

KfK 3188  
September 1981

# **Probenflaschenwechsler**

**Ein Gerät zum kontinuierlichen Betrieb von  
Laborautomaten im Routinelabor einer  
Wiederaufarbeitungsanlage.**

**P. Groll, A. Augenstein, O. Brenk, W. Heep, S. Radek, L. Röder**  
Institut für Heiße Chemie  
Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung  
Projekt Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Institut für Heiße Chemie  
Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung  
Projekt Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung

KfK 3188  
PWA 19/81

### Probenflaschenwechsler

Ein Gerät zum kontinuierlichen Betrieb von Laborautomaten  
im Routinelabor einer Wiederaufarbeitungsanlage.

P. Groll  
A. Augenstein, O. Brenk, W. Heep, S. Radek, L. Röder

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003

### Zusammenfassung:

In diesem Bericht wird ein Probenflaschenwechsler zur automatischen Versorgung von Laborautomaten mit den zu analysierenden Proben, die in Probenflaschen vorliegen, beschrieben. Ausführlich wird das Arbeitsprinzip, der Aufbau der Mechanik und der Steuerung sowie die Bedienung beschrieben.

### Abstract;

#### Sample-bottle changer

A tool for continuous operation of automatic analytical equipment in the routine laboratory of a reprocessing facility.

In this report a sample-bottle changer for automatic supplying automatic analytical installations with samples in sample-bottles is described. In detail the principle of operation, the construction of the mechanics and the electronic control as well as the operation is described.

# INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung .....	3
2. Arbeitsprinzip .....	5
3. Aufbau der Mechanik .....	7
3.1. Probenkassette .....	8
3.2. Vorratsmagazin .....	9
3.3. Auswurfmagazin .....	10
3.4. Kassettenquertransport .....	10
3.5. Probeentnahme .....	11
3.6. Überwachungseinrichtungen .....	13
4. Aufbau der Steuerung .....	15
4.1. Hardware .....	15
4.2. Software .....	18
4.2.1. Kommunikations-Programm-Modul (KPM) .....	20
4.2.2. Interface-Definitions-Modul (IDM) .....	20
4.2.3. Main-Programm-Modul (MPM) .....	21
4.2.4. Funktionsprogramm-Modul (FPM) ...	22
4.2.5. Main-Unterprogramm-Library .....	22
4.2.6. Macro-Instrucion-Set 8080 .....	22
5. Bedienung .....	23
5.1. Vollautomatischer Betrieb .....	23
5.2. Manueller Betrieb .....	25
5.2.1. Probenwechsel .....	26
5.2.2. Pipettieren .....	27
5.2.3. Spülen .....	27
5.2.4. Entladen .....	27
5.3. Einzelfunktionen .....	28

## 1. EINLEITUNG:

Zur Versorgung von Analysenautomaten eines teilweise oder vollständig automatisierten Routineanalysenlabors sind Probenmagazine mit entsprechenden Verteilorganisationen notwendig. In welcher Form diese zu realisieren sind, hängt im wesentlichen von der Basisorganisation des betreffenden Labors ab. Im allgemeinen handelt es sich bei den meisten Betriebslaboratorien von Wiederaufarbeitungsanlagen um manuelle Labors, die mit automatisierten Meßeinrichtungen für die Kernmeßtechnik ausgestattet sind. Die Probenvorbereitung dafür erfolgt aber meist manuell.

Sollen derartige Routinelaboratorien mit automatisierten Probenvorbereitungs- oder Meßeinrichtungen ausgestattet werden, muß unter anderem für die selbstständige Versorgung der Analysenautomaten mit Proben Sorge getragen werden. Dabei muß von einer manuellen Probenverteilung im Labor ausgegangen werden, d.h. es werden, durch das Betriebspersonal ausgelöst, die Proben mit Rohrpost oder anderen Transporteinrichtungen entweder aus der Verteilerzelle oder von der betriebliche Probenahmestation in die entsprechende heiße Zelle oder Handschuhbox, die den Analysenplatz enthält, angeliefert. Da die bestehenden Einrichtungen nur Verschickungsmöglichkeiten für Einzelproben haben, werden diese Proben dann am Arbeitsplatz in Kassetten zusammengefaßt und ein Probenflaschenwechsler damit bestückt.

Bei dieser Bestückung des Probenflaschenwechslers sind neben der Reihenfolge der Proben auch die für die Bearbeitung der Proben und für die Ausgabe des Analysenergebnisses relevanten Daten an den Rechner des Analysenautomaten, mit dem der Probenwechsler verbunden ist, zu übergeben.

Der in diesem Bericht vorgestellte Probenflaschenwechsler ist für die Automatisierung einzelner, besonders arbeitszeitintensiver und mit großer Probenzahl wiederkehrender Analysenverfahren gedacht.

In einem von vornherein im Hinblick auf spätere Automatisierung konzipierten Analysenlabor kann dieser Probenflaschenwechsler durch allgemeine Infrastruktureinrichtungen des Labors ersetzt werden. So könnten, eine maschinenlesbare Codierung der Probenflaschen, ein Rechner zur Verwaltung der Analysenaufträge und entsprechende Probentransporteinrichtungen vorausgesetzt, Analysenautomaten die für sie bestimmten Proben aus einem zentralen Probenmagazin abrufen. Dies bedingt aber große Änderungen der Organisation und Einrichtungen bestehender Labors und setzt voraus, daß ein erheblicher Teil der anfallenden Analysen durch Automaten ausgeführt wird. Daher ist in absehbarer Zukunft nicht mit der Einführung dieses integrierten Systems in die Routineanalysenlabors bestehender Wiederaufarbeitungsanlagen zu rechnen und es müssen Analysenautomaten durch entsprechende Probenflaschenwechsler versorgt werden.

## 2. ARBEITSPRINZIP:

Die Probenflaschen mit den zu analysierenden Proben sollen in Kassetten in einem Probenflaschenwechsler für die Bearbeitung durch Analysenautomaten abgerufen werden können. Der Probenflaschenwechsler ist eine selbstständige Komponente mit einer Mikrorechnersteuerung, die so konzipiert ist, daß der Anschluß an Analysenautomaten, die mit einem zentralen (übergeordneten) Rechner aufgebaut sind, möglich ist. Im automatischen Betrieb steuert dieser zentrale Rechner den Probenflaschenwechsler und koordiniert den Wechselvorgang je nach Struktur des Automaten mit anderen Aktivitäten. Im manuellen Betrieb kann ein Operateur mittels Tastendruck (Auslösung sogenannter Gruppenbefehle) die einzelnen Funktionen des Probenflaschenwechslers abrufen. Je nach Struktur des Automaten steuert dieser übergeordnete Rechner noch weitere Komponenten mit eigenen Mikrorechnern, erfaßt die Analysendaten und wertet sie aus.

Nach teilweiser oder vollständiger manueller Füllung der Kassette und - im automatischen Betrieb - Übergabe der Kassettensnummer sowie der Probenreihenfolge in der Kassette und der für die Probenbearbeitung und Meßwertauswertung durch den jeweiligen Analysenautomaten notwendigen Begleitparameter an den übergeordneten Rechner wird die Kassette in den Vorratsschacht des Probenflaschenwechslers eingesetzt, in dem sich von früher möglicherweise noch Kassetten mit noch nicht bearbeiteten Proben befinden.

Nach Abarbeitung der vorher eingelegten Kassetten sinkt die zuletzt eingesetzte auf die Höhe des Kassettenquertransportes. Durch horizontale Bewegung der Kassette gelangt jede Probe unter die Entnahmeposition. Bei Erreichen der Entnahmeposition durch die ersten beiden Proben wird die Kassettensnummer gelesen und an den übergeordneten Rechner des Analysenautomaten gemeldet.

Bei negativem Vergleich (d.h. wenn keine Kassette mit dieser Nummer in der Liste der zu bearbeitenden Kassetten vorhanden ist) wird die

Kassette verworfen und durch den Rechner des Analysenautomaten eine entsprechende Fehlermeldung (s. Tab. 2) ausgegeben. Anschließend wird eine eventuell vorhandene nächste Kassette in die Entnahmeposition gebracht.

Bei positivem Vergleich wird das für die Bestimmung notwendige Aliquot entnommen. Nach Abarbeitung sämtlicher in der Kassette vorhandener Proben gelangt die Kassette in den Auswurfschacht, von wo sie wieder manuell entnommen, geleert und für die nächste Verwendung bereitgestellt werden kann.

### 3. AUFBAU DER MECHANIK:

Der Probenflaschenwechsler besteht im wesentlichen aus:

- Probenkassette
- Vorratsschacht für Kassetten mit unbearbeiteten Proben
- Auswurfschacht für Kassetten mit bearbeiteten Proben
- Kassettenquertransport
- Probeentnahme.

Er ist in Abb. 1 wiedergegeben.

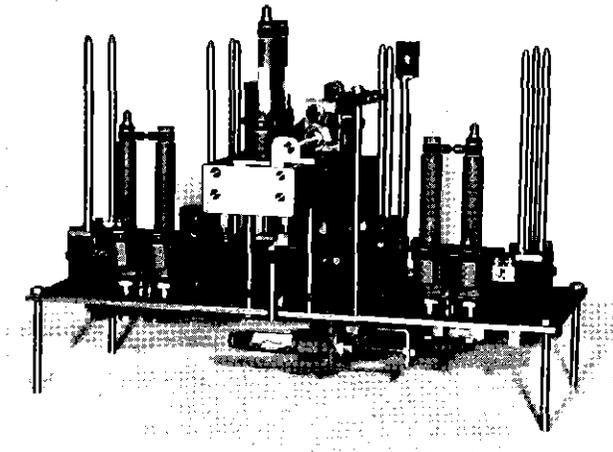


Abb. 1: Ansicht des Probenflaschenwechslers (Typ Alphapräparation).

### 3.1. Probenkassette:

Die Kassette soll folgende Anforderungen erfüllen:

- angemessenes Probenfassungsvermögen
- leichte Identifizierbarkeit
- geringes Gewicht
- kleine Abmessungen
- Anpaßbarkeit an Änderungen der äußeren Dimension der Probenflaschen
- Verwechslungssicherheit der Einlegerichtung

Unter der Annahme, daß die Zeitdauer für die Bearbeitung einer automatischen Analyse mindestens zehn Minuten beträgt und die Taktzeit eines getakteten Analyseautomaten zwei Minuten, ist eine Zahl von zwölf Proben je Kassette eine akzeptable Größe, da diese Proben in 0,5 bis 2 Stunden durchgesetzt sind.

Für die Überwachung eines Analysenautomaten ist die Kontrolle der Funktionsfähigkeit mit Standardlösungen in gewissen Zeitabständen notwendig. Für diese Zwecke sind ein bis zwei Standardproben notwendig, so daß sich die Zahl der für unbekannte Proben verfügbaren Magazinplätze auf zehn reduziert.

Die Kassetten sind mit 8 Bits kodierbar, daraus ergeben sich bei binärer Kodierung die verfügbaren Kassettennummer 0 bis 255, wobei die Null nicht verwendet wird. Durch ein Kontrollbit, das an der Kassette angebracht ist, kann die richtige Lage der Kassette im Magazin überprüft werden.

Durch die Verwendung von Polyvinylchlorid als Werkstoff für die Kassette ist diese relativ leicht und im Falle einer nicht behebbaren Kontamination für die Wasteinlagerung durch Verbrennen im Volumen reduzierbar.

Da die Kassette zwei Reihen zu je sechs Proben enthält, ist sie auch

in den äußeren Abmessungen klein und unter den Bedingungen einer Handschuhbox oder einer heißen Zelle leicht handhabbar.

Die Kassette wurde zunächst im Hinblick auf die Verwendung in der Routineanalytik der MILLI entwickelt. Wegen der anderen Maße der Probenflaschen der GWK (s. Tab. 1) kann die Kassette nach Adaption des Probenflaschenwechslers auch in diesem Labor eingesetzt werden.

	Durchmesser	Höhe
MILLI-Flaschen	20	38
Unkodierbare GWK-Flaschen (Behälter)	20	47
Unkodierbare GWK-Flaschen (Mixer-Settler)	20	54
Kodierbare GWK-Flaschen	20	40
Kodierbare GWK-Flaschen	20	52

Tab. 1: Abmessungen von Probenflaschen (in Millimeter).

### 3.2. Vorratsmagazin:

Die Anforderungen an das Vorratsmagazin sind:

- Geringer Platzbedarf
- Pneumatische Bedienbarkeit
- Überprüfbarkeit der Einlegerichtung der Kassetten
- Überprüfbarkeit der Leerung des Magazins

Wegen des beschränkten Platzes in einer Handschuhbox oder einer heißen Zelle war es wichtig, sowohl das Vorrats- als auch das Auswurfmagazin möglichst platzsparend zu konzipieren. Trotzdem sollte es aber gut zugänglich sein. Deshalb kam nur ein Übereinanderstapeln der Kassetten im Magazin in Frage. Als Fassungsvermögen wurden vier Kassetten gewählt. Bei vollbestückten Kassetten sind die Proben bei

einer Takt- bzw. Bearbeitungszeit von zwei bis zehn Minuten in 0,75 bis 4 Stunden abgearbeitet.

Der Transport der Kassetten erfolgt durch pneumatische Zylinder und eine Klinkensperre des Kassettenstapels. Durch ein Kontrollbit an der Kassette kann überprüft werden, ob sich mindestens eine Kassette im Vorratsmagazin über dem Niveau des Quertransportes befindet. Ferner kann festgestellt werden, ob sich eine Kassette auf dem untersten Niveau des Magazins befindet. Außerdem ist damit die Einlegerichtung der Kassetten überprüfbar.

### 3.3. Auswurfmagazin:

Die Anforderungen an das Auswurfmagazin sind ähnlich wie die an das Vorratsmagazin:

- Geringer Platzbedarf
- Pneumatisch Bedienbarkeit
- Überprüfbarkeit der Füllung des Magazins

Als Fassungsvermögen wurden wieder vier Kassetten gewählt. Das Kontrollbit an der Kassette erlaubt die Überprüfung der vollständigen Füllung des Magazins. Außerdem kann damit festgestellt werden, ob sich eine Kassette auf dem Niveau des Quertransports im Auswurfschacht befindet.

### 3.4. Kassettenquertransport:

Um einerseits genügend Platz für die Probenahmeeinrichtung zu haben und andererseits möglichst platzsparend zu bauen, wurde als Abstand zwischen Vorrats- und Auswurfmagazin die Länge einer Kassette gewählt. Der Transport der Kassetten erfolgt pneumatisch mittels Sperrklinkenmechanik, wobei je Arbeitshub die Kassette um den Abstand zwischen zwei Probenflaschen weiterbewegt wird. Nach zwei derartigen

Hüben befinden sich die beiden ersten Probenflaschen unter der Probenahme. In dieser Position wird die Nummer der Kassette als Bitmuster durch den Steuerrechner des Probenflaschenwechslers übernommen und an den übergeordneten Rechner weitergegeben. Nach Vergleich dieser Nummer mit der Liste der eingegebenen Kassettennummern erfolgt die Probenahme, oder die Kassette wird - im Falle eines negativen Vergleichs - komplett durchgeschoben. Bei Erreichen der Probenflaschen 7 und 8 hat die vorhergehende Kassette das Auswurfmagazin erreicht und wird nach oben gehoben. Die transportierte Kassette hat ihrerseits den Vorratsschacht freigegeben. Die eventuell darüber befindliche Kassette wird in diesem Falle nach unten transportiert.

Durch das schon erwähnte Kontrollbit ist es im Kassettenquertransport möglich, festzustellen, welche Position der Kassette sich in der Entnahmeposition befindet. Ferner kann durch entsprechend angebrachte Initiatoren festgestellt werden, ob die in der Entnahmeposition befindliche Kassettenposition mit keiner, einer oder mit zwei Probenflaschen besetzt ist.

### 3.5. Probeentnahme:

Die Probenahme und die Abgabe des Probenaliquots erfolgt mit Hilfe einer konzentrischen Doppelnadel, die an einer Laufkatze montiert ist, die sich auf einer quer über den Kassettenquertransport verlaufenden Brücke pneumatisch verschieben läßt. Durch die Doppelnadel ist eine Belüftung der Probenflasche während der Probeentnahme möglich. Wegen der unterschiedlichen Anforderungen einzelner Analysenautomaten gibt es bis jetzt drei Ausführungsformen:

#### Probenflaschenwechsler ohne eigene Probenabgabeposition.

Die gesamte Probe wird für die Messung verwendet und im allgemeinen nach der Messung wieder in die Probenflasche

zurückgefüllt. Die Probe wird durch Überdruck in der Probenflasche, der mit Preßluft über eine konzentrische Doppelnadel erzeugt wird, in den Analysenautomaten gedrückt. Dieser Typ wird z.B. für die automatische Photometrie-Leitfähigkeit verwendet.

#### Probenflaschenwechsler mit eigener Probenabgabeposition.

Die Abgabe eines Probenaliquots für die Analyse erfolgt mittels Diluters. Bei dieser Version muß die Nadel in die Probenabgabeposition gebracht werden, deren Entfernung von der Probenkassette auf den angeschlossenen Analysenautomaten abgestimmt sein muß. Dieser Typ wird z.B. für die automatische Alphapräparation verwendet.

#### Transfuserprobenflaschenwechsler.

Dieser Typ ist eine Sonderausführung des vorhergehenden Typs. Es wird mittels eines Diluters ein Probenaliquot in eine leere Probenflasche abgefüllt. Er wird z.B. für die Herstellung von Meßproben für die Gammaskopie verwendet. Dabei wird ein Probenaliquot entweder verdünnt oder unverdünnt in eine weitere Probenflasche transferiert, die sich in der Entnahmeposition eines weiteren Probenflaschenwechslers befindet. Dessen Magazin ist mit leeren Probenflaschen bestückt, die nach der Füllung für die Gammaskopie verwendet werden. Sinn dieser Umfüllung ist einerseits die Vermeidung äußerlicher Kontamination der auszumessenden Probenflasche, die ebenfalls zum Meßeffect beitragen würde und dadurch das wahre Meßergebnis verfälschen würde. Andererseits ist erst damit eine genaue Bestimmung der zur Ausmessung verwandten Probemenge möglich.

Allen Ausführungsformen sind zwei Entnahmepositionen - nämlich über den beiden parallelen Probenflaschenreihen der Kassetten - und eine Spülposition gemeinsam. Letztere befindet sich zwischen der Entnahmeposition und der Probenabgabeposition. Sie dient zum Reinigen der Nadel und des anschließenden Schlauchstückes von Spuren der

zuletzt bearbeiteten Probe durch Spülen mit Verdünnungslösung.

Um die Länge des die Nadel verschiebenden Druckluftzylinders einerseits zu reduzieren und andererseits die Spülposition exakt anfahren zu können, werden zwei Preßluftzylinder verwendet. Die Position der Nadel wird durch zwei Initiatoren überprüft.

### 3.6. Überwachungseinrichtungen:

Zur Überwachung der Durchführung der verschiedenen Aktionen des Probenflaschenwechslers sowie zur Überprüfung der Stellung der mechanischen Komponenten durch den Steuerrechner des Analysenautomaten ist das Gerät mit einer Reihe von Initiatoren versehen. Da ihre Abfrage auf einem Bedienungstableau ausgegeben wird, kann damit vom Bedienungspersonal festgestellt werden, in welcher Stellung der Probenflaschenwechsler sich eben befindet oder welche Aktion er im Moment durchführt.

Die Initiatoren befinden sich:

Zahl	Lage	Funktion
2	Vorratsmagazin	Feststellung, ob sich mindestens noch eine Kassette über dem Niveau des Quertransportes (1) und ob sich eine in Höhe des Quertransportes (1) befindet
6	Quertransport	Position der Kassette im Quertransport
8	Quertransport	Lesen der Kassettencodierung
2	Quertransport	Füllzustand der Kassette in Entnahmeposition
2	Auswurfmagazin	Feststellung, ob sich eine Kassette im Niveau des Quertransportes befindet oder ob das Auswurfmagazin vollständig gefüllt ist (1).
3-5	Entnahmeposition	Bestimmung der Position der Nadel über einer der beiden Flaschen in Entnahmeposition (2) oder der Spülposition (1)

oder je nach Typ über einer und welcher Abgabeposition (0-2).

2 Nadelposition Nadel abgesenkt oder angehoben

#### 4. AUFBAU DER STEUERUNG:

##### 4.1. Hardware:

Entsprechend dem Konzept für die Steuerung von Laborautomaten handelt es sich beim Probenflaschenwechsler um eine sogenannte selbstständige Komponente, die als zentrales Steuerorgan einen Mikrorechner vom Typ 8080 enthält (Abb. 2). Über eine serielle Schnittstelle kann die Steuerung an den Hauptrechner des Analysensystems angeschlossen werden. Zu Testzwecken kann ein 20mA-Terminal (Bedienungsschreibmaschine, z.B. Teletype) den Hauptrechner ersetzen.

Der zweite Block der Komponentensteuerung ist die Prozeßschnittstelle. Dieser Begriff soll, obwohl nicht ganz glücklich gewählt, hier beibehalten werden, da er eingeführt ist. Zur Prozeßschnittstelle gehören die Schnittstelle zum Mikrorechner, die Leistungsebene mit der Verriegelung, sowie das Bedien- und Anzeigefeld. Die Signale der Positionsgeber (induktive Näherungsinitiatoren) werden in der Einheit Statusmelder für die Weiterverarbeitung aufbereitet. Abb. 2 läßt erkennen, daß zwischen Rechner und Prozeßschnittstelle eine Test- und Anzeigeeinheit geschaltet werden kann, die beim laufenden Prozeß die Kontrolle der Ein- und Ausgabesignale ermöglicht. Die Einrichtung ist darüber hinaus zum Testen der Prozeßschnittstelle und des Mikrorechnersystems im Handbetrieb konzipiert.

Das Mikrorechnersystem wurde auf der Basis des Intel-Prozessors 8080 von der Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung (HDI) der KfK entwickelt.

Die Prozeßschnittstelle dient als Interface zwischen Prozessor und der anlagenspezifischen Elektronik bzw. Elektrik (Prozeßelektronik). Ein hohes Maß an Störsicherheit wird durch galvanische Entkopplung und die Verwendung von HLL-Logik in der Schnittstelle erzielt.

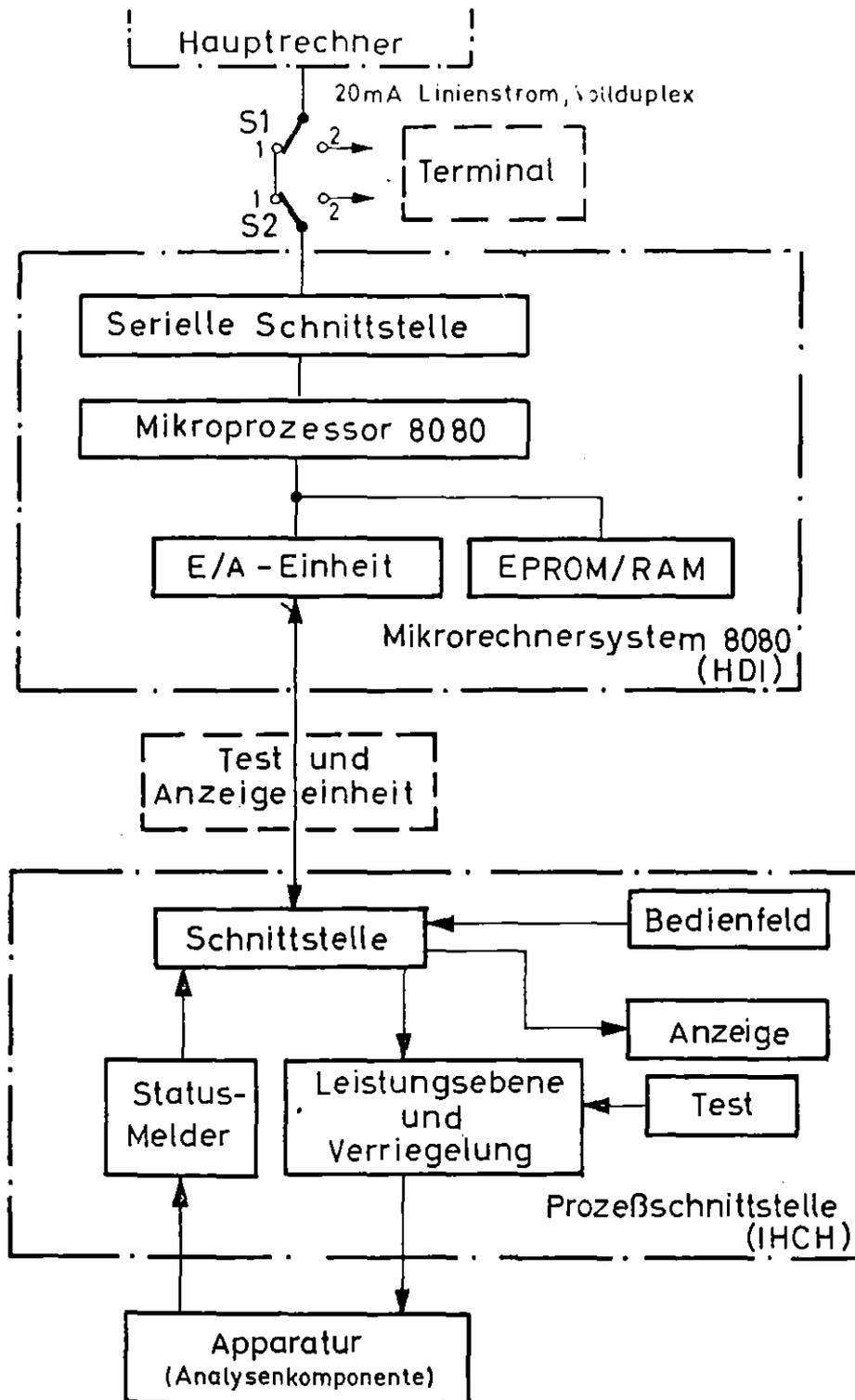


Abb. 2: Prinzip der Komponentensteuerung.

Außerdem wurde durch folgende weitere Maßnahmen die Störsicherheit erhöht:

- Verwendung von abgeschirmten Kabeln zur Herabsetzung der Kopplung.
- Verlegung von Kabeln, die 220 V<sub>~</sub> führen, abseits von Steuerleitungen.
- Bedämpfung aller Relais mittels Freilaufdioden.
- Verwendung von verdrehten Leitungen gegen induktive Kopplungen.

Die universelle Prozeßelektronik besteht aus der Prozeßschnittstelle und dem Hauptverteiler. Die Prozeßschnittstelle verzweigt die Statusmeldungen, die noch vor der Verzweigung gefiltert (d.h. entprellt) werden. Relais und zusätzliche Hilfsgeräte sind im Hauptverteiler untergebracht. Statusmeldungen werden in die Verriegelung, zum steuernden Prozessor und zum Fließbild übertragen. Steuerbefehle vom Prozessor oder vom Bedienfeld wirken auf Treiber in der Schnittstelle. Die Lastschalter selbst sind im Hauptverteiler eingebaut.

Als Leistungsschalter sind Relais und Schütze eingesetzt. Relais werden direkt von den Treibern der HLL-Ebene, Schütze dagegen unter Zwischenschaltung von Relais geschaltet. Durch Verwendung von Relais und Schütze wurde eine wirkungsvolle Sicherheitsverriegelung (Verriegelung der Lastströme) aufgebaut. Der zweite Grund für den Einsatz von Relais liegt in der Möglichkeit, Treiberebene und Lastebene optimal galvanisch zu entkopplern. Die ebenfalls erforderliche galvanische Trennung zwischen Prozessor und Prozeß erfolgt in der Prozeßschnittstelle über Optokoppler bei gleichzeitigem Übergang auf andere Pegel.

Bei den digitalen Signalen der Prozeßelektronik handelt es sich im wesentlichen um zwei Gruppen:

- Signale vom Rechner und vom Bedientableau, also Steuersignale
- Signale von Status- oder Signalgebern (Endschalter, induktive

Geber) an den Prozessor, die Verriegelung und das Fließbild

Die gewünschte Betriebsart wird am Bedienfeld eingestellt. Hier befinden sich auch die Tasten für Handbedienung und Teilautomatikbetrieb. Das Fließbild in unmittelbarer Nachbarschaft des Bedienfeldes informiert über den aktuellen Status der mechanischen Einrichtung des Probenflaschenwechslers. Ebenso sind hier die wichtigsten Störmeldungen (Rechnerausfall, Fehler in der Verriegelung) angezeigt.

Die Einspeisung aller Geräte erfolgt von der Hauptverteilerebene aus.

Als Interface zwischen Prozessor und Hauptverteiler enthält die Prozeßschnittstelle folgende Funktionseinheiten:

- Filter für Statusmeldungen
- Verzweigungen für Statusmeldungen
- Befehlsverriegelung in Abhängigkeit der Betriebsart
- Rechnerüberwachung (Totmann-Signal)
- Treiber für Lastschalter
- Galvanische Entkopplung
- Pegelumsetzung
- Treiber für Rechnerinterface

Die Funktionseinheiten sind auf Steckkarten im Europa-Format aufgebaut.

#### 4.2. Software:

Die allgemeine Programmstruktur der Steuerung des Probenflaschenwechslers ist in Abb. 3 dargestellt. Durch den modularen Aufbau läßt sich dieses Programmsystem leicht an die verschiedenartigsten Anforderungen der unterschiedlichen Typen des Probenflaschenwechslers anpassen bzw. erweitern.

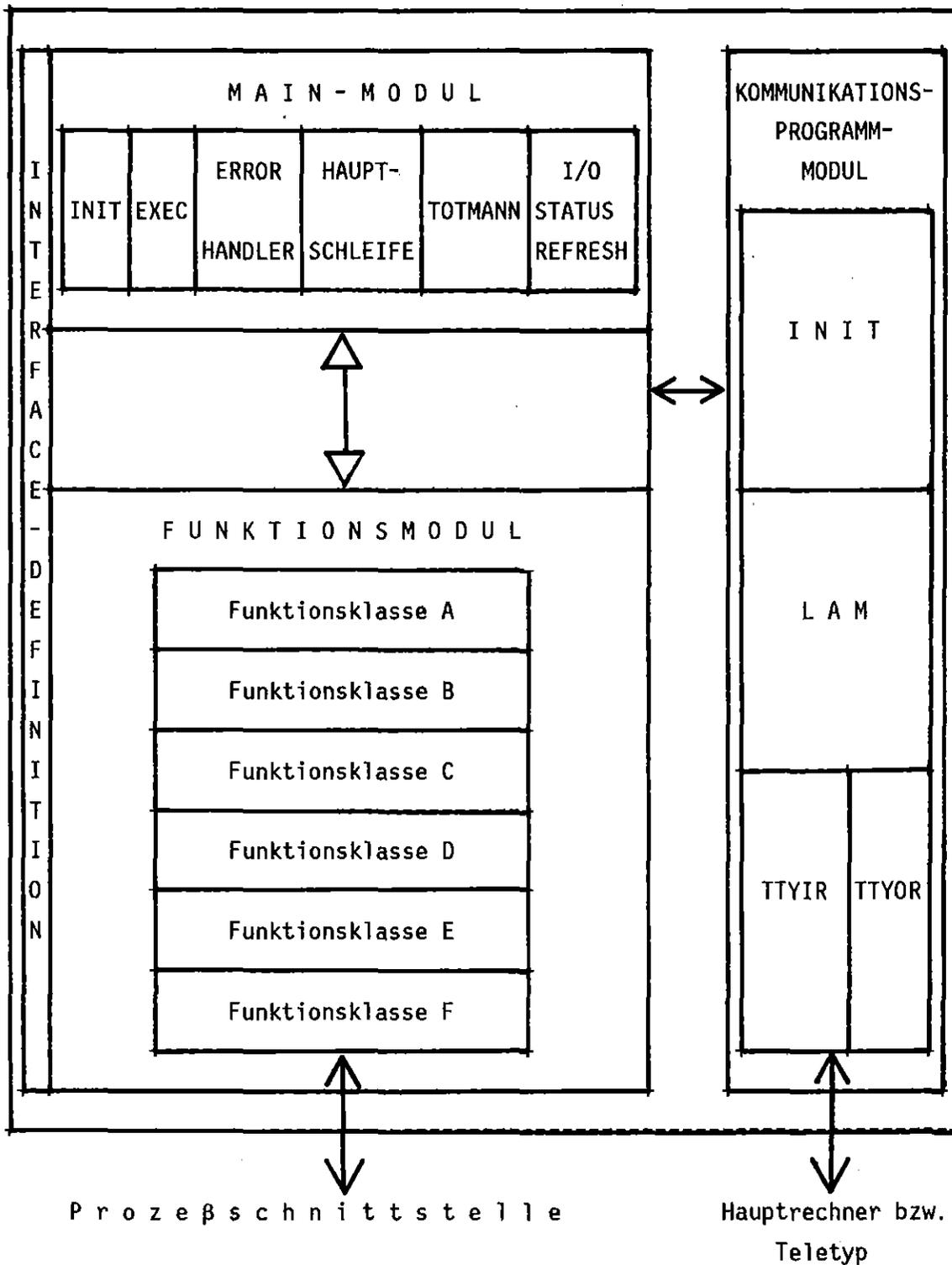


Abb. 3: Blockstruktur der Software des Probenflaschenwechslers.

Die Hauptmoduln sind:

- Kommunikations-Programm-Modul (KPM)
- Interface-Definitions-Modul (IDM)
- Main-Programm-Modul (MPM)
- Funktionsprogramm-Modul (FPM)

Ferner dienen als standardisierte Hilfsmittel zur Programmerstellung:

- Main-Unterprogramm-Library
- Macro-Instruction Set 8080

#### 4.2.1. Kommunikations-Programm-Modul (KPM):

Dieser Modul realisiert die Kommunikation zwischen dem Hauptrechner und dem Komponentenrechner. Es handelt sich hierbei um einen Standardmodul, den man in die folgenden Funktionsgruppen untergliedern kann:

INIT: Dieses Unterprogramm initialisiert und aktiviert das Kommunikationsprogramm.

LAM: Modul zum Senden des "Look at me"(LAM)-Befehls von der Komponente an den Hauptrechner.

TTYIR: Interruptroutine zum Empfangen und Ausführen der Befehle an die Komponente.

TTYOR: Interruptroutine zum Senden von Daten an den Hauptrechner bzw. Teletype.

#### 4.2.2. Interface-Definitions-Modul (IDM):

In diesem Modul erfolgt die Entkopplung der Prozeßschnittstelle von den eigentlichen Programm-Moduln, d.h. jedem Ein- bzw. Ausgabekanal (Magnetventil, Sensoren, Schalter usw.) wird ein symbolischer Name zugeordnet. Unabhängig von der hardwaremäßigen Belegung des Kanals

kann nun von den einzelnen Funktionsmoduln auf die jeweiligen Prozeßelemente zugegriffen werden.

#### 4.2.3. Main-Programm-Modul (MPM):

Dieser Modul aktiviert und koordiniert sämtliche Funktionen dieser Steuerung. Er wird in die folgenden Funktionsteile aufgegliedert:

Definitionsteil: Definition der einzelnen Tabellen (Funktionen, Interrupts, u.s.w.) sowie Daten- und Parameterfelder.

Initialisierung: Initialisierung des Programmsystems und der Prozeßschnittstelle nach einem Neustart.

Hauptschleife: Abfrage der Betriebsart und Prüfung auf das Vorliegen einer Funktionsanforderung.

EXEC: Aktiviert eine anstehende Funktion.

Error-Handler: Falls bei der Ausführung einer Funktion ein Fehler aufgetreten ist, werden in diesem Teil sämtliche Maßnahmen für eine Fehleranzeige bzw. Fehlerabhandlung (Sicherheitsabschaltung) getroffen.

Totmann-Signal: Interruptroutine zum Erzeugen eines im Takt von 100ms wechselnden Rechtecksignals als Meldung an die Prozeßschnittstelle, daß der Komponentenrechner aktiv ist.

Standard-Clockroutinen: Erzeugen der einzelnen Zeiten wie Timeouts, Delays, etc.

I/O-Status Refresh: Es wird, falls gewünscht, alle 500ms ein Abbild der Prozeßschnittstelle in das Datenfeld kopiert.

#### 4.2.4. Funktionsprogramm-Modul (FPM):

Die Funktionsmoduln sind in einzelne hierarchisch gegliederte Funktionsklassen aufgeteilt. Ein Modul einer Funktionsklasse kann nur einen Modul der eigenen Klasse oder einer tieferen Klasse aufrufen.

#### 4.2.5. Main-Unterprogramm Library:

Diese Library enthält standardisierte Funktionen für Datenmanipulation, Zeitsteuerungen usw.

#### 4.2.6. Macro-Instruction-Set 8080:

Erweitert den normalen 8080-Befehlssatz zur leichteren Handhabung der einzelnen Funktionsabläufe bei der Programmierung.

## 5. BEDIENUNG:

Bei der Bedienung des Probenflaschenwechslers unterscheiden wir drei Betriebsarten:

- Vollautomatischer Betrieb
- Manueller Betrieb mittels Gruppenbefehle (s. 5.2.)
- Einzelfunktionen

Die Wahl der Gruppenbefehle erfolgt über das Bedienungstableau.

### 5.1. Vollautomatischer Betrieb:

Diese Betriebsart ist der Regelfall und wird am häufigsten verwendet. Bei dieser Betriebsart sind eine Reihe von Bewegungen gegeneinander verriegelt, d.h. diese sind nur möglich, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Dies hat den Sinn, daß keine Teile des Gerätes sich in einer Lage befinden, daß durch eine Bewegung des Probenflaschenwechslers dieser oder Teile davon zerstört werden können. Diese Verriegelung erfolgt einerseits durch das Steuerprogramm im Rechner des Probenflaschenwechslers, das vor Absetzen eines Befehles überprüft, ob der Status der Maschine die geplante Bewegung zuläßt. Ist dies nicht der Fall, so unterbleibt diese Bewegung und auf der Kontrollschreibmaschine erfolgt ein entsprechender Fehlerausdruck. Tab.2 gibt eine Zusammenstellung der Fehlercodes für die automatische Alphapräparation. Da dieser Analysenautomat zur Überprüfung der Probenaliquotierung eine Waage enthält, sind in dem angegebenen Fehlercode auch Fehler der Waage, die ein Druckkraftaufnehmer ist, gegeben. Neben der Verriegelung durch Software erfolgt noch eine Verriegelung durch Hardware, d.h. in diesem Fall durch Relais. Die Verriegelungen sind in Tab. 3 wiedergegeben.

Code	Bedeutung	Initiator
7	Keine Kassette in Magazin 1 oder im Schacht	S7 oder LSR2
8	Illegaler Zustand Logiksignal Ramrelais 1 (Kassette in Schachtteil 1)	
9	Illegale Kassettenposition	S9
10	Magazin 2 voll	S10
11	Keine Abwärtsbewegung der Nadel, da keine Probe in Position A	
12	Keine Abwärtsbewegung der Nadel, da keine Probe in Position B	S12
13	Zustand Hubwerk Z1 unten illegal	S13
14	Zustand Hubwerk Z1 oben illegal	S14
15	Zustand Quertransport Z2 rechts illegal	S15
16	Zustand Quertransport Z2 links illegal	S16
17	Zustand Hubwerk Z3 unten illegal	S17
18	Zustand Hubwerk Z3 oben illegal	S18
19	Nadelposition oben illegal	S19
20	Nadelposition unten illegal	S20
21	Katzenposition Spülstellung illegal	S21
22	Katzenposition Position A illegal	S22
23	Katzenposition Position B illegal	S23
24	Katzenposition Probenausstoß illegal	S24
25	Katzenposition Verdünnen illegal	S25
50	Gewicht des Proben targets plus Probe kleiner gleich Maximalgewicht	
51	Gewicht des Proben targets plus Probe größer als Minimalgewicht	
55	Gewicht des Proben targets größer als Minimalabweichung	
60	Keine Abwärtsbewegung der Nadel, da keine gültige Kassettenposition	
61	Keine Abwärtsbewegung der Nadel, da keine gültige Katzenposition	
62	Keine Probenentnahme möglich, da keine Probe vorgemerkt	

Tab. 2.: Fehlerliste Probenflaschenwechsler Alphapräparation

Bewegung	Verriegelungsgrund
Nadelbewegung	Abgesenkte Nadel
Kassettenquertransport	Abgesenkte Nadel in Probenflasche
Kassettenquertransport	Kassette in Auswurfmagazin
Kassettenhub in Auswurfmagazin	Auswurfschacht voll
Kassettensenken in Vorratsmagazin	Kassette ganz oder teilweise auf Niveau des Kassettenquertransportes

Tab. 3: Liste der Verriegelungen.

Über diese Verriegelungen des Probenflaschenwechslers hinaus gibt es natürlich noch solche, die an der mechanischen Schnittstelle zu dem vom Probenflaschenwechsler und Diluter bedienten Analysenautomaten liegen. Diese sind aber im wesentlichen von der Gestaltung dieser Schnittstelle abhängig.

Im vollautomatischen Betrieb wird der Steuerrechner des Probenflaschenwechslers vom übergeordneten Rechner des Analysenautomaten angestoßen und zwar in ähnlicher Weise wie im manuellen Betrieb durch den Operateur mittels Gruppenbefehle (s. 5.2.)

### 5.2. Manueller Betrieb:

Diese Betriebsart wird verwendet für:

- Testen von neuen Verfahrensvarianten eines bestehenden Analysenautomaten
- Reaktion auf Fehler, die zu einem Stop im Automatikbetrieb führten
- Anschluß der Probenflaschenwechslers an einen neuen Analysenautomaten

Auch in dieser Betriebsart ist die Verriegelung wirksam. Die Bedienung erfolgt vom Bedienungstableau aus, das auch einen Überblick

über den momentanen Zustand des Probenflaschenwechslers bzw. über die eben ablaufenden Vorgänge ermöglicht.

Auf dem Bedienungstableau sind vier Gruppenbefehle vorgesehen:

- Probenwechsel
- Pipettieren
- Spülen
- Entladen

#### 5.2.1. Probenwechsel:

Durch diesen Gruppenbefehl wird die nächste Probe in Entnahmeposition gebracht. Beim Anfahren wird dabei die erste Kassette auf das Niveau des Quertransportes gebracht und darauf durch zweimaligen Vorschub die erste Probe in Entnahmeposition gebracht. Bei weiterem Auslösen dieses Befehles wird dann die in Reihe B der Kassette in Entnahmeposition befindliche Probenflasche zur Pipettierung vorgemerkt. Nach erfolgtem Anfahren kann damit, wenn als letzte Probenflasche eine der Reihe B zur Pipettierung anstand, ein Vorschub des Kassettenquertransportes ausgelöst werden, bis die nächste Probe sich in Entnahmeposition befindet. Gegebenenfalls ist damit auch ein Kassettenhub im Auswurfmagazin oder ein Absenken der nächsten Kassette im Vorratsmagazin verbunden.

### 5.2.2. Pipettieren:

Nach Auslösung dieses Gruppenbefehls fährt die Laufkatze mit der Nadel über die betreffende Entnahmeposition. Durch Absenken der Nadel wird die Gummimembrane, die die Probenflasche verschließt, durchstoßen und ein Befehl zur Probenahme an den Diluter bzw. zum Transfer des Probenflascheninhaltes gegeben. Sofern eine eigene Probenabgabeposition vorhanden ist, wird nach Heben der Nadel diese angefahren, die Nadel dort abgesenkt und das entsprechende Probenaliquot ausgestoßen. Nach Heben der Nadel fährt diese entweder aus der Entnahme- oder Abgabeposition in die Spülposition, wo sie durch Absenken in den Spültrichter eintaucht. Durch Ausstoßen der eventuell verbliebenen restlichen Probemenge und mehrmaligem Ausstoß der Spüllösung durch den Diluter wird anschließend die Nadel und eventuell der anschließende Schlauch gereinigt. Nach Abschluß der Spülung wird die Nadel wieder gehoben. Bei weiterem Absetzen dieses Befehles wird der Vorgang ohne Wechsel der Probenflasche wiederholt.

### 5.2.3. Spülen:

Es erfolgt bei diesem Gruppenbefehl die Teilfunktion, wie nach Abgabe der Probe im Gruppenbefehl "Pipettieren", d.h. die Nadel taucht in den Spültrichter und wird dort gespült.

### 5.2.4. Entladen:

Durch den Gruppenbefehl "Entladen" wird das Vorratsmagazin und der Kassettenquertransport geleert und die Kassetten im Auswurfmagazin gestapelt, selbstverständlich so lange dieses nicht vollständig gefüllt ist.

### 5.3. Einzelfunktionen:

Die Einzelfunktionen dienen zur Betätigung der einzelnen Magnetventile, die die Preßluft steuern, wodurch die einzelnen Bewegungen ausgeführt werden. In dieser Betriebsart ist die Verriegelung nicht wirksam, daher ist eine Bedienung durch erfahrenes Wartungspersonal notwendig, um Zerstörung der Maschine durch Fehlbedienung zu vermeiden. Die Schalter zur Bedienung der Einzelfunktionen befinden sich hinter dem Schaubild des Bedienungstableaus.