



elektronik · bauelemente

Nur für den Dienstgebrauch

## APPLIKATIVE INFORMATION

## A P P L I K A T I V E I N F O R M A T I O N

- für Anwender der Mikroelektronik -

# hinweise

1. Alle Beiträge in den Heften der "Applikativen Information" dienen der Anregung bei Schaltungs- und Geräteentwicklungen bzw. beim Finden von Rationalisierungslösungen und vor allem dem Erfahrungsaustausch. Es können keine Verbindlichkeiten des VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin zur Bereitstellung der in den Beiträgen vorgestellten elektronischen Bauelemente abgeleitet werden.

Grundlage dafür sind die Listen für elektronische Bauelemente und Bausteine, die über die Bauelemente-Verantwortlichen der Betriebe beim VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin angefordert werden können.

2. Reproduktionen in irgendeiner Form durch Druck, Kopienherstellung, Microfiche u. a. sind nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet. Auszüge, Referate und Besprechungen müssen die volle Quellenangabe enthalten.

# inhalt ai 02/84

Nur für den Dienstgebrauch

	Seite
<b>elektronik</b>	
Elektronik/Mikroelektronik ermöglicht ein hohes Niveau der elektrischen Ausrüstung von Schienenfahrzeugen für die Deutsche Reichsbahn und den Export	2
Entwicklung einer Zentrifugenprogrammsteuerung	14
 <b>bauelemente</b>	
Unifizierte Reihe von leistungselektronischen Bauelementen der UdSSR	33
 <b>applikation</b>	
Einsatz von CCD-Zeilen-Kameras zur berührungslosen Längenmessung	47
 <b>beratungs- und informationsstellen mikroelektronik</b>	
Aus der Tätigkeit der Beratungs- und Informationsstelle Mikroelektronik Berlin	56
 <b>kurz berichtet</b>	
Standards für elektronische Bauelemente	58

Redaktionsschluß: 20. 12. 1983

## herausgeber

veb applikationszentrum elektronik berlin  
im veb kombinat mikroelektronik  
- abteilung applikative information -  
1035 berlin, mainzer str. 25

Dipl.-Ing. Wolfgang Knuth

VEB Kombinat Schienenfahrzeugbau  
Stammbetrieb

Elektronik/Mikroelektronik ermöglicht ein hohes Niveau der elektrischen Ausrüstung  
von Schienenfahrzeugen für die Deutsche Reichsbahn und den Export

1. Elektronik in Schienenfahrzeugen

1.1. Zielstellung

Reisezug- und Maschinenkühlwagen, Finalerzeugnisse des VEB Kombinat Schienenfahrzeugbau (KSPB), die den heutigen und künftigen technischen sowie Komfortansprüchen genügen sollen, sind durch einen hohen Stand der elektrischen Ausrüstung gekennzeichnet. Diese Ausrüstung dient sowohl der Energieversorgung als auch der Steuerung der im Betrieb ablaufenden Prozesse (Beleuchtung, Heizung, Kühlung, Service- und gastronomische Einrichtungen usw. /1/). In immer stärkerem Maße wird durch den Einsatz der Leistungs- und Steuerungselektronik auf Halbleiterbasis eine neue Qualität der elektrischen Ausrüstung erreicht. Dies trägt dazu bei, die führende Position des Schienenfahrzeugbaus der DDR auf dem Weltmarkt zu festigen.

Wesentliche Zielstellungen, die durch die verstärkte Einführung der Elektronik/Mikroelektronik in den Finalerzeugnissen des VEB KSPB ermöglicht werden, sind u. a.:

- Reisezug- und Kühlwagen mit modernem Komfort und hohem Gebrauchswert
- Automatisieren und Optimieren der in den Fahrzeugen ablaufenden Prozesse
- erhöhte Betriebszuverlässigkeit
- verminderter Aufwand für Wartung und Instandhaltung
- rationellere Energieanwendung
- Diagnosemöglichkeit.

1.2. Einsatzbedingungen

Für elektronische Geräte und Bauelemente, die in Schienenfahrzeugen eingesetzt werden, gelten Belastungen (mechanisch, thermisch, Verschmutzung usw.), die aus dem Bahnbetrieb resultieren. Die Belastungen sind wesentlich ungünstiger (härter) als bei stationären elektrotechnischen Anlagen.

Beispielsweise müssen für Fahrzeuge der Bahnverwaltung Deutsche Reichsbahn (DR) Außentemperaturen von  $-40\text{ °C} \leq \vartheta \leq +40\text{ °C}$  und für Fahrzeuge der Sowjetischen Eisenbahnen (SŽD) Außentemperaturen von  $-60\text{ °C} \leq \vartheta \leq +50\text{ °C}$  berücksichtigt werden. Weitere, insbesondere mechanische Parameter, sind in entsprechenden Standards festgelegt /2/, /3/, /4/.

Ein großer Teil der elektrischen Ausrüstung, insbesondere die Leistungselektronik, Hochspannungsschaltgeräte und Batterien sind in Gerätekästen unterhalb des Wagenbodens untergebracht und besonders den extremen Beanspruchungsbedingungen ausgesetzt. Bei all diesen Beanspruchungen muß für den Bahneinsatz eine hohe Betriebszuverlässigkeit gewährleistet werden.

Da das VEB KSPB seine Erzeugnisse sowohl in Länder mit extrem niedrigen Temperaturen (UdSSR) als auch mit extrem hohen Temperaturen (afrikanische Länder, UdSSR) exportiert, sind gerade die thermischen Forderungen besonders problematisch.

Für die Fahrzeuge, die in die UdSSR exportiert werden, ist die Austauschbarkeit der in den Geräten verwendeten Bauelemente ein wesentliches Kriterium.

## 2. Elektronische Bauelemente in Geräten für die Energieversorgung von Reisezugwagen

### 2.1. Autonome Energieversorgung

#### 2.1.1. Leistungsteil

Die Leistungselektronik auf der Basis von Si-Dioden ermöglichte an Stelle der herkömmlichen Kommutatormaschine für die Energieversorgung der Wagen die Drehstrommaschine mit nachgeschaltetem Gleichrichter. Typische Aggregate sind:

- Drehstromklauenpolgenerator mit Gleichrichter in 6-Puls-Brückenschaltung  
Ausgangsleistung 4,5 kW, Herst.: VEB Fahrzeugausrüstung (Faga) /5/  
(Bilder 1 und 2)
- Drehstromgenerator mit Gleichrichter in 6-Puls-Brückenschaltung  
Ausgangsleistung 32 kW, Herst.: VEB Elektromotorenwerk Dresden.

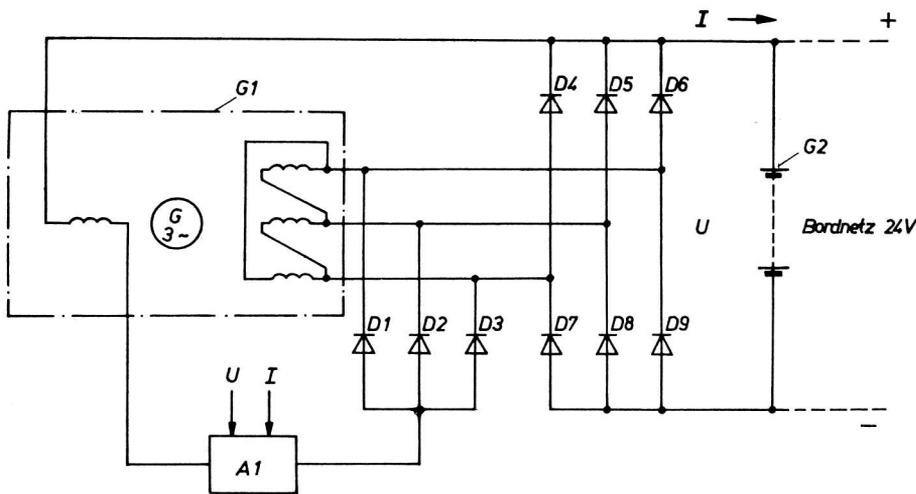


Bild 1: Prinzipschaltung der autonomen Energieversorgung mit Drehstromklauenpolgenerator und nachgeschaltetem Gleichrichter

A1 Feldregler für I-U-Kennlinie; D1 ... D3 Dioden des Erregergleichrichters, Typ: SY 170-1 (Herst.: VEB MLS); D4 ... D9 Dioden des Hauptgleichrichters Typ: DS 856-320-04 (Herst.:  $\checkmark$ KD/ $\checkmark$ SSR); G1 Drehstromklauenpolgenerator; G2 Wagenbatterie

Der Ausgangsgleichrichter ist mit Dioden vom Typ V 200-6 (Herst.: UdSSR), die mit einer R-C-Beschaltung versehen sind, bestückt.

#### 2.1.2. Regler

Zur Regelung dieser Generatoren dienen nach einem einheitlichen Konzept entwickelte elektronische Regler. Bei den jetzt eingesetzten Reglern ist die Ausgangsstufe mit Thyristoren bestückt.

Transistoren vom Typ SU 169 und mikroelektronische Bauelemente ermöglichen, den Thyristorregler durch einen Transistorregler mit besseren technischen und ökonomischen Parametern abzulösen.

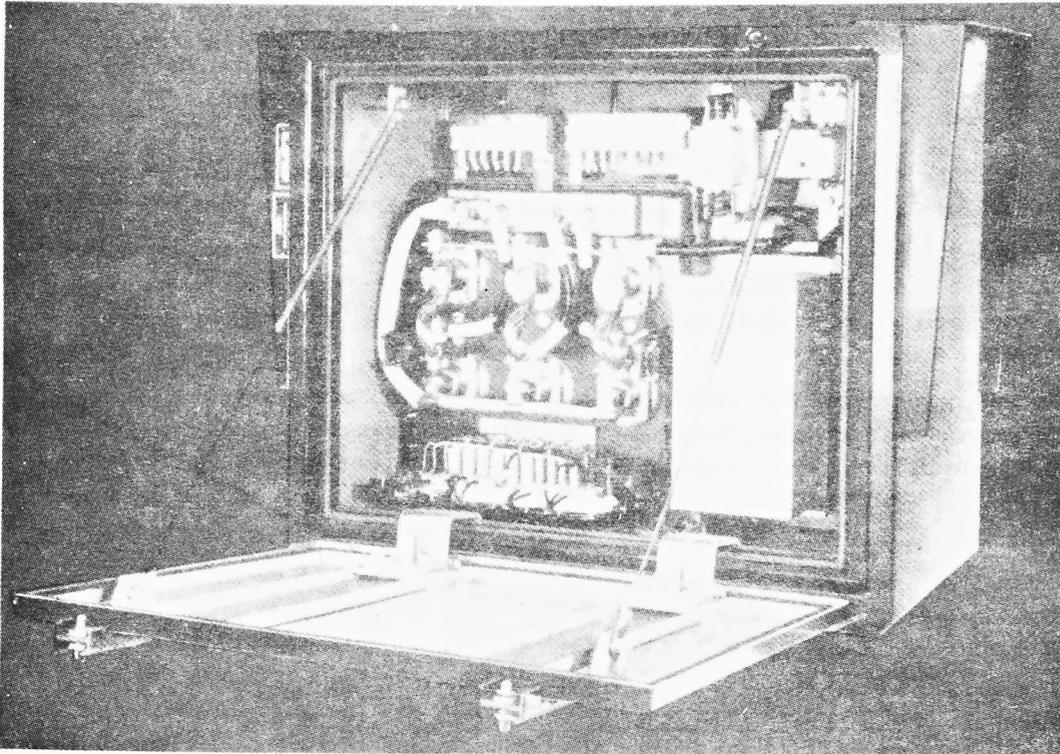


Bild 2: Gleichrichter nach Bild 1 mit Feldregler (rechts unten) im Gerätekasten für Einbau unter den Wagenboden montiert

## 2.2. Energieversorgung aus der Zugsammelschiene (ZS)

### 2.2.1. Problem

Mit der umfassenden Einführung der elektrischen Heizung von Reisezügen wurde die Voraussetzung geschaffen, die von der Lokomotive bereitgestellte elektrische Energie auch für die übrigen Elektroenergieverbraucher zu nutzen (zentrale Energieversorgung, ZEV). Für diese neue Energieversorgungsart wurden und werden im VEB KSPB elektronische Energiewandler (EW) entwickelt, welche die auf der ZS vorhandene Spannung und Stromart in die für das Wagenbordnetz geeignete Form umwandeln.

Die Zugsammelschiene und damit die Energiewandler werden bei den verschiedenen Bahnverwaltungen mit unterschiedlichen Spannungen bzw. Stromarten eingespeist. Die Werte sind für die dem Internationalen Eisenbahnverband (UIC) angehörenden Bahnverwaltungen in Tabelle 1, für die SŽD in Tabelle 2 zusammengestellt. Dementsprechend ergeben sich je nach Einsatzbereich unterschiedliche technische Systemlösungen für die Energiewandler:

- EW für Einspannungseinspeisung (eine Stromart, vergl. Abschn. 2.2.2.1.)
- EW für Mehrspannungseinspeisung (mehrere Stromarten unterschiedlicher oder gleicher Spannung).

Der große Toleranzbereich der Eingangsspannung erfordert in jedem Fall eine Regelung der Ausgangsspannung der EW.

Tabelle 1: Stromarten und Spannungen der Zugsammelschiene nach UIC 552 /7/

Stromart	Nennspannung	Nennfrequenz	Toleranzbereich der Spannung		Beispiele für Verwendung bei Bahnverwaltungen
	V	Hz	max. Spannung V	min. Spannung V	
Einphasenwechselstrom	1000	16 2/3	1100	800	DR <sup>1)</sup> , DB, ÖBB, NSB, SBB, SJ, SNCF, FS, JŽ
	1500	50	1650	1150	BDŽ, CFR, CP, CFL, MAV, SNCF
Gleichstrom	1500	-	1800	1000	DSB, NS, SNCF, SBB
	3000	-	3600	2000	ČSD <sup>2)</sup> , FS, JŽ, PKP, SNCB, NS, CFL

1) Bei der DR werden auf der "Rübelandbahn" 1000 V, 50 Hz verwendet

2) Bei der ČSD werden auch 3000 V, 50 Hz verwendet

Tabelle 2: Stromarten und Spannungen der Zugsammelschiene bei den Sowjetischen Staatsbahnen SŽD

Stromart	Nennspannung	Nennfrequenz	Toleranzbereich der Spannung	
	V	Hz	max. Spannung V	min. Spannung V
Einphasenwechselstrom	3000	50	3600	2200
Gleichstrom	3000	-	4000	2400

Ein wesentliches Merkmal der EW ist, daß der Stromrichterteil auf der Oberspannungsseite aus einer Reihenschaltung von mehreren Dioden bzw. Thyristoren besteht <sup>1)</sup>, da die einzelnen Ventile nur für Spannungen von etwas über 1000 V zur Verfügung stehen. In den Prinzipschaltungen der nächsten Unterabschnitte sind nur die funktionsbedingten Ventile (ohne Berücksichtigung der Reihenschaltung) gezeigt.

1) Eine Ausnahme bilden EW für Einspannungseinspeisung nach Abschn. 2.2.2.1., bei denen die Eingangsspannung vor dem Stromrichterteil unmittelbar heruntertransformiert werden kann.

## 2.2.2. Energiewandler kleiner Leistung

### 2.2.2.1. Energiewandler 4,5 kW für Einspannungseinspeisung 1000 V Wechselstrom 16 2/3 bzw. 50 Hz

Aufbauend auf den positiven Ergebnissen von Betriebserprobungen eines Versuchsmusters seit 1972 wurden Neubauwagen der DR mit EW ausgerüstet, deren Prinzipschaltung im Bild 3 dargestellt ist. Diese Wagen befinden sich seit 1975 im Betriebseinsatz auf der Strecke Blankenburg (Harz) - Königshütte (Rübeland). So wie dort verlief auch der Betriebseinsatz in Doppelstockwagen der DR erfolgreich.

Diese Beispiele zeigen, daß, ausgehend von einfachen und erprobten Grundschaltungen, die

größten Chancen für den zuverlässigen Einsatz der Elektronik in Schienenfahrzeugen zu erwarten sind.

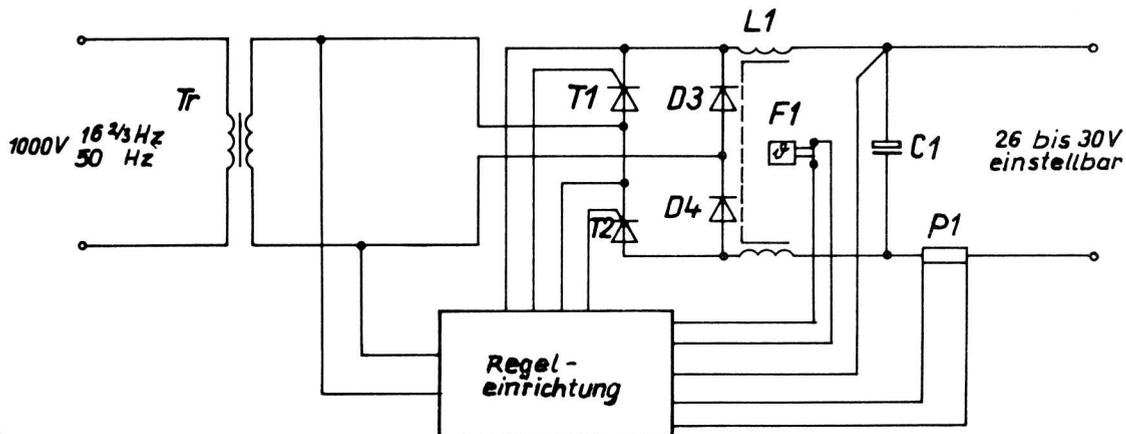


Bild 3: Prinzipschaltung des Energiewandlers 4,5 kW für Einspannungseinspeisung 1000 V Wechselstrom

Tr Transformator 1000 V, 50-Hz; T1, T2 Gleichrichterthyristoren; D1, D2 Gleichrichterioden; C1 Glättungskondensator; L1 Glättungsdrossel; F1 Temperaturmeßglied (überwacht Thyristortemperatur); P1 Strommeßglied

#### 2.2.2.2. Energiewandler 4,5 kW für Mehrspannungseinspeisung (UIC-Spannungen)

Bei Reisezugwagen, die im internationalen Verkehr eingesetzt werden, müssen die EW für alle in Tabelle 1 angegebenen Eingangsgrößen betriebsfähig sein. Für diesen Zweck wurde im VEB KSF B der EW Typ EVM/24 - 4,5 /8/ entwickelt. Am Ausgang des Gerätes wird bei einer Leistung von 4,5 kW eine Nenngleichspannung von 28 V bereitgestellt.

Die Prinzipschaltung dieses EW ist im Bild 4 gezeigt. Unabhängig von der Stromart wird die Eingangsspannung über einen Gleichrichter auf einen Wechselrichter (WR) geführt. Der WR arbeitet in Kondensatormittelpunktschaltung. Im WR wird eine Wechselspannung von 350 Hz erzeugt, außerdem erfolgt dort der Stelleingriff (Impulsbreitensteuerung) zur Erzeugung der Ausgangscharakteristik (I-U-Kennlinie). Die relativ hohe Frequenz ermöglicht eine für den vorgesehenen Einsatzfall günstige Baugröße des Transformators. Im Ausgangskreis erfolgt die Gleichrichtung und Glättung. Da die beiden WR-Einheiten nach dem in der Bildunterschrift angegebenen Schema je nach Eingangsspannung in Reihe oder parallel geschaltet werden (hierzu wird die Spannungswähleinrichtung der Hochspannungsheizung benutzt), ergibt sich eine optimale Ausnutzung der elektronischen Bauelemente.

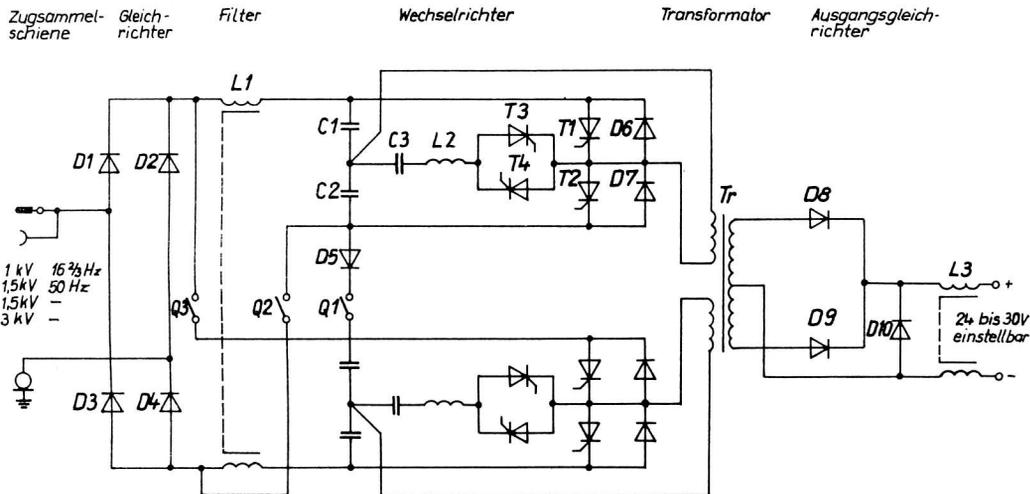


Bild 4: Prinzipschaltung des Energiewandlers 4,5 kW für Mehrspannungseinspeisung

Schaltenschema: Eingangsspannung 1000 V )  
 1500 V ) Q1: "Aus", Q2, Q3: "Ein"

D1 ... D4 Gleichrichterdiode; L1, C1, C2 Eingangsfilter;  
 Q1 ... Q3 Umschalteinrichtung; D5 Sperrdiode; T1, T2 Hauptthyristoren;  
 D6, D7 Rückstromdioden;  
 T3, T4 Löschyristoren;  
 L2, C3 Blindschaltelemente der Löscheinrichtung;  
 Tr Leistungstransformator;  
 D8, D9 Gleichrichterdioden;  
 L3 Glättungsdrossel.

Als Haupt- und Löschyristoren sind je Ventilzweig 3 Stück TR 922-25-12  
 (Herst.: ČKD, ČSSR) in Reihe geschaltet.

### 2.2.3. Energiewandler großer Leistung

Für Wagen mit größerem Leistungsbedarf (20 ... 60 kW; Klimawagen, Speisewagen) erweist sich für die leistungsstarken Verbraucher (insbesondere Motoren) ein Drehstrombordnetz als zweckmäßig.

Als Beispiel hierzu sei ein Energiewandler mit einer extrem hohen Leistung angeführt, der in Gemeinschaftsarbeit zwischen dem VEB KSFb und einem Akademieinstitut der UdSSR für die Energieversorgung eines Speisewagens des SZD mit vollelektrischem Küchenbetrieb entwickelt wurde. Die Eingangsgrößen sind in Tabelle 2 angegeben. Am Ausgang wird bei einer Leistung von 75 kW ein Drehstromnetz 380/220 V, 50 Hz bereitgestellt.

Die Prinzipschaltung ist im Bild 5 dargestellt. Unabhängig von der eingespeisten Stromart wird über den Gleichrichter mit nachgeschaltetem Transformatorfilter und Drossel dem Wechselrichter eine geglättete Gleichspannung zugeführt.

Der Hochspannungswechselrichter (WR) mit Drehstromausgang arbeitet nach dem Prinzip eines Stromwechselrichters. Die Wechselrichterthyristoren werden zyklisch in 120°-Steuerung durchgeschaltet, wobei immer je ein Thyristor der oberen und ein Thyristor der unteren Brückenhälfte leitend ist. Die Drosseln L1 ... L6 dienen im Zusammenwirken mit den Kondensatoren C1 ... C3 zur Kommutierung. Die Kapazität der Kommutierungskondensatoren ist so bemessen, daß in jedem Betriebszustand eine kapazitive Belastung des WR vorhanden ist.

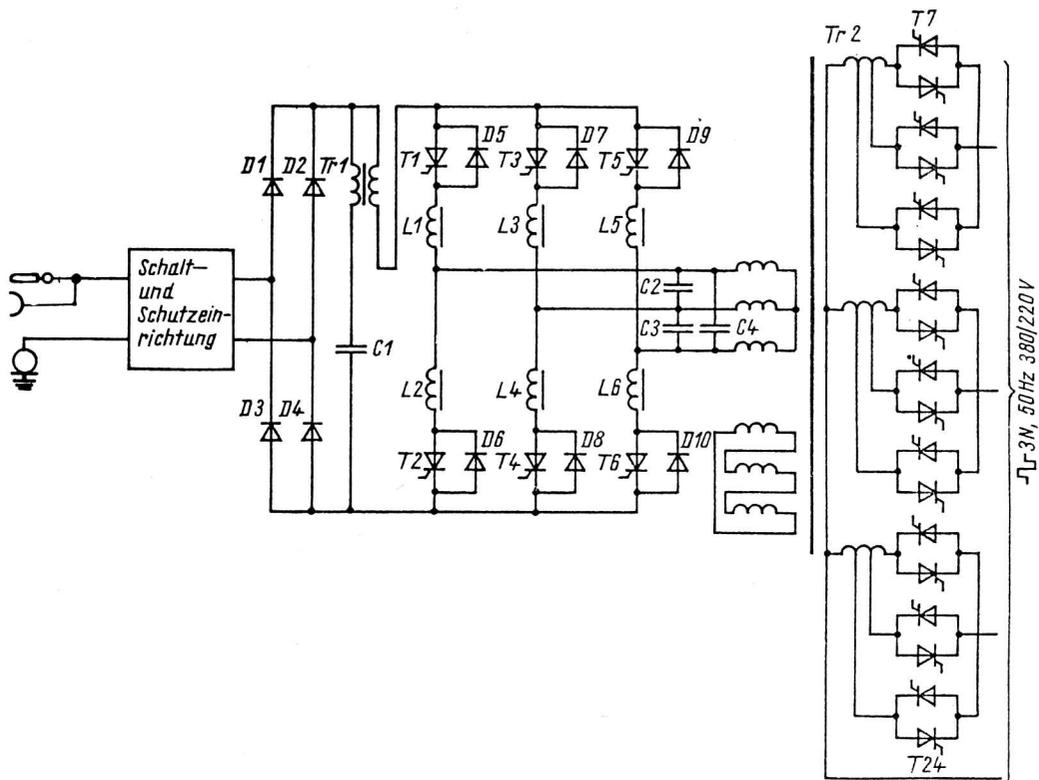


Bild 5: Prinzipschaltung des Energiewandlers für Zweispannungseinspeisung 3000 V WS und GS

- D1 ... D4 Gleichrichterioden (Reihenschaltung von 12 Dioden Typ VL 200-10);  
 Tr1, C1 Filtertransformator mit Kondensator;  
 T1 ... T6 Wechselrichterthyristoren (Reihenschaltung von 8 Thyristoren Typ TL 200-9);  
 D5 ... D 10 Rückstromdioden (Reihenschaltung von 8 Dioden Typ VL 200-8);  
 L1 ... L6 Kommutierdrosseln;  
 C2 ... C4 Kommutierkondensatoren;  
 Tr2 Leistungstransformator;  
 T7 ... T24 Thyristoren des Spannungsstellers.

Die Thyristoren, Dioden und weitere Bauelemente wurden in der UdSSR hergestellt.

Die Regelung der Ausgangsspannung des EW (am WR sind noch die Toleranzen der Eingangsspannung vorhanden) geschieht auf der Niederspannungsseite durch einen dreiphasigen Spannungssteller im Zusammenwirken mit der Sekundärwicklung des Transformators. Die Wirkungsweise der Spannungsregelung beruht auf einer un stetigen Änderung des Übersetzungsverhältnisses des Leistungstransformators innerhalb einer jeden Halbperiode der Ausgangsspannung, verbunden mit einer kontinuierlichen Änderung des Ansteuerwinkels für die Transformatoranzapfung mit der jeweils höheren Ausgangsspannung. Die zyklische Steuerung der Wechselrichterthyristoren und die Ansteuerung der Thyristoren des Drehstromstellers wird durch eine elektronische Regel- und Steuereinrichtung bewirkt.

Der EW ist in Gerätekästen mit Schutzgrad IP 55 unter dem Wagenboden angeordnet (Bild 6).

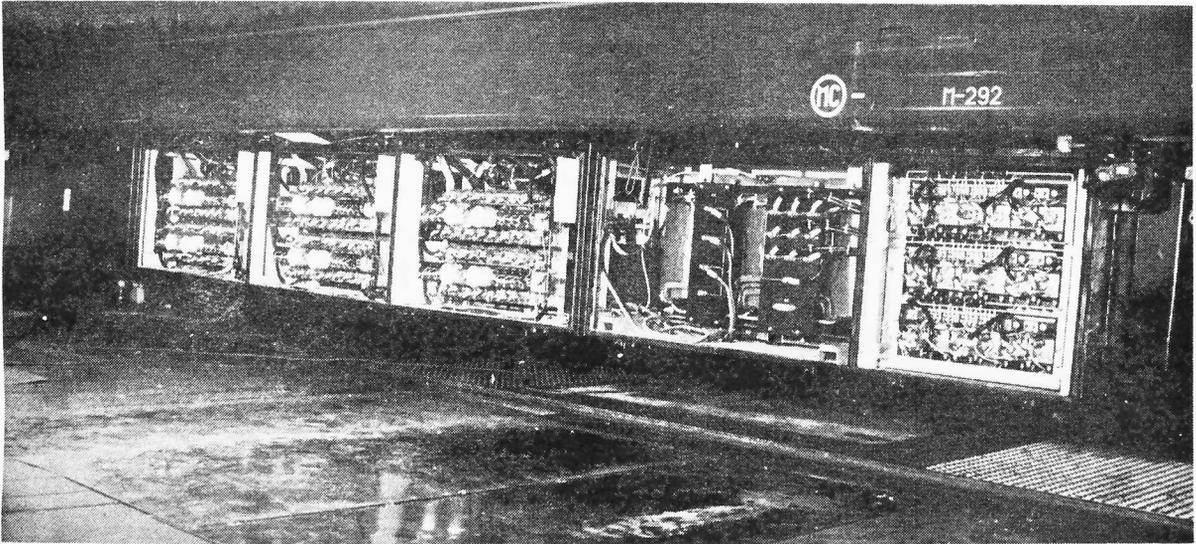


Bild 6: Energiewandler nach Bild 5 im Gerätekasten unter dem Wagenboden montiert.

Von links nach rechts: geschlossener Teil mit Eingangsgleichrichter und Filter, drei Wechselrichtersektionen, Haupttransformator, Spannungssteller.

### 3. Elektronische Bauelemente in weiteren Geräten

#### 3.1. Überblick

Außer in der Energieversorgung wird die Elektronik/Mikroelektronik in den elektrotechnischen Anlagen der Reisezug- und Kühlwagen des VEB KSFb immer stärker zur optimalen Gewährleistung aller Prozesse eingesetzt. Ausgehend von dem Ziel nach einheitlichen regelungs- und aus-rüstungstechnischen Gesichtspunkten, wurden und werden Projekte mit immer höherem Elektro-nikanteil erarbeitet und schienenfahrzeugtypische Geräte entwickelt.

Zu den im VEB KSFb entwickelten elektronischen Geräten gehören z. B.:

- elektronisches Minimalspannungsrelais zur Abschaltung von leistungsstarken Verbrauchern bei Standbetrieb des Wagens (VEB Faga)
- Transistorvorschaltgeräte (Einzelwechselrichter) 110 V GS/220 V WS für den Betrieb von Leuchtstofflampen (VEB Faga)
- Einphasenwechselrichter 70 VA (VEB Waggonbau Dessau)
- Einphasenwechselrichter 1,25 kVA (Stammbetrieb/VEB Faga)
- UV-Trinkwasserentkeimungsgerät (Stammbetrieb) /9/
- elektronische Temperaturregelung für Reisezugwagen (VEB Faga)
- elektronische Brandwarnanlage für Kühlzüge (VEB Waggonbau Dessau)
- Rasierwechselrichter (VEB Faga)

Hiervon sollen anschließend drei Beispiele etwas näher vorgestellt werden.

#### 3.2. Elektronische Temperaturregelung

Die elektronische Temperaturregelung ermöglicht gegenüber dem klassischen Prinzip (Steuerung durch Hg-Thermometer) eine moderne, dem internationalen Niveau entsprechende technische Lösung. Die Prinzipschaltung einer in Reisezugwagen eingesetzten Variante ist im Bild 7 dargestellt.

Einstell- und  
Meßglieder

Temperaturregler

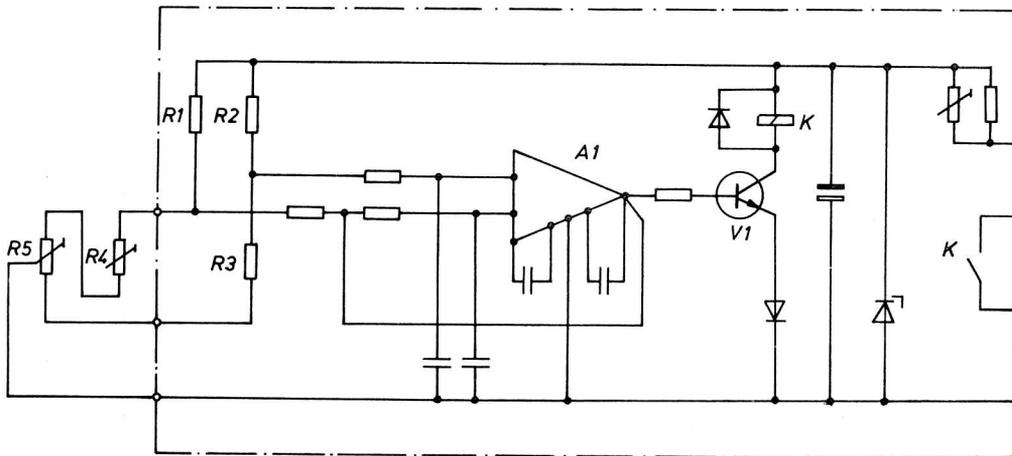


Bild 7: Prinzipschaltung der elektronischen Temperaturregelung für Reisezugwagen  
(Erläuterungen im Text)

Im Regler befindet sich ein Teil einer gleichspannungsgespeisten Widerstandsbrücke (R1, R2, R3). Der Widerstand (R4) dieser Meßbrücke ist ein Pt 100-Meßfühler, der an der Meßstelle angeordnet ist. In der hier beschriebenen Variante wird der Sollwert durch R5 vorgegeben (andere Varianten sind möglich).

Abweichungen der Temperatur vom Sollwert, welche am Meßfühler auftreten, bedingen eine Brückendiagonalspannung, die den Eingängen eines integrierten Schaltkreises A1 (Operationsverstärker B 109 vom VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder) zugeführt wird. Der Schaltkreis ist als Komparator geschaltet. Eine positive Rückkopplung sichert ein exaktes Durchschalten auch bei kleinsten Signaländerungen. Der Ausgang des Komparators schaltet über den Verstärkertransistor V1, Typ SS 216 b des VEB HWF ein Relais, dessen Kontakt am Ausgang des Reglers zur Verfügung steht.

Auf der Basis freiprogrammierbarer Mikroelektronik lassen sich noch wesentlich qualifiziertere Temperaturregler, insbesondere für Reisezugwagen mit Klimaanlage (Heizung, Kühlung und Belüftung), realisieren.

### 3.3. Moderne Beleuchtung

Eine gute Beleuchtung bestimmt entscheidend den Komfort der Reisezugwagen. Der internationale Stand ist durch eine Beleuchtung mit Leuchtstofflampen gekennzeichnet, die über Transistor-Vorschaltgeräte (TV-Geräte, auch Inverter genannt) gespeist werden. TV-Geräte sind individuell den einzelnen LL-Leuchten (ein bzw. zwei Leuchtstofflampen) zugeordnete Wechselrichter, welche die in großen Bereichen schwankende Gleichstrom-Bordnetzspannung in eine Wechselspannung im kHz-Bereich umwandeln. Damit werden eine hohe Beleuchtungsstärke und ein guter Wirkungsgrad erreicht sowie stroboskopische Effekte vermieden.

In den Reisezugwagen des VEB KSPB werden TV-Geräte von verschiedenen Herstellern und mit unterschiedlichem Schaltungskonzept eingesetzt.

Dazu gehören z. B. die Typen Transverter 7315.1 (VEB Elektromotorenwerk Barleben) TV 20/110 V, TV 40/110 V (VEB Faga); Inverter SMI 40/24 (EVIG Budapest).

Das Prinzip soll am Beispiel einer Schaltung mit TV-Gerät TV 40/110 V mit einer Außenschaltung mit 2 LL 20 W demonstriert werden (Bild 8).

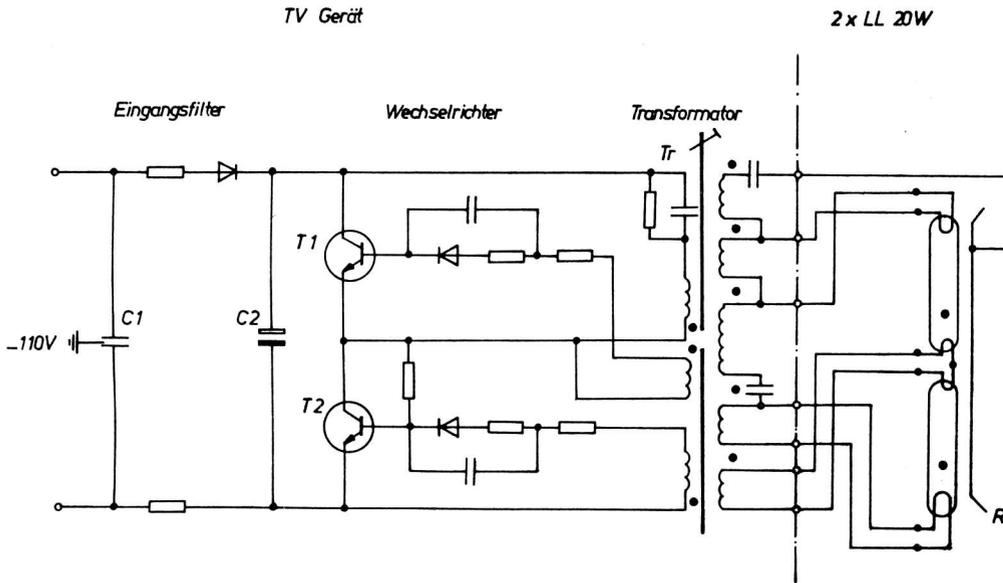


Bild 8: Prinzipschaltung der Leuchtstofflampenbeleuchtung mit TV-Gerät TV 40/110 V für das Anschlußbeispiel von 2 Leuchtstofflampen je 20 W  
 T1, T2 Leistungstransistoren Typ KU 608 (Herst.: Tesla, ČSSR),  
 C1 Funk-Entstörkondensator, C2 Filterkondensator, Tr Streutransformator, R Reflektor

Die Eingangsspannung beträgt:  $U_{\text{nenn}} = 110 \text{ V}$  ( $U_{\text{min}} = 90 \text{ V}$ ,  $U_{\text{max}} = 148 \text{ V}$ ).  
 Die Ausgangsfrequenz  $f$  beträgt 18 kHz.

Der Wechselrichter arbeitet in Kondensatormittelpunktschaltung (kapazitiver Spannungsteiler) mit Sparschaltung.

Die Lampen werden vor dem Durchschalten mit "eingepprägtem Strom vorgeheizt". Über eine gesonderte Wicklung wird eine Zündhilfespannung erzeugt.

### 3.4. Einphasenwechselrichter für Kleinverbraucher

Während bislang für die verschiedensten elektrischen Geräte (z. B. Kühlschränke, Trinkwasserkühler, Staubsauger, Schaltgeräte usw.) wegen des Gleichstrombordnetzes kostenintensive Spezialausführungen benötigt wurden, ermöglichen elektronische Wechselrichter den Einsatz handelsüblicher Geräte.

Zu den Entwicklungen des VEB KSPB gehören derartige Wechselrichter mit einer Leistung von 1,25 kVA, für die unterschiedlichen Eingangsspannungen 24 und 110 V. Die Ausgangsspannung beträgt 220 V, 50 Hz.

Die Prinzipschaltung eines solchen Wechselrichters ist im Bild 9 gezeigt. Die beiden Transistorschalter T1, T2 werden abwechselnd für je eine Halbperiode der Ausgangsfrequenz eingeschaltet. Jeder Transistorschalter besteht aus einer Parallelschaltung von mehreren Transistoren vom Typ KD 503 (Herst.: Tesla/ČSSR) bzw. SU 169. In den Ansteuerstufen A1, A2 erfolgt die Übernahme und Aufbereitung der Ansteuerinformationen, die Anpassung der Ansteuerinformation an die Leistungstransistoren, die Regelung des Basisstromes und der Überstromschutz.

Der Transformator Tr dient zur Spannungsanpassung und Potentialtrennung. Die antiparallelen Dioden D1, D2 ermöglichen eine induktive Belastung des Wechselrichters. Die nicht näher bezeichneten Bauelemente dienen zur Spannungs- und Stromaufteilung und als Entlastungsnetzwerke.

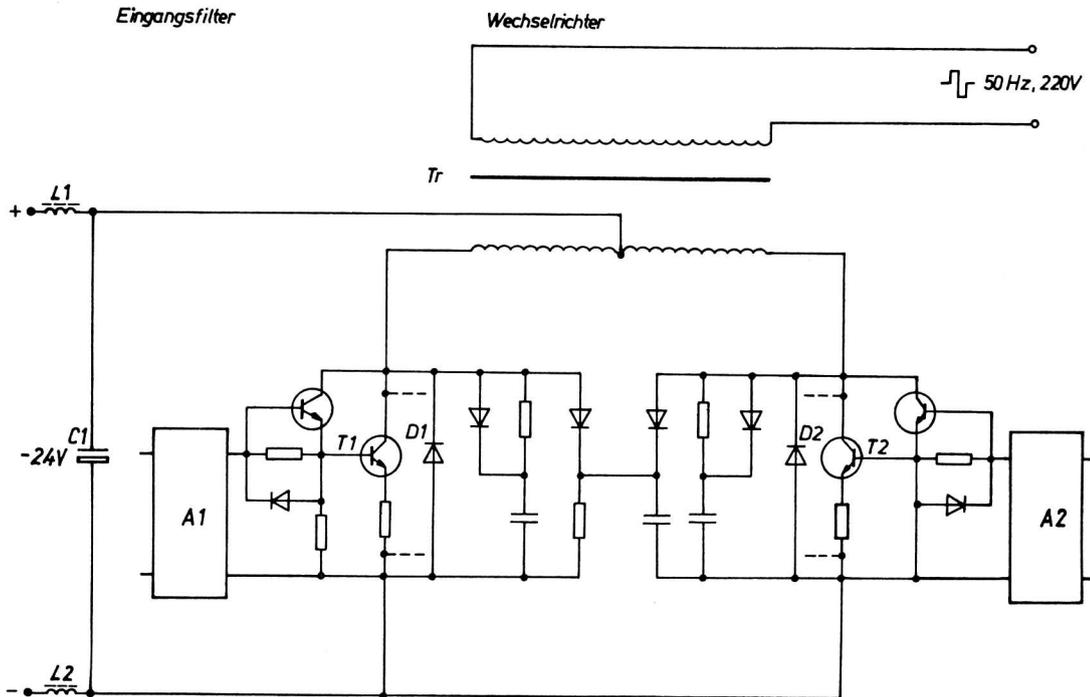


Bild 9: Prinzipschaltung des Wechselrichters

#### 4. Erprobung elektronischer Geräte

##### 4.1. Allgemeines

Im Hinblick auf die im Abschn. 1.2. genannten Einsatzbedingungen werden die elektronischen Geräte umfangreichen elektrischen, thermischen, klimatischen und mechanischen Prüfungen vor der Serieneinführung unterzogen. Hierbei werden in abgestuften Prüfprogrammen folgende Methoden angewendet:

- Laborerprobungen (z. B. elektrische Prüfungen, Temperaturläufe)
- Prüfstanderprobungen (z.B. Stoßfolge und Schwingungsprüfungen nach Standard TGL 200-0057, Erprobungen auf dem Waggonrollstand, Klimaprüfungen)
- Strecken- und Betriebserprobungen (z. B. Erprobungsfahrten auf Strecken der DR, auf Schienenfahrzeugversuchsring, Erprobung auf Strecken der SZD)

Der vorstehend genannte Waggonrollstand ist eine im Stammbetrieb in Berlin befindliche Großeinrichtung, auf der komplette Schienenfahrzeuge bei Simulation von verschiedenen Streckenbedingungen (Schienenstöße, Seitenkräfte, Sinuslauf usw.) im Geschwindigkeitsbereich bis 200 km/h getestet werden können.

Es sei auch bemerkt, daß auf Grund der Tatsache, daß in der DDR keine ausgemessenen Bauelemente mit Einsatzklassen für die im Punkt 1.2. erläuterten Bedingungen zur Verfügung stehen, im VEB KSFb aufwendige Zusatzprüfungen von elektronischen Geräten, z. B. in negativen Temperaturbereichen durchgeführt werden müssen, um Bauelemente zu selektieren und die Funktionsfähigkeit der Geräte nachzuweisen.

#### 4.2. Erprobungsbeispiel Energiewandler 75 kW

Am Beispiel des im Abschn. 2.2.3. beschriebenen Energiewandlers für einen Speisewagen mit Energieversorgung aus der Zugsammelschiene soll demonstriert werden, welche umfangreichen und langwierigen Erprobungen mit elektronischen Geräten für Schienenfahrzeuge zu absolvieren sind. Sowohl beim Speisewagen als auch beim Energiewandler handelt es sich um Prototypen.

Zunächst wurden in den Jahren 1976-78 umfangreiche Laborerprobungen zum elektrischen Verhalten (statisch, dynamisch) sowie Temperaturprüfungen bei unterschiedlichen Lastbedingungen durchgeführt.

Anschließend wurde der EW im Originaleinbauzustand (Gerätekasten unter dem Wagenboden) in Zusammenarbeit mit der gesamten elektrischen Ausrüstung auf dem Waggonrollstand getestet. Dabei wurden 60 172 Rollstandkilometer ( $\approx$  300 860 Streckenkilometer) absolviert. Mit Schwingungsaufnehmern, die an typischen Bauelementen (z. B. WR-Thyristoren, Dioden, Leiterplatten der Steuereinrichtung usw.) angebracht waren, wurde die mechanische Belastung kontrolliert. Danach folgte eine Prüfung des gesamten Wagens in der Klimakammer des VEB Waggonbau Ammendorf bei extrem hohen Temperaturen.

Eine weitere Etappe war die Streckenerprobung auf dem Schienenfahrzeugversuchsring in Velim (ČSSR). Dort wurden bei verschiedenen Betriebszuständen, Einspeisungsarten (GS, WS) und Geschwindigkeiten von 40 ... 160 km/h insgesamt 14 560 km absolviert.

Seit 1980 befindet sich der Wagen in Betriebserprobung bei der SŽD. Fahrten im Winter und im Sommer (Außentemperaturen  $-43^{\circ}$  ...  $+40^{\circ}$  C) haben die Funktionsfähigkeit der elektronischen Einrichtungen bestätigt. Insgesamt wurden bei den Betriebserprobungen auf den Strecken der SŽD 25 000 km zurückgelegt.

#### 5. Abschließende Bemerkungen

Elektronische Bauelemente ermöglichen in Finalerzeugnissen des VEB KSFb Forderungen an die elektrische Ausrüstung technisch qualifizierter und ökonomischer zu erfüllen. Eine große Anzahl von Bauelementen der Leistungs- und Steuerungselektronik aus der DDR, der UdSSR und der ČSSR hat seine Bewährungsprobe im Prüf- und Betriebseinsatz unter Bahnbedingungen erfolgreich bestanden.

#### Literatur:

- /1/ Knuth, W.: Die Elektronik, Mikroelektronik ermöglicht ein hohes Niveau der Ausrüstung und eine rationelle Fertigung von Schienenfahrzeugen. DET - Die Eisenbahntechnik, Berlin 30 (1982) H.4, S. 156-159
- /2/ TGL 200-0632/02: Elektrotechnische Anlagen für Bahnen; Schienenfahrzeuge und gleislose Elektrofahrzeuge. Ausgabe Juli 1973
- /3/ Staatlicher Standard der UdSSR GOST 9219-75: Elektrische Geräte für den Fahrbetrieb; Allgemeine technische Bedingungen.
- /4/ TGL 9200/02: Klimaschutz, Prüfklassen. Ausgabe Juli 1970
- /5/ 10 000 autonome kontaktlose Energieversorgungsanlagen geliefert. Schienenfahrzeug-Rapport, Berlin 83 (1983) H. 1, S. 15-17
- /6/ Knuth, W.: Energieversorgung von Reisezugwagen mit statischen Energiewandlern. ELEKTRIE 32 (1978) H. 1, S. 25-29
- /7/ UIC-Kodex 552 V: Die Speisung der Züge mit elektrischer Energie. 8. Ausgabe vom 1. 1. 1978 mit Änderung vom 1. 7. 1982
- /8/ Sellin, N.: Energieversorgungsgerät für Reisezugwagen. DET - Die Eisenbahntechnik, Berlin 29 (1981) H. 3, S. 105-107
- /9/ Schille, R.; u. a.: UV-Trinkwasserentkeimungsgerät für Schienenfahrzeuge. DET - Die Eisenbahntechnik, Berlin 29 (1981) H. 3, S. 107-109

Dr.-Ing. Herbert Kempf,  
Dr.-Ing. Albrecht Chmura

Beratungs- und Informationsstelle Mikroelektronik  
des VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin  
im Haus der Ingenieurschule für Elektrotechnik und Maschinenbau Eisleben

## Entwicklung einer Zentrifugenprogrammsteuerung

Für einen Industriebetrieb übernahm die Beratungs- und Informationsstelle Mikroelektronik des Bezirkes Halle an der Ingenieurschule für Elektrotechnik und Maschinenbau Eisleben die Entwicklung einer Zentrifugenprogrammsteuerung. Vorliegender Beitrag stellt die Bearbeitungsfolge für die Entwicklung dieser Programmsteuerung vor.

### 1. Aufgabenstellung

#### 1.1. Betriebliche Aufgabenstellung - Kurzfassung

Für eine diskontinuierlich arbeitende industrielle Zentrifuge ist eine Programmsteuerung in Form eines Erprobungsmusters zu entwickeln und zu fertigen.

Die Programmsteuerung hat einer Menge P von technologischen Programmen zu genügen, die mittels eines Betriebsartenwahlschalters BWS unter Beachtung von Mindestanforderungen seitens des technologischen Prozesses von Hand frei wählbar sind:

$$P = \{StA, HoM, HmM, 1xA, DA\} \quad (1)$$

P - Menge technologischer Programme  
StA - Steuerung "Aus"  
HoM - Handsteuerung ohne Motor  
HmM - Handsteuerung mit Motor  
1xA - 1 x Automat (einmal Automat)  
DA - Dauerautomat

Der technologische Prozess TP umfaßt den Ablauf eines Arbeitsspiels der Zentrifuge und enthält unter Berücksichtigung von in Sekundenschritten einstellbaren Zeitverzögerungen ZV und Zentrifugendrehzahlen ZD - hier in einfacher Nennung - eine geordnete Folge von Prozeßelementen  $PE_i$ . Demgemäß gelten folgende Relationen:

$$ZV = \{t_E, t_D / 0 \text{ s} \leq t_E, t_D \leq 360 \text{ s}\} \quad (2)$$

$t_E$  - Prozeßeinsatzzeit  
 $t_D$  - Prozeßdauer

$$t_E = \{t_2, t_3, t_5\} \quad (3)$$

$$t_D = \{t_1, t_4, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}\} \quad (4)$$

$$ZD = \{n_{\nu} / \nu = 1, 2, 3, \dots, 9\} \quad (5)$$

ZD - Menge der Zentrifugendrehzahlen  
 $n_{\nu}$  - Drehzahlbereiche der Zentrifuge

$$TP = \{ (PE_i) / i = 1, 2, 3, \dots, 12 \} \in \{ \text{HmM}, 1xA, \text{DA} \}$$

TP - technologischer Prozeß

$PE_i$  - technologisches Prozeßelement

Außerdem sind Verriegelungsbedingungen VB während der zeitlichen Abfolge der Prozeßelemente  $PE_i$  zu realisieren, die im einzelnen aus dem Pflichtenheft des Auftraggebers hervorgehen:

$$VB = \{ vb_u / u = 1, 2, 3, \dots, 34 \} \quad (7)$$

VB - Menge der Verriegelungsbedingungen

$vb_u$  - Verriegelungsbedingung der Zentrifuge

Die betriebliche Aufgabenstellung fordert im Hinblick auf möglichst großen Störspannungsabstand die Verwendung von integrierten Schaltkreisen in MOS-Technik. Ferner sind zur Realisierung der geforderten Zeitverzögerungen ZV für Signale in Sekundenschritten voreinstellbare Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  mit einer Signalverzögerungszeit ZV,

$$ZV = \{ 0 \dots 9 \text{ s}, 0 \dots 99 \text{ s}, 0 \dots 360 \text{ s} \}, \quad (8)$$

zu entwickeln und zu bauen. Die Signalverzögerungszeit ZV eines jeden Signalverzögerungsmoduls  $SVM_{ZV}$  ist je Dezimalstelle mittels eines BCD-kodierten dezimalen mechanischen Zifferenschalters elektrisch als gewählter Voreinstell-Stellenwert abzubilden.

Das jeweils um die Zeitverzögerung ZV den Signalverzögerungsmodul  $SVM_{ZV}$  verspätet verlassende Signal soll am Ausgang eines extern zurückstellbaren Latch's statisch anstehen und als Ausgangsbelegung  $\sigma$  des Signalverzögerungsmoduls  $SVM_{ZV}$ ,

$$\sigma(SVM_{ZV}) \rightarrow \{L, H\} \quad (9)$$

L - Signalspannungspegel Low

H - Signalspannungspegel High

für die Weiterverarbeitung bereitstehen.

Die betriebliche Aufgabenstellung umfaßt ferner:

- die Realisierung der Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  unter Verwendung von integrierten Schaltkreisen in MOS-Technik
- den Aufbau aller erforderlichen Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  in minimaler Konfiguration
- die Voreinstellbarkeit der Zeitverzögerung ZV mit großer Wiederholgenauigkeit
- die Bildung je eines binären Signals für die Realisierung Prozeßeinsatzzeit  $t_E$  bzw. Prozeßdauer  $t_D$ .

Dem bereits erwähnten technologischen Prozeß TP (vergl. Gleichung (6)) liegt ein betrieblicherseits vorgegebener Prozeßablaufplan PRAP zugrunde, der grafisch dargestellt und verbal beschrieben worden ist. In dieser Form stellt er eine Betriebsunterlage dar, die zum Zwecke der Steuerungsentwicklung zu modifizieren ist.

## 1.2. Lösungsgerechte Aufgabenstellung

Der betrieblichen Aufgabenstellung gemäß hat die zu entwerfende Steuerung eine Menge von

Zuständen  $Z$  bis zur erforderlichen Belegung  $\mathcal{G}(X)$  gewisser Prozeßgrößen  $X$  nacheinander zu speichern und daraus eine Menge von Ausgabegrößen  $Y$  prozeßrelevant zu belegen. Die Belegung der Ausgabegrößen  $\mathcal{G}(Y)$  ist damit außer von der Belegung der bezüglich der Steuerung als Eingangsgrößen fungierenden Prozeßgrößen  $\mathcal{G}(X)$  auch von der zum Takt  $K$ ,  $K = \text{ganze Zahl}$ , jeweils erreichten Belegung der Zustandsgröße  $\mathcal{G}(Z)$  abhängig. Die zu entwerfende Steuerung für die den Prozeß verkörpernde Zentrifuge muß demnach im Prinzip einem sequentiellen Schaltsystem von der Struktur  $\Sigma$  eines Automaten  $A$  genügen, mit

$$A = A(X, Z, Y, f^*(E), g), \quad (10)$$

$$\text{wobei } X = \{X_{f^*}, X_g\} = \{x_o / o = \text{nat. Zahl}\} \quad (11)$$

$X$  - Menge der Eingangsgrößen

$$Z = \{Z_V, Z_H, Z_N\} = \{Z_p / p = \text{nat. Zahl}\} \quad (12)$$

$Z$  - Menge der Zustandsgrößen

$$Y = \{y_q / q = \text{nat. Zahl}\} \quad (13)$$

$Y$  - Menge der Ausgabegrößen

$$f^* \rightarrow E = \{(S_i, R_i) / i = \text{nat. Zahl}\} \quad (14)$$

$f^*$  - Funktionsoperator für die Bildung der Menge der Trigger-Ansteuersignale  $E$

$g$  - Funktionsoperator für die Bildung der Menge der Ausgabegrößen  $Y$ .

Die die Gleichung (10) realisierende Struktur  $\Sigma A$  hat folgendes Aussehen (Bild 1):

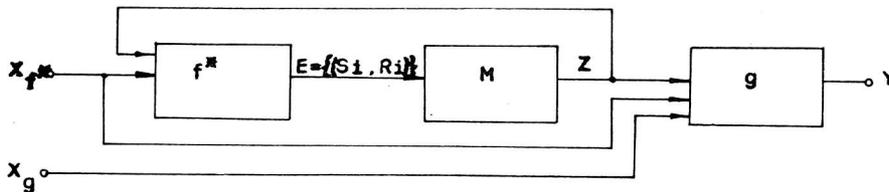


Bild 1: Allgemeine Darstellung des Steuerungsautomaten

Im Verlaufe der weiteren Modellierung der Aufgabenstellung wird dem erwähnten Prozeßablaufplan PRAP nach der Methode der problemnahen Notierung unter Verwendung erforderlicher prozeßspezifischer Größen  $\{X, Z, Y\} \in A$  und Definition von deren Bedeutung und Belegung nachfolgend wiedergegebener Steuerungsablaufplan STAP eindeutig zