

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 64 (1973)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Programmierbares Steuergerät am Beispiel einer Durchlaufbedampfungsanlage mit automatischer Ein- und Ausschleusekammer  
**Autor:** Leibacher, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915565>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 31.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Programmierbares Steuergerät am Beispiel einer Durchlaufbedampfungsanlage mit automatischer Ein- und Ausschleusekammer

Von W. Leibacher

681.326 : 66.093.3

Der heutige Stand der Technik ist so weit fortgeschritten, dass es eine Vielzahl von Möglichkeiten gibt, Arbeitsabläufe zu automatisieren. Der folgende Artikel soll einen Einblick in ein spezifisches programmierbares Steuergerät geben, das für die Steuerung einer Durchlaufbedampfungsanlage angewendet wurde.

Les progrès de la technique sont tels, que l'on dispose maintenant de multiples possibilités d'automatiser des déroulements de travail. Le présent article donne un aperçu d'un appareil programmable, conçu spécialement pour la commande d'une installation de vaporisation en continu.

## 1.1 Allgemeine Betrachtungen

### 1. Steuerungskriterien

Bevor ein Steuersystem ausgewählt wird, muss zuerst eine Analyse des zu steuernden Objektes durchgeführt werden. Die Art der Informationsverarbeitung bringt eine Unterteilung in verschiedene Systeme.

**1.1.1 Verknüpfungssteuerung.** Dieses System verarbeitet Signale nach den Gesetzen der Booleschen Algebra. Es handelt sich dabei um Kombinatorik (zum Beispiel UND-ODER-Verknüpfungen). Zur Realisierung stehen die folgenden Mittel zur Verfügung:

- a) Relaislogik;
- b) Kontaktlose elektronische Logik;
- c) Programmierbare Steuergeräte;
- d) Prozessrechner usw.

**1.1.2 Sequenzsteuerung.** Analysen von Prozessen haben gezeigt, dass der überwiegende Teil typische Sequenzprobleme darstellt. Zur Steuerung von typischen sequentiellen Prozessen stehen folgende Hilfsmittel zur Verfügung:

- a) Programmschalter;
- b) Taktsteuergeräte;
- c) Vorprogrammierte Computersysteme.

**1.1.3 Dosier- und Zählprobleme.** Für diese Probleme gibt es spezielle Dosier- und Zähleinrichtungen.

**1.1.4 Regeln und Rechnen.** Zum Regeln gibt es die Möglichkeit der einzeln aufgebauten, analogen Regelkreise. Im weiteren wird jedoch immer häufiger auch die direkte digitale Regelung (DDC) verwendet. Dafür eignen sich vor allem Computersysteme mit Standardprogrammen. Zum Rechnen ist lediglich noch ein Computer vertretbar.

In der Praxis treten diese Probleme jedoch nie in reiner Form auf. Aus diesem Grunde ist es nötig, durch eine geeignete Wahl des Steuerungssystems eine optimale Lösung zu treffen.

## 1.2 Wahl des Steuersystems

An Hand des Programmablaufplanes Fig. 9 ist festzustellen, dass es sich in diesem Fall um eine Sequenzsteuerung handelt. Eine der möglichen Steuerungsvarianten stellt das Taktsteuergerät dar, das in Verbindung mit einer Relaissteuerung zur Lösung der Durchlaufbedampfungsanlage dienen soll. Im nun folgenden Abschnitt soll ein ganz spezifisches Taktsteuergerät und seine Funktionen in einer Zusammenfassung beschrieben werden.

## 1.3 Taktsteuergerät und seine Funktion

Was versteht man von der Aufgabenstellung her unter einem sequenten Programmablauf? Ein solcher liegt vor, wenn ein Arbeitsablauf in genau definierte und abgegrenzte

