

setzlichkeit ist darüber hinaus die langfristige Planung einzelner Prozeßabschnitte der Instandhaltung eine wichtige Voraussetzung für die effektive Nutzung der Pflegeeinrichtungen und die Bilanzierung der personellen und materiell-technischen Aufwendungen. Der derzeitige Aufwand für die Leitung und Planung der Wartung und Pflege einschließlich der exakten Bedarfsermittlung für Kraft- und Schmierstoffe fordert zwingend, die Arbeitsaufgabe des technischen Leiters durch entsprechende Hilfsmittel zu rationalisieren.

Auf der Grundlage einer vorliegenden Methodik [7] wurde ein Programm für den programmierbaren Kleinstrechner Robotron K 1002 erarbeitet.

Die an einem betrieblichen Beispiel ermittelten Planteile sind in einem vielfältig verwendeten Formblatt zusammengestellt.

## Literatur

- [1] Verordnung über die Wartung, Pflege und Konservierung sowie Abstellung der Technik in der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft. Gesetzblatt der DDR, Teil I, Nr. 20, vom 19. Juli 1979.
- [2] Schröder, C.: Die Planung der vorbeugenden Instandhaltung mit Hilfe elektronischer Rechenanlagen. Dt. Agrartechnik 21 (1971) H. 11, S. 494—496.
- [3] Programmierbarer Kleinstrechner Robotron K 1002, Bedien- und Programmierhandbuch. VEB Robotron-Elektronik 1978.
- [4] Eggert, H.: Technisch-technologische Feinplanung der Pflege und Wartung in der KAP Zarenth. Ingenieurschule für Landtechnik Friesack, Abschlußarbeit 1976 (unveröffentlicht).
- [5] Normative für die Instandhaltung selbstfahrender Maschinen der Pflanzenproduktion. Leitbetrieb der Erzeugnisgruppe 18 beim VEB KfL Görlitz/Niesky 1979.
- [6] Materialnormative für die Wartung und Pflege selbstfahrender Maschinen der Pflanzenproduktion. Leitbetrieb der Erzeugnisgruppe 18 beim VEB KfL Görlitz/Niesky 1980.
- [7] Kühnast, K.; Stegemann, G.: Zur planmäßigen Einordnung der vorbeugenden Instandhaltung in die Pflanzenproduktion. agrartechnik 26 (1976) H. 10, S. 490—494.
- [8] Oppelt, M.: Leitung, Planung und Organisation der Pflege und Wartung am Beispiel der LPG (P) Spaatz. Ingenieurschule für Landtechnik Friesack, Abschlußarbeit 1980 (unveröffentlicht).
- [9] Rößner, K.: Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel, 1. Auflage. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag 1976.
- [10] Senst, W.: Die Organisation der Pflege und Wartung in der LPG Linthe. Landtechnische Informationen 19 (1980) H. 5, S. 83—85.

A 2855

# Elektrische Meßeinrichtung zur Ölvolumenstrommessung für die Diagnose von Baugruppen in Schmieröl- und Hydraulikkreisläufen

Dozent Dr. sc. techn. D. Troppens, KDT/Dr.-Ing. H.-H. Maack, KDT/Dipl.-Ing. R. Litzel  
 Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Einleitung

Die Anwendung der technischen Diagnostik in der Landtechnik der DDR zur Durchsetzung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen und zur Gewährleistung gesetzlich vorgeschriebener Überprüfungen erfordert moderne Diagnoseeinrichtungen.

Bisher war der Entwicklungsweg der Gerätetechnik dadurch gekennzeichnet, daß für eine Anzahl von brauchbaren Diagnoseverfahren ein bestimmtes Sortiment sehr unterschiedlich beschaffener, voneinander unabhängiger Einzelgeräte angeboten und eingesetzt wurde. Der Nachteil dieser Geräte besteht im Arbeitsaufwand für Vorbereitung, Bedienung und Nachbereitung.

Für einige Baugruppen bzw. Diagnoseparameter bietet sich zur Verringerung eines solchen Geräteumfangs die Schaffung eines Diagnosegerätesystems an, das aus einem für verschiedene Meßgrößen speziell anpaßbaren Gebertyp und einer universellen Meßwertaufbereitungseinheit besteht. Ein solches System, auf der Basis der elektrischen Dehnmeßstreifenmeßtechnik aufgebaut, wurde von Troppens [1] u. a. für verschiedene Hauptbaugruppen von Traktoren, LKW und selbstfahrenden Landmaschinen entworfen.

Ein besonderes Problem stellt die elektrische Messung von Volumenströmen zur Zustandsermittlung von Bauteilen in verschiedenen Öl- und Luftkreisläufen dar, für die für konkrete Fälle der Landtechnik bisher keine brauchbaren elektrischen Geber existierten. In diesem Beitrag soll ein Meßgerätesystem mit neuentwickeltem Geber zur Ölvolumenstrommessung vorgestellt und seine Tauglichkeit zur Diagnose von Schmieröl- und Hydraulikkreisläufen gewertet werden.

## 2. Realisierung des Geberprinzips

Die Grundforderung für die Entwicklungskonzeption bestand darin, ein geeignetes Fühler-/Wandlerprinzip zu realisieren, das volumenstromproportionale Signale erzeugt. Die auf dem Drosselprinzip basierende Volumenstrommessung sollte aus Gründen der meist nicht erwünschten zu großen Drosselwirkung nicht angewendet werden. Angeregt durch eine sowjetische Veröffentlichung [2], wurde für die Entwicklung des Funktionsmusters eines elektrischen Ölstromgebers ein Meßprinzip gewählt, das die elastische Verformung eines in den Meßkanal hineinragenden angeströmten Körpers (z. B. Metallzunge) ausnutzt. Das an der Meßstelle erzeugte Biegemoment ist in erster Näherung dem auf die projizierte Fläche wirkenden dynamischen Druckanteil einer Rohrströmung  $(\rho/2) \cdot v^2$  proportional, so daß man keine lineare Kennlinie des Volumenstroms  $\dot{V} = A \cdot v$  erwartet. Die durch Biegung hervorgerufene Dehnung bzw. Stauchung der Zungenober- bzw. -unterseite bewirkt eine Änderung des elektrischen Widerstands der zwei Drahtdehnmeßstreifen (DMS), die zweckmäßigerweise eine Halbbrücke bilden. Unter Verwendung handelsüblicher geeigneter Meßanlagen (z. B. UM 111 bzw. 131, N 2302, HLW 311) werden eine problemlose Signalverarbeitung und eine nachfolgende Anzeige oder/und Registrierung ermöglicht. Durch Wahl des Strömungsquerschnitts und der Abmessungen sowie des Anstellwinkels der Zunge ist eine Anpassung an die verschiedenen Meßbedingungen möglich. So wurden verschiedene Funktionsmuster in Hydraulik- und Schmierölkreisläufen, in gasführenden Leitungen von Melkanlagen und in Kraftstoffleitungen von Großdieselmotoren eingebaut, erprobt und

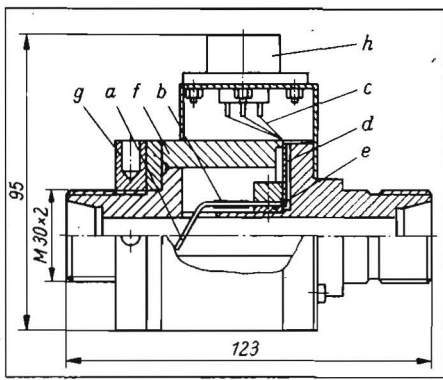
nach zielgerichteten Änderungen für die betriebliche Nutzung gefertigt.

## 3. Aufbau der Meßeinrichtung

Die Meßeinrichtung besteht aus einzelnen Meßgeräten für Volumenstrom, Druck und Temperatur. Zentrales Gerät ist der Meßwertnehmer und -geber für den Volumenstrom, dem eine verstellbare Drossel vorgeschaltet ist.

### 3.1. Konstruktion des Meßwertgebers für Ölvolumenstrom

Der Meßwertgeber für die Ölvolumenstrommessung (Bild 1) besteht aus einem zylindrischen Körper mit axialer Bohrung ( $\varnothing$  11 mm bzw. 12,5 mm). Der Körper ist radial so bis zur Bohrung gefräst, daß eine Öffnung entsteht, durch die die in einem Winkel von  $60^\circ$  von der bohrgangparallel gefrästen Fläche weggebogene Zunge a in die Bohrung, den Volumenstrommeßkanal, eintauchen kann. Nahe der Einspannstelle ist der Meßfühler, die Zunge, mit einer Halbbrücke aus Dehnmeßstreifen b versehen. Ein Dehnmeßstreifen ist unter und einer auf die aus Messingblech gefertigte Zunge mit Plastaphenolkleber geklebt. Dadurch wird bei Auslenkung der Zunge ein Dehnmeßstreifen gestaucht und der andere gedehnt. Die drei an die Dehnmeßstreifen angelöteten Drähte c werden gesondert durch spezielle Bohrungen d geführt, die nach Art und Anordnung hohe Drücke im Meßkanal ermöglichen, nachdem sie zugeklebt und vergossen sind. Zur besseren Isolierung der elektrischen Leitungen wird ein Isolierstück e aus Pertinax unter das Zungenklemmstück gelegt. Der Raum des Meßfühlers wird durch eine Hülse f abgeschlossen, die mit Hilfe einer



**Bild 1. Meßwertgeber;**  
 a Meßfühler (Zunge), b Dehnmeßstreifen, c elektrische Leitungen, d Bohrungen für elektrische Leitungen, e Isolierstück, f Hülse, g Kreuzlochmutter, h Neumann-Steckdose

Kreuzlochmutter g fest mit dem Grundkörper verschraubt ist. Eine am Gerät befestigte Neumann-Steckdose h ist mit den drei elektrischen Leitungen verlötet. Geräteeintritt und -austritt für das Meßmedium sind für den Anschluß von Hydraulikleitungen als Schweißkugelbuchsen-/Schneidring-Gewindestutzen ausgeführt.

### 3.2. Konstruktion weiterer Teile der Meßeinrichtung (Bild 2)

Dem Meßwertgeber a ist ein verstellbares Drosselventil b vorgeschaltet. Beide sind mit Hilfe eines Verschraubungsstückes c gekoppelt, das auch jeweils eine Gewindebohrung für ein Manometer (M 20 x 1,5) und für ein Thermometer (M 14) enthält. Von der Trennstelle des Ölkreislaufs wird das Öl durch eine Leitung erst zum Drosselventil, dann zum Volumenstromgeber und schließlich durch eine weitere Leitung zurück zum internen Ölkreislauf geführt. Der Meßwertgeber ist über eine Geräteschnur z. B. mit dem HLW (Halbleitewandler)-Meßgerät HLW 311 d verbunden, das aus Gleichspannungsverstärker HLG 10, Speise- und Abgleichteil HLS 01 und Anzeigeteil HLA 40 besteht. Die Halbbrücke des Meßwertgebers wird mit der Halbbrücke des Speiseteils vom HLS 01 zur Vollbrücke ergänzt. Das Meßgerät HLW 311 kann auch wechselseitig zusammen mit einer elektrischen Meßeinrichtung e (Fühler mit Transistor und elektronischer Schaltung) zur Temperaturmessung genutzt werden.

## 4. Technische Charakteristiken des Meßwertgebers

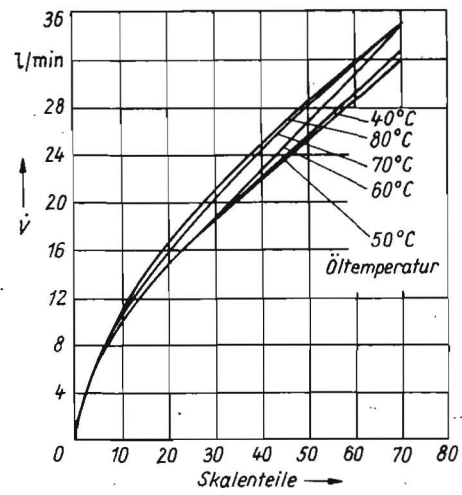
Umfangreiche Testreihen [3] ergaben, daß der Einfluß des herrschenden Drucks des den Geber durchfließenden Mediums auf die Meßgenauigkeit vernachlässigbar ist (Fehler < 1%). Eine Nullpunktauslenkung aufgrund von Druckänderung im statischen Fall war bei Drücken bis rd. 0,7 MPa (Meßbereich Schmieröl) nicht feststellbar. Der relativ geringe Einfluß der Öltemperatur auf die Kalibrierkurve ist im Bild 3 erkennbar. Da im praktischen Meßbetrieb von rd. 2 min (5 Meßwerte) nur bei einer ganz bestimmten, für den Traktorentyp vorgeschlagenen Temperatur von z. B. 60°C gemessen wird und sich dabei die Temperatur um weniger als 2 K ändert, ist nur eine Kalibrierkurve nötig, die für jeden Aufnehmer zu ermitteln ist. Der Fehler durch Temperatureinfluß liegt dann in der Ablesegenauigkeit. Die Meßwertgeber sind bei 16 MPa abgedrückt. Auch höhere Drücke läßt die Konstruktion zu. Der relative Fehler der Meßkette nach bisherigen Meßergebnissen bewegt sich im Intervall von +5% bis -5%.

## 5. Anwendungen

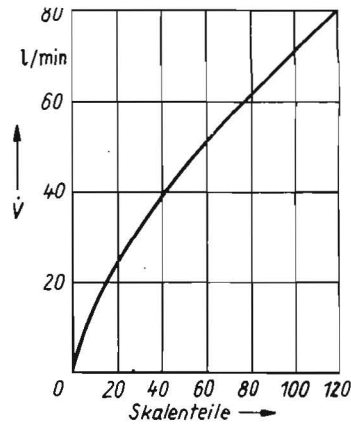
Die Schmierölvolumenströme der Motoren VD 14,5/12 und D-50 sind mit beschriebener Meßkette untersucht worden, um indirekt das derzeitige mittlere Kurbelwellenlagerspiel zu erhalten, wonach Entscheidungen für die Instandhaltung getroffen werden können. Für den Motor JAMS-238 NB sind die Untersuchungen noch nicht beendet. Beim Motor VD 14,5/12 wird der Filtereinsatz des Schmierölgrobfilters herausgenommen und auf das Filtergehäuse ein Flansch aufgeschraubt, der mit Schlauchanschlüssen für das Volumenstrommeßgerät und einem Thermometerstutzen versehen ist. Ein verstellbares Rohrstück am Stutzen in Flanschmitte trennt Zulauf und Ablauf des Öls im Filtergehäuse (s. a. Bild 3 in [4]).

Die Meßeinrichtung des Motors D-50 wird in den Schmierölkreislauf eingebunden, indem sie mit Gewindestutzen am Schmierölfiltergehäuse angeschraubt wird, nachdem diese Stutzen in die durch Demontage der Wärmetauscherleitungen freien Gewindelöcher eingeschraubt sind. Um Störungen durch das parallel zum Wärmetauscher liegende Reduzierventil auszuschließen, muß die Feder des Ventils durch eine wesentlich stärkere für die Zeit der Messung ersetzt werden.

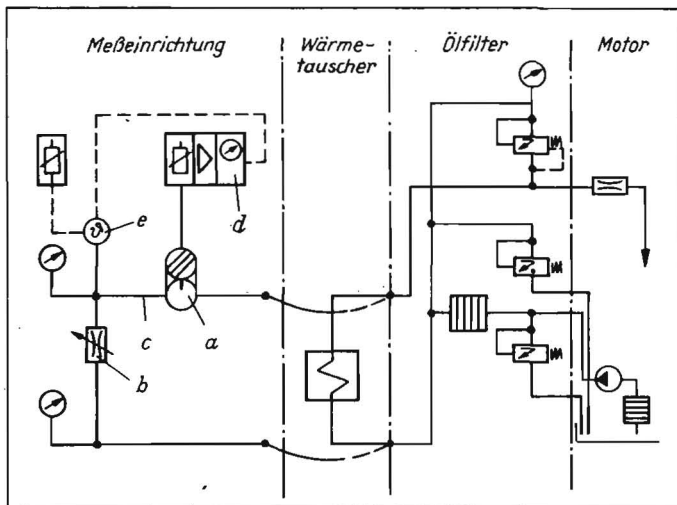
Nachdem der Motor bis zur Temperatur ent-



**Bild 3. Kalibrierkurven eines Ölvolumenstromgebers**



**Bild 4. Kalibrierkurve eines Ölvolumenstromgebers bei  $\vartheta_{\text{Öl}} = 50^\circ\text{C}$**



**Bild 2**  
 Meßeinrichtung mit Anschluß am Motor D-50; a Meßwertgeber, b Drosselventil, c Verschraubungsstück, d HLW-Meßgerät, e elektronische Temperaturmeßeinrichtung

sprechend der Kalibrierkurve warmgefahren worden ist, werden bei bestimmter Drehzahl (meist Nenndrehzahl) und an der Drossel gestuft eingestellten Drücken am analog anzeigenden Gerät die Skalenteile abgelesen. Die Kalibrierkurve (Bilder 3 und 4) gibt den Zusammenhang von Skalenteilen und Volumenstrom und die Diagnosekennlinie bzw. das Diagnosekennlinienfeld (Bild 5) die Abhängigkeit von Volumenstrom und mittlerem Kurbelwellenlagerspiel wieder.

Da Ölstrom und Öldruck vor dem Ölhauptkanal gemessen werden, beeinflussen Ölpumpe und Druckregelorgane im Filter die Messungen nicht. Baugruppen von Hydraulikanlagen (Druckstromerzeuger, Wegeventilbatterien, Druckbegrenzungsventil u. a.) können mit der gleichen Meßeinrichtung geprüft werden [4]. Die Überprüfung kann in gleicher Weise wie mit der bekannten Hydraulikprüfeinrichtung HP 80/160 ausgeführt werden [5], da ebenfalls Drücke und Ölvolumenströme meßbar sind und das Drosselventil zur Einstellung der Betriebsdaten verwendet werden kann. Die Bewertung erfolgt dann mit den bekannten Vergleichswerten.

Die kleineren Abmessungen der elektrischen Meßeinrichtung, die in den Ölkreislauf einzufügen ist, erleichtern die Anschlußarbeiten bei der Überprüfung.

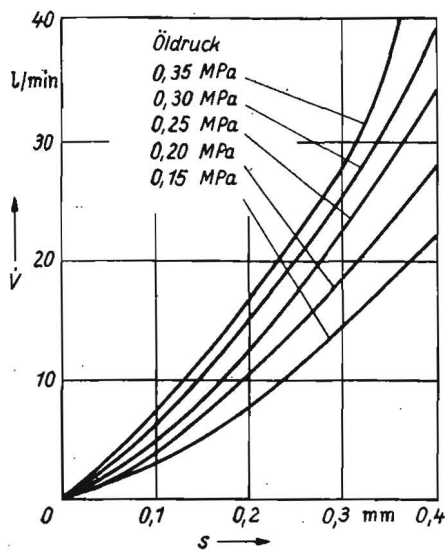


Bild 5. Diagnosekennlinie bei  $\vartheta_{\text{Öl}} = 60^\circ\text{C}$  und  $n = 1700\text{ U/min}$  ( $s$  mittleres Kurbelwellenlagerspiel)

### 6. Ermittlung von Diagnosekennlinien

Um den genauen Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Summenlagerspiel eines Motortyps zu ermitteln, sind alle Einflüsse auf das Meßergebnis untersucht und bei der Messung entweder ausgeschlossen oder konstant

gehalten worden. So müssen z. B. Drehzahl und Öltemperatur bei einer bestimmten Druckstufe konstant gehalten werden. Das Lagerspiel wurde bis zu fünfmal verändert — von „Neuzustand“ über „Betriebsgrenze“ bis „Aussonderungsgrenze“ —, indem die Zapfen der Kurbelwelle geschliffen bzw. neue Lagerschalen eingebaut wurden. Das Lagerspiel wurde z. B. beim Versuchsmotor D-50 im VEB LIW Anklam von 0,103 mm über 0,108 mm, 0,138 mm, 0,25 mm bis 0,374 mm gefertigt, um die vom Hersteller angegebenen, durch Verschleiß sich einstellenden Lagerspiele zu simulieren (Neuspiel 0,065 mm bis 0,115 mm; Betriebsgrenze 0,250 mm; Aussonderungsgrenze 0,400 mm). Geeignete Betriebszustände für eine Schmieröl-Volumenstrommessung beim Motor D-50 sind:

- Drehzahl 1700 U/min
- Öltemperatur  $60^\circ\text{C}$ ;  $70^\circ\text{C}$
- Öldruck z. B. 0,20 MPa; 0,25 MPa; 0,30 MPa.

Die vorgestellte Meßeinrichtung ermöglicht mit einer der erarbeiteten Diagnosekennlinien die Diagnose von Baugruppen vieler Ölkreisläufe, besonders der von Traktoren und anderen landtechnischen Maschinen.

### Literatur

- [1] Troppens, D.: Beitrag zur systematischen Entwicklung von Verfahren der Technischen Diagnostik und von Diagnoseeinrichtungen für die

Landtechnik. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation B 1977.

- [2] Sokolikov, V. K.; Lovkis, S. V.: Tenzometričeskij raschodomer (Durchflußmesser auf Dehnungsmeßbasis). Mech. i. elektrif. soc. sel'sk. choz. (1974) H. 3, S. 58.  
 [3] Grieb, H.-G.: Diagnosekennlinie des Parameters Ölvolumenstrom beim Motor D-50. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1980 (unveröffentlicht).  
 [4] Troppens, D.; Maack, H.-H.: Elektrische Diagnoseeinrichtungen für Laborübungen. agrartechnik 27 (1977) H. 9, S. 407—409.  
 [5] Nessau, B.: Diagnose von Hydrauliksystemen landtechnischer Arbeitsmittel. agrartechnik 23 (1973) H. 9, S. 411—414. A 2881

## Gestaltung von Wechselfließreihen in der Instandsetzung

Dozent Dr.-Ing. U. Scharf, KDT/Dipl.-Ing. R. Brandis, KDT, Ingenieurhochschule Berlin—Wartenberg

### 1. Problemstellung

Wechselfließreihen sind in der Instandsetzung von Baugruppen und Maschinen eine verbreitete Organisationsform. Sie entsprechen den Bedingungen mittlerer Erzeugniserien und einer begrenzten Typenvielfalt. Außerdem gewährleisten sie eine gute Versorgungssicherheit und hohe Produktivität.

Die wechselnden Erzeugnisse erfordern einen differenzierten Zeitaufwand  $t_0$  zu ihrer Instandsetzung. Die Taktzeit  $t_T$  und die Anzahl der Arbeitsplätze  $n_{AP}$  je Erzeugnis streuen in Grenzen. Die Wechselfrequenz ist durch die Intensität des Forderungs- und Ankunftsstromes der Austauschstützpunkte und anderer Partner gegeben.

Der Erzeugniswechsel bringt Verlustzeiten  $t_v$ , deren Größe durch den Zeitaufwand für die Umrüstung  $t_A$ , die Anzahl der Arbeitsplätze, die Taktzeitdifferenz, den Wechselrhythmus und die Art der Förderung bestimmt ist.

Mit einem hohen Grad der Vereinheitlichung der Erzeugnisse (Baureihen), einem verfügbaren Standard von Fertigungsmitteln für das Erzeugnissortiment an den Arbeitsplätzen, wie er in vielen Instandsetzungsbetrieben gegeben ist, und einer außerhalb der Instandsetzung erfolgenden Bereitstellung ist der Verlustzeitanteil durch Umrüstung zu eliminieren. Durch Taktzeitdifferenz, Anzahl der Arbeitsplätze und Wechselfrequenz verursachte Verlustzeiten werden auf mehr als 10% des Arbeitszeitfonds geschätzt [1]. Verlustzeiten dieser Art

sind durch die Wahl der Förderung, der Taktzeit und der Arbeitsplätze beeinflussbar. Für typische Formen in Wechselfließreihen werden nachfolgend Gestaltungs- und Berechnungsgrundlagen dargestellt.

### 2. Charakteristik von Wechselfließreihen

Wechselfließreihen sind durch die Art der Förderung der Erzeugnisse, die Stabilität der Taktzeit und Arbeitsplätze und durch den Wechselrhythmus der Erzeugnisse zu charakterisieren. Ihre Effektivität wird vorwiegend dadurch bestimmt, wie es gelingt, einen kontinuierlichen Erzeugnisstrom zu realisieren und die Wartezeit der Fließreihe zu minimieren.

Bei begrenztem Erzeugnissortiment in der Instandsetzung und einem dafür allgemein festgelegten Wechselrhythmus reduziert sich das Problem auf die Variation der Förderung, der Taktzeit und der Arbeitsplätze. Eine morphologische Analyse der Wechselfließreihen nach diesen Merkmalen ergibt  $P(m_n)$  Gestaltungsvarianten (Struktur der Wechselfließreihen) mit  $m$  Merkmalen und  $n$  Variationen des Merkmals.

Die Strukturmatrix (Bild 1) enthält die Gesamtheit der möglichen Varianten zur Gestaltung von Wechselfließreihen in der Instandsetzung unter der Annahme, daß die Arbeitsplätze in das Fördersystem integriert sind.

Eine Einschränkung dieser Vielzahl von Varianten für ihre praktische Verwendung ist

bereits durch den Definitionsbereich der Merkmale möglich.

### 2.1. Charakteristik der Merkmale von Wechselfließreihen

#### 2.1.1. Art der Förderung

Intervallförmige Förderung von Instandsetzungsobjekten ist dann anzuwenden, wenn Arbeiten an Fixpunkten auszuführen sind und technologische Ausrüstungen mit mehreren Freiheitsgraden stationär eingesetzt werden, in Förderrichtung jedoch nur ein begrenzter Freiheitsgrad vorhanden ist, Gesichtspunkte der Arbeitssicherheit gegen die gleichmäßig fortschreitende Förderung sprechen und der Arbeitsplatz in das Fördersystem integriert ist.

Bild 1. Struktur von Wechselfließreihen bei vorgegebenen Merkmalen und Merkmalsvariationen und integrierten Arbeitsplätzen

		m Merkmale				
		Art der Förderung	Taktzeit $t_T$	Arbeitsplätze $n_{AP}$		
n Variationen des Merkmals	gleichmäßig fortschreitend	G	konstant	K	konstant	K
	intervall- förmig	I	variabel	V	variabel	V