotyzowanego gniazda produkcyjnego; IBM-Polit.Sląskiej 6.1991.
- [7] G.Spur- Die Fabrik im Wandel-Schritte auf dem Weg zum rechnerintegrierten Fabrikbetrieb, VDI-CIM Tagung Hamburg 1988
- [8] H.J.Warnecke, R.Steinhilper, - Flexible Manufacturing Systems, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1985
- [9] J.Wójcikowski, J.Madejski- Technologiczne Projektierung FFS mit IR-Technik, T.U. - Magdeburg 09/1985
- [10] J.Wójcikowski - Komputeryzacja w przygotowaniu i sterowaniu produkcją, Mechanik 9/10/1990
- [11] J.Wójcikowski - Doświadczenia eksploatacyjne zrobotyzowanego gniazda produkcyjnego do obróbki części obrotowych. Nowoczesne Technologie 1/1988.

PROJECT OF THE SOFTWARE PACKAGE FOR THE CONTROL OF THE MODULAR  
ROBOTIZED FMC SYSTEMS

Summary

The paper presents the optimized algorithms of the monitoring logic of the state and control of the operation of the modular FMC, constituting the model configurations of the robotized lathe FMS.

PROJEKT PAKIETU OPROGRAMOWANIA DLA STEROWANIA PRACĄ  
ZROBOTYZOWANEGO GNIAZDA WYTWÓRCZEGO

Streszczenie

Przedstawiono zoptymalizowane algorytmy logiki monitorowania stanów i sterowania pracą modułowych gniazd wytwórczych tworzących modelową konfigurację zrobotyzowanego tokarskiego elastycznego systemu produkcji ESP.

Wpłynęło do redakcji w styczniu 1992 r.

Recenzent: Wit Grzesik