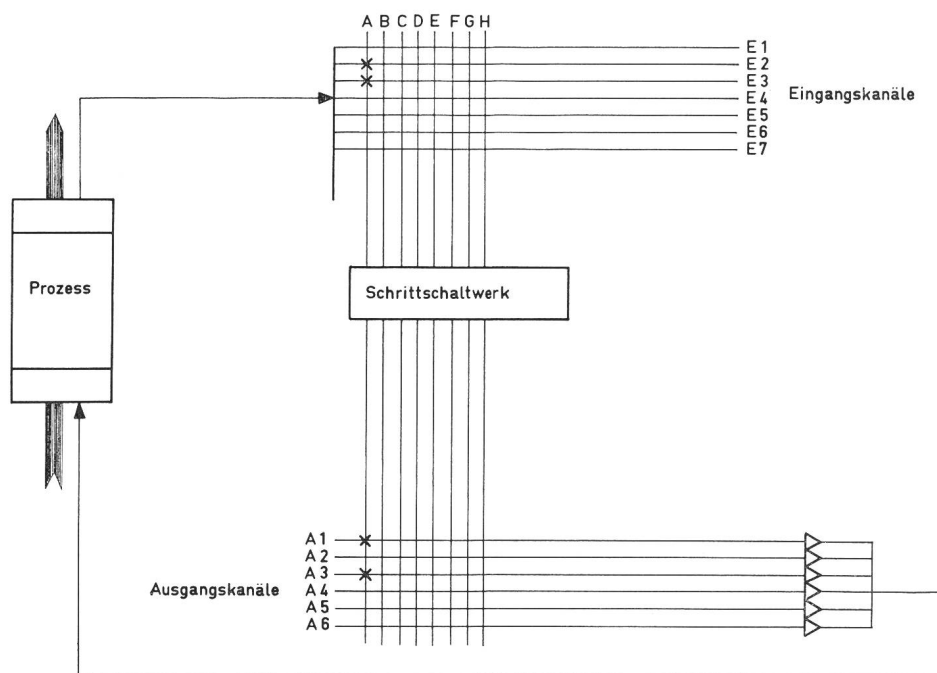
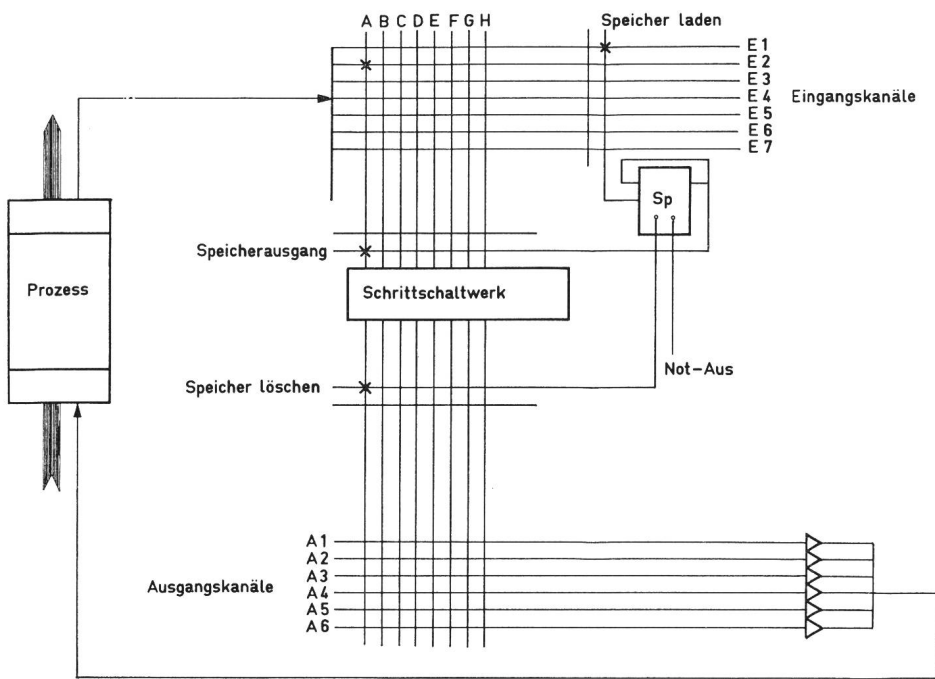


Fig. 1  
Ein- und Ausgangskanäle  
A...H Schrittspalten  
A1...A6 Ausgangskanäle  
E1...E7 Eingangskanäle

Fig. 2  
**Speicher- und Gedächtnisfunktion**  
*Sp* Speichereinheit  
 Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1



aufeinanderfolgende Programmschritte aufgeteilt werden kann und dieser Ablauf durch vom Prozess gegebene Informationen weiterschreitet. Zwei grundsätzlich verschiedene Arten müssen dabei auseinandergehalten werden.

Nach Ablauf eines Taktschrittes kann der nächstfolgende über eine geeignete Adresse programmiert werden, oder es können Taktfolgen von den momentanen Prozess-Situationen abhängig gemacht werden. Für den Ablauf der Taktkette gibt es eine geradlinige Reihenfolge. Auf den Programmschritt A muss der Schritt B folgen usw. Die Taktfolge ist somit definiert und nur die zeitliche Sequenz wird vom Prozess bestimmt.

Mit einem programmierbaren Taktsteuergerät können ohne Änderungen der internen Verdrahtung die verschiedenartigsten Steuerungs- und Überwachungsaufgaben in der Industrie gelöst werden. Die momentane Situation der ge-

steuerten Anlage wird über Geber an die Steuerung gemeldet. Sämtliche Informationen gelangen an die Eingangskanäle des Taktsteuergerätes. In den Eingangskanälen können nun die Fortschaltbedingungen für die einzelnen Programmschritte zugeordnet werden.

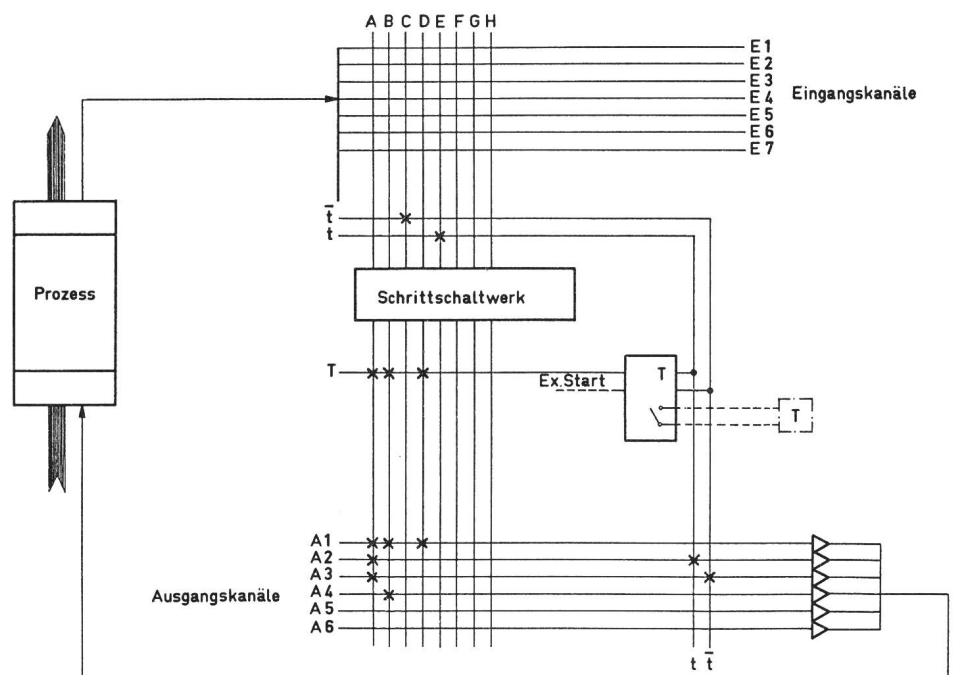
#### 1.4 Aufbau des Taktsteuergerätes

Weil viele Steuerungsprobleme von sequentieller Natur sind, wurde ein Gerät entwickelt, welches die folgenden Anforderungen erfüllt:

- a) Einfacher modularer Aufbau;
- b) Leichte übersichtliche Programmierung;
- c) Grosser Bedienungskomfort;
- d) Hohe Störsicherheit;
- e) Hohe Systemzuverlässigkeit.

Das Taktsteuergerät besitzt eine klare Funktionstrennung im Aufbau. Auf einem Print ist jeweils nur ein Funktionstyp

Fig. 3  
**Zeitfunktion**  
 $t$  direkter Ausgang Zeiteinheit  
 $\bar{t}$  inverser Ausgang Zeiteinheit  
 $T$  Zeiteinheit  
 Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1



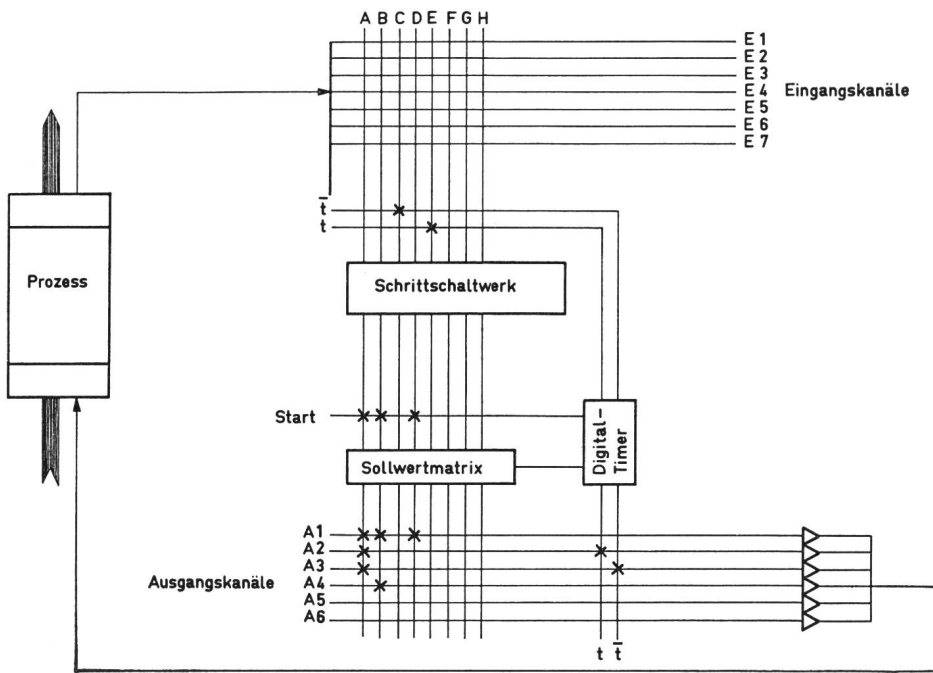


Fig. 4  
Digitaltimer  
Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 3

vorhanden. Dies ermöglicht ein einfaches Ersetzen einer defekten Karte. Damit die Programmierung vereinfacht werden kann und dennoch eine gute Systemsicherheit gewährleistet wird, wurde die vorgegebene Sequenz mit einem elektronischen Schieberegister realisiert. In diesem Falle ist es ohne Zusatzfunktion nicht möglich, Teile der Sequenz zu überspringen.

**1.4.1 Eingangswandler.** Um die Informationen aus einem Prozessablauf dem Taktsteuergerät in geeigneter Form zuzuführen ( $L$ -Signal  $\triangleq +24\text{ V}$ ;  $O$ -Signal  $\triangleq 0\text{ V}$ ), müssen sie in einer Wandlerschaltung dementsprechend umgewandelt werden. Jedes Signal benötigt einen Wandler und einen Eingangskanal.

In der Grundausführung sind 10 Eingangskanäle vorhanden, die modular in Zehnergruppen erweitert werden können.

Es sind 5 verschiedene Wandlerschaltungen möglich, die dem eingehenden Signal angepasst werden können.

- a) Wandler für Schliesskontakt;
- b) Wandler für Öffnungskontakt;
- c) Wandler mit zusätzlicher galvanischer Trennung Schliesser;
- d) Wandler mit zusätzlicher galvanischer Trennung Öffner;
- e) Wandler für elektronische Geber (Initiatoren).

Jeder auf einen bestimmten Schritt programmierte Eingangskanal beziehungsweise Eingangswandler muss seinen Kontakt betätigt haben, um die Fortschaltbedingung zu erfüllen (UND-Schaltung). Im unbetätigten Zustand sind die zugeordneten Alarme und Sicherheitsbedingungen vom Eingangskanal her aktiviert (ODER-Schaltung).

**1.4.2 Ausgang.** Jeder Ausgangskanal kann, je nach Programmierung, jedem Schritt zugeführt werden. Es sind 4 Ausgangsschaltungen möglich.

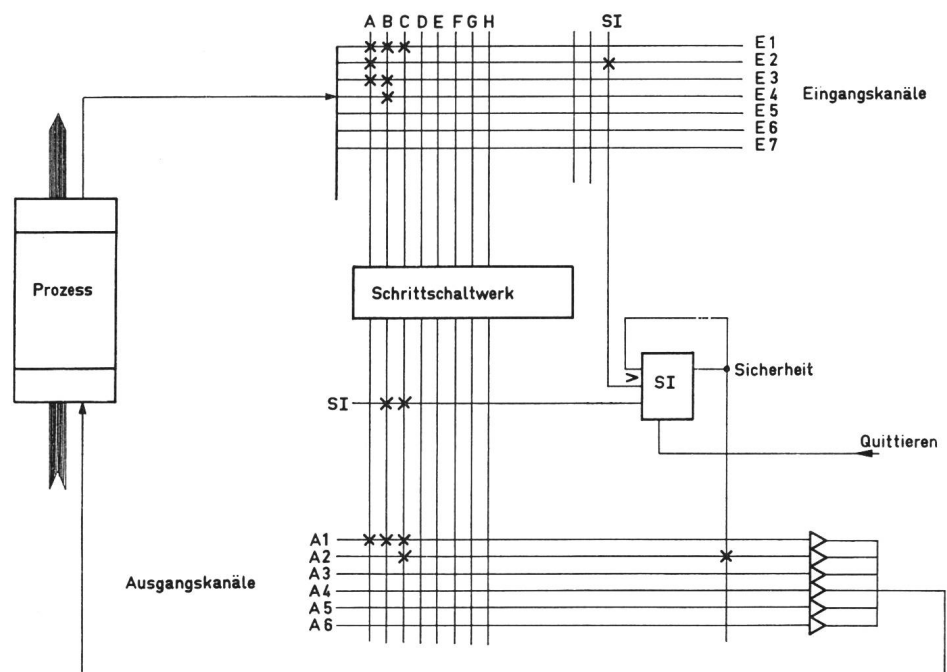


Fig. 5  
Sicherheitsfunktion  
SI Sicherheitseinheit  
Bezeichnungen siehe Fig. 1

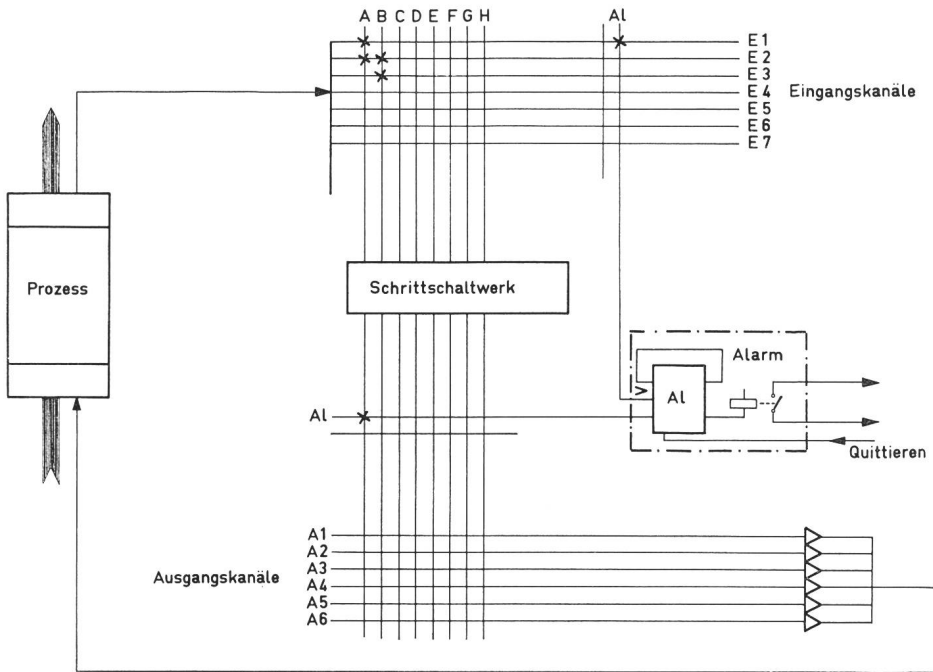


Fig. 6  
Alarmfunktion  
Al Alarmeinheit  
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

- a) Kontaktloser Ausgang ohne Verstärker;
- b) Kontaktloser Ausgang über Gleich- oder Wechselstromverstärker;
- c) Relaisverstärker-Ausgang mit 2 Wechselkontakten (WK) belastbar mit 2 A; 1 WK für 220 V, 1 WK für 110 V;
- d) Ausführung wie vorhin beschrieben, jedoch mit 4 A belastbar.

In der Grundaussführung sind 10 Ausgangskanäle vorhanden, die modular in Fünfergruppen erweitert werden können.

Fig. 1 zeigt den Aufbau und die Programmierung eines einfachen Prozessablaufes. Die Eingangsbefehle gelangen vom Prozess über die Eingangswandler auf die Eingangsmatrix. Die Ausführung der Befehle wird über die Spalte der Ausgangsmatrix zugeführt. Über die Programmierung werden dann die entsprechenden Ausgangskanäle aktiviert, die Befehle werden dem Prozess übermittelt. Sind in der Fig. 1

die Eingangsmeldungen E2 und E3 erfüllt, so werden die Ausgänge A1 und A3 aktiviert.

1.4.3 Speicher. Um die impulsartig eingehenden Signale für die Weiterschaltung zu erfassen oder über mehrere Schritte hinweg ein Eingangssignal zu speichern, ist die Funktion des Speichers nötig. Er kann jedem einzelnen Eingangskanal durch Programmieren zugeordnet werden. Sind mehrere Eingangskanäle demselben Speicher zugeordnet, so geschieht das in einer UND-Schaltung. Ein bereits programmierter Speicher kann keinem zweiten Schritt mehr zugeordnet werden. Für weitere Gedächtnisse innerhalb eines Zyklus ist ein weiterer Speicher nötig. Wird der Speicher vom Eingang her aktiviert, so gibt er am Ausgang den jeweiligen zugeordneten Schritt für die Weiterschaltung frei. Der Speicher kann über jeden aktivierten Schritt von der Ausgangsebene her gelöscht werden.

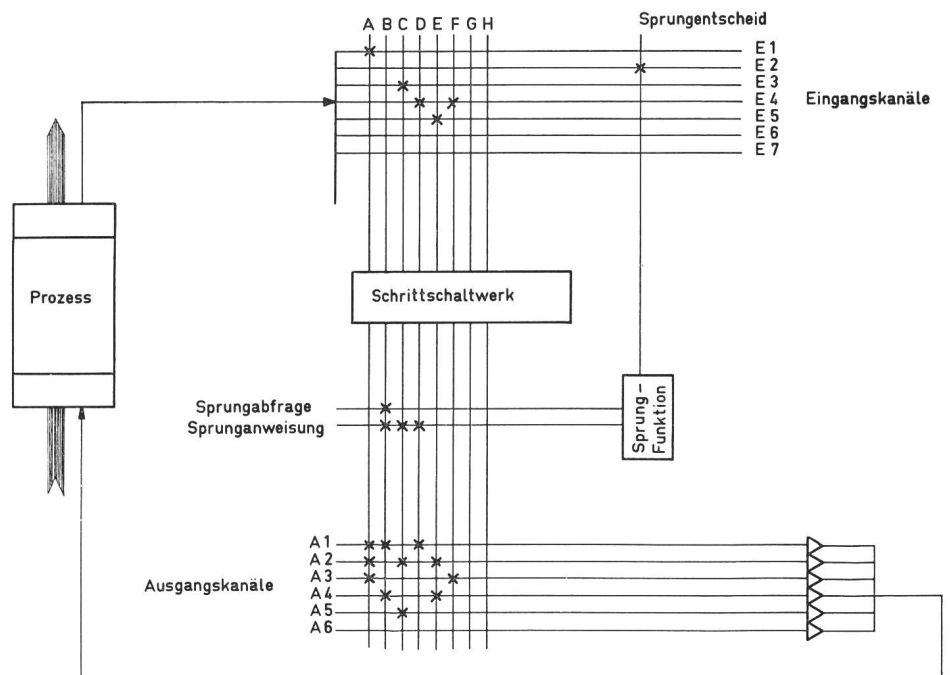


Fig. 7  
Sprungfunktion  
Bezeichnungen siehe Fig. 1

Fig. 2 zeigt die Anwendung der Ein- und Ausgangsspeicher. Mit dem Eingangsspeicher ist es möglich, impulsförmige Signale zu speichern und diese zu einem späteren Zeitpunkt zu verwenden. Der Ausgangsspeicher wird beim ersten Auftreten des programmierten Ausgangs aktiviert. Das Gedächtnis wird automatisch am Zyklusende gelöscht.

**1.4.4 Zeiteinheit.** Von jedem Programmschritt aus kann über einen eigenen Ausgangskanal (Start für Zeitabläufe) ein Zeitablauf gestartet werden. Der Ablauf beginnt durch die Aufschaltung eines aktivierten Schrittes vom Schieberegister aus. Sowohl für die Eingangsebene wie auch für die Ausgangskanäle stehen pro Zeiteinheit je ein direkter und ein inverser Ausgang zu Verfügung. Führt man die Verzögerungszeit den Ausgangskanälen zu, so bewirkt der direkte Ausgang eine Sperrung, der inverse dagegen gibt die zugeordneten Ausgangskanäle während der Verzögerungszeit frei. Mit der Möglichkeit, die Zeitausgänge den Ausgangskanälen zuzuordnen, lassen sich auf die einfachste Weise Kontroll- sowie Wartezeiten bilden.

Fig. 3 zeigt die Programmierung eines Zeitgliedes. Auf Schritt B wird die Zeit  $T$  gestartet, und die Rückmeldung wird als Eingangsbedingung programmiert.

Bei den Verwendungen für das Zeitglied gibt es zwei Möglichkeiten:

- a) Externer Timer. (Diese Anwendung ist ebenfalls aus Fig. 3 ersichtlich.)
- b) Interner Timer. (Dieser Timer ist auf Printkarten montiert

und arbeitet als Digital-Timer mit 4 Dekaden. Er besitzt einen Zeitbereich von 10 ms bis zu 6 Tagen, 22 h und 39 min. Fig. 4 zeigt die Programmierung für diesen Timer.)

**1.4.5 Sicherheits- und Überwachungsfunktionen.** Mit der Sicherheitsfunktion ist die Möglichkeit gegeben, Ausgangskanäle unabhängig vom Schieberegister und der Betriebsart durch Randbedingungen direkt zu sperren. Ein Eingangssignal kann sowohl Fortschaltbedingung wie auch Randbedingung sein. Steht am Eingang ein  $L$ -Signal an, so ist die Fortschaltbedingung erfüllt und die entsprechenden Ausgangskanäle werden aktiviert, wird dagegen sein Signal 0, so ist die Randbedingung erfüllt, und die zugeordneten Sicherheitsbedingungen werden aktiviert. Das hat zur Folge, dass die der Sicherheitsbedingung zugeordneten Ausgangskanäle blockiert werden.

Die Programmierung einer Sicherheitsfunktion zeigt Fig. 5. Im Beispiel wird der Eingang E2 auf den Schritten B und C abgefragt. Steht das Gerät auf Schritt B oder C und der Eingang E2 erscheint nicht, so wird der Ausgang A2 unterbrochen. Die Alarmfunktion besitzt die gleichen Eigenschaften wie die Sicherheitsfunktion. Bei der Alarmfunktion ist der Ausgang jedoch über ein Reed-Relais herausgeführt und wird intern nicht verwendet. Beim Ansprechen einer Alarmfunktion wird der Relaiskontakt geschlossen.

Fig. 6 zeigt die Programmierung einer Alarmfunktion. Erscheint Eingang E1 auf Schritt A nicht, so wird der Relaiskontakt geschlossen.

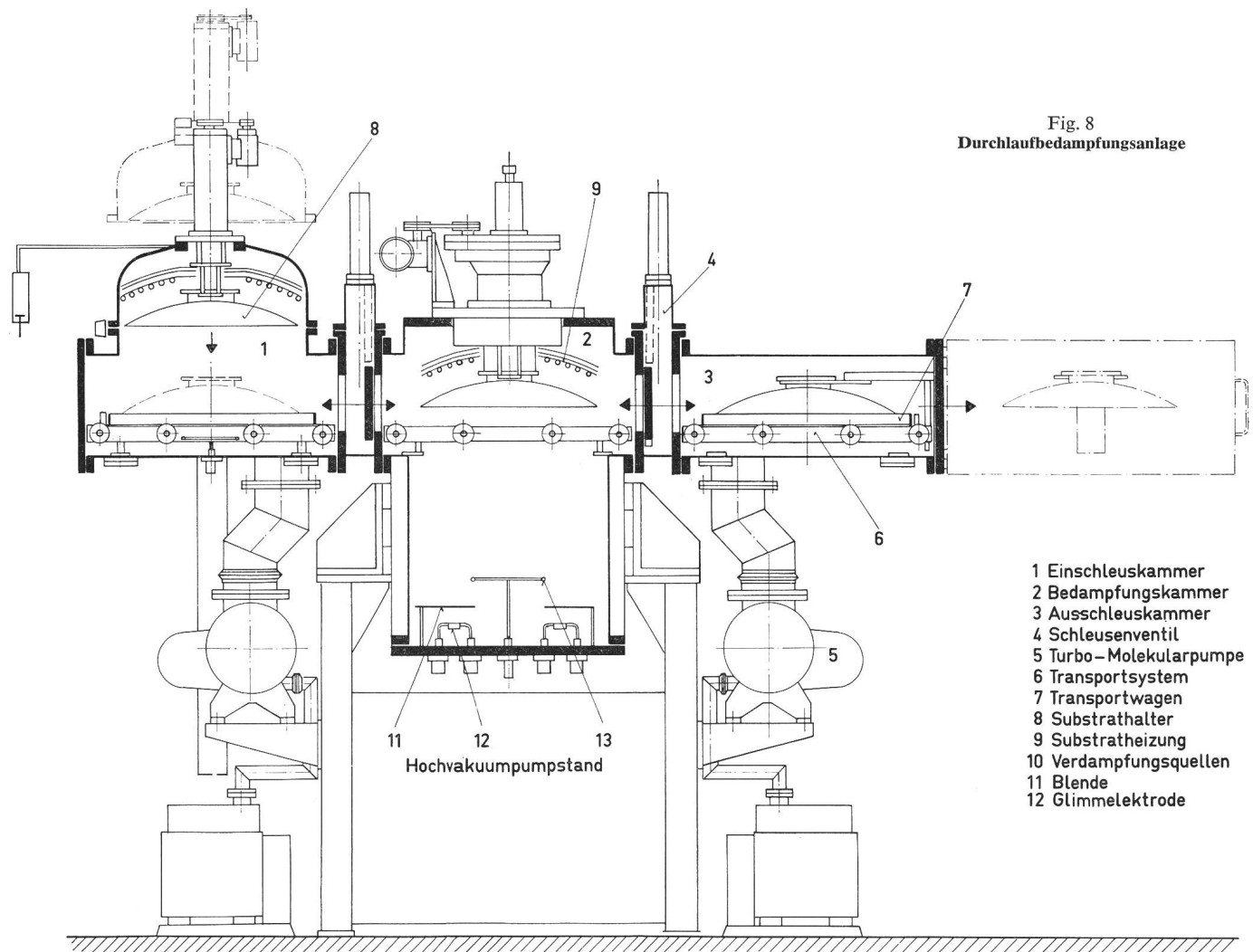


Fig. 8  
Durchlaufbedampfungsanlage

- 1 Einschleuskammer
- 2 Bedampfungs-kammer
- 3 Ausschleuskammer
- 4 Schleusventil
- 5 Turbo-Molekularpumpe
- 6 Transportsystem
- 7 Transportwagen
- 8 Substrathalter
- 9 Substratheizung
- 10 Verdampfungsquellen
- 11 Blende
- 12 Glimmelektrode



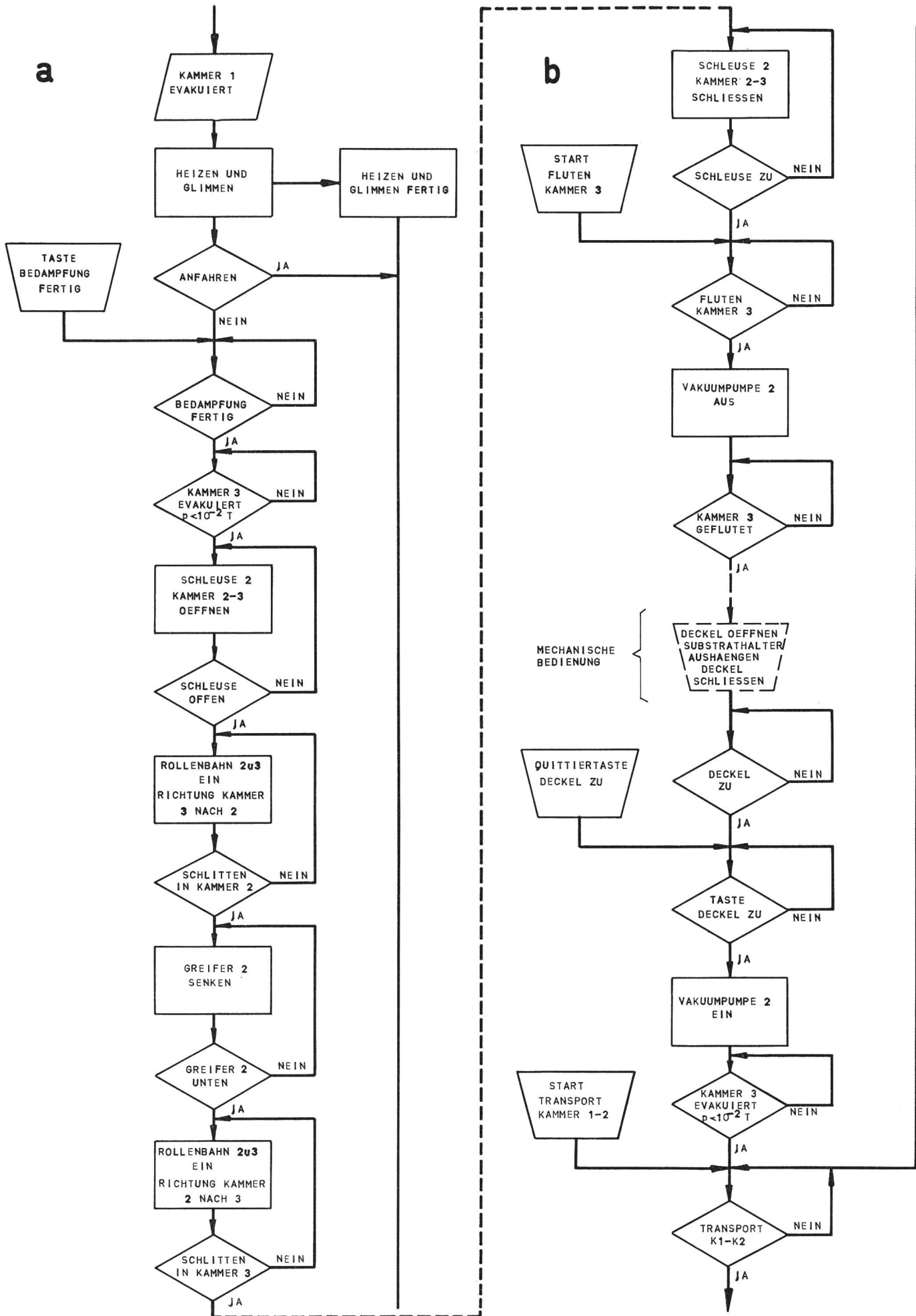


Fig. 10  
Detail zu Programmablaufplan

Symbole nach DIN  
 --- rein manuelle Bedienung  
 b ist die Fortsetzung von a



Fig. 7 zeigt ein Beispiel für die Programmierung einer Sprungfunktion.

**1.4.7. Programmträger.** Er ordnet dem jeweiligen Programmschritt die verschiedensten Arten von Eingangssignalen sowie Ausgangssignalen und damit indirekt die Geber und Stellglieder zu.

Die Programmierung des Taktsteuergerätes kann auf 3 Arten erfolgen.

a) *Kreuzschienenverteiler.*

Der Kreuzschienenverteiler erlaubt eine schnelle Programmierung. Bei Prozessen, die häufige und schnelle Programmänderungen erfordern, ist der Kreuzschienenverteiler unumgänglich. Die handlichen Diodenstecker und die übersichtliche Anordnung erlauben das Umprogrammieren des Taktsteuergerätes innert kürzester Zeit.

b) *Diodenmatrix.*

Bei festeingefahrenen oder immer wiederkehrenden Funktionsabläufen wird die festverdrahtete Diodenmatrix verwendet. Die Programme werden in Form von Karten in die Baugruppenträger eingeschoben. Eine Umstellung von einem auf ein anderes Programm kann durch Umstecken der einzelnen Karten sehr schnell bewerkstelligt werden. Voraussetzung ist, dass beide Programme bestens bekannt und eingefahren sind.

c) *Kreuzschienenverteiler und Diodenmatrix.*

Bei dieser Variante werden die Vorteile des Kreuzschienenverteilers (schnelles Eingreifen, Umprogrammieren von Hand) mit den Vorteilen der Diodenmatrix (fixe Programme) gekoppelt.

**1.4.8 Handfunktionen.** In der Grundauführung stehen verschiedene Handeingaben zur Verfügung, mit denen verschiedene Betriebsarten ermöglicht werden.

Es sind dies:

- a) Start;
- b) Stop;
- c) Not-Aus;
- d) Betriebswahl, automatische Schrittfolge/halbautomatisch/Hand;
- e) Einzelzyklus oder zyklischer Betrieb;
- f) Schrittvorwahl;
- g) Schrittauslösung;
- h) Reset;
- i) Spannungsquittierung.

## 2. Durchlaufbedampfanlage

### 2.1 Allgemeines

Die Anlage dient zur Bedampfung von Brillengläsern mit programmierbarem Ein- und Ausschleusevorgang. Der eigentliche Aufdampfungsprozess ist nicht programmgesteuert, sondern wird von Hand bedient. In diesem Fall soll lediglich die Programmsteuerung behandelt werden.

### 2.2 Mechanischer Aufbau

Die ganze Anlage besteht aus einer Einschleusekammer (Kammer 1) mit einer Turbo-Molekularpumpe, einer Bedampfungskammer (Kammer 2) mit einem Hochvakuum-pumpstand und einer Bedampfungseinrichtung sowie einer Ausschleusekammer (Kammer 3) mit einer Turbo-Molekularpumpe (Fig. 8). Für den Transport von einer Kammer in die andere werden kammerfeste Rollen angetrieben, die einen Schlitten bewegen. Die Kammern sind durch Schleusen voneinander getrennt.

### 2.3 Funktion der Anlage

Die zu bedampfenden Substrate werden auf einen dem Transportsystem angepassten Substrathalter gelegt und von Hand in die Einschleusekammer gebracht. In dieser Kammer werden nun unter Vakuum die Substrate durch Beheizen

(elektrische Strahlenheizung und Beglimmung) vorbehandelt. Während dieser Behandlung ist der Substrathalter in oberster Stellung.

Für den Transport wird der Substrathalter auf einen Transportschlitten abgesenkt. Der Schlitten wird durch kammerfeste Rollen bewegt, wenn die Schleusenventile zwischen Kammer 1 und 2 offen sind. Dieser Schlitten bewegt sich nur zwischen Kammer 1 und 2 hin und her. In der Bedampfungskammer wird der Substrathalter von einem Greifer übernommen und in die Bedampfungsposition angehoben. Nun kann mit dem eigentlichen Bedampfungsprozess begonnen werden. Nach Beendigung dieses Prozesses wird über ein zweites Transportsystem ein weiterer Schlitten von der Kammer 3 nach 2 transportiert, wenn die Schleusenventile zwischen Kammer 2 und 3 offen sind. Der Substrathalter kann jetzt auf den Schlitten abgesenkt werden, um in die Kammer 3 transportiert zu werden. In dieser Kammer werden die Substrate abgekühlt und anschliessend wird die Kammer geflutet, um den Substrathalter von Hand aus der Kammer zu entfernen. Das Programm kann nun wieder von neuem beginnen.

### 2.4 Programmablauf

Auf Grund des Pflichtenheftes und der Angaben des Kunden wird der Programmablaufplan erstellt, der Aufschluss geben soll, was für ein Steuersystem angewendet werden soll. Auf dem Programmablaufplan (Fig. 9 und 10) sieht man die verschiedenen Handeingaben, die Eingaben vom Prozess her sowie die Handbedienungen. Im weiteren sind die einzelnen Funktionsblöcke sichtbar, die jeweils ein Unterprogramm darstellen wie zum Beispiel das Öffnen der Schleusen. In diesem Fall wird vom Taktsteuergerät lediglich der Befehl für Schleuse öffnen gegeben und die Rückmeldung Schleuse offen empfangen. Die eigentliche Steuerung der Schleusenventile erfolgt mittels Relaislogik.

## 3. Ausführung der Steuerung

Für die beschriebene Steuerung wurde ein Taktsteuergerät mit Kreuzschienenverteiler verwendet. Das Taktsteuergerät ist folgendermassen bestückt:

- 40 Eingänge
- 35 Ausgänge
- 30 Schritte
- 1 Speicher
- 2 Zeiteinheiten
- 5 Sicherheitsfunktionen
- 1 Sprungfunktion
- 1 Speiseeinheit

Mit diesen Einheiten und einigen Relais sowie Schützen für die Motoren wurde das Steuerungsproblem auf relativ einfache Art gelöst. Dank des Kreuzschienenverteilers ist es möglich, zu jeder Zeit eine Programmänderung vorzunehmen, was bei einer Prototypanlage wesentlich ist. Das Taktsteuergerät sowie Schützen und Relais sind in einem Steuer-schrank eingebaut worden. Die Steuerelemente, für die Handfunktionen sowie die Drucktasten, die für die Fortschaltbedingungen nötig sind, wurden auf eine Steuerplatte montiert, die unmittelbar neben der Bedampfanlage angebracht wurde.

Adresse des Autors:

W. Leibacher, Sprecher & Schuh AG, 5034 Suhr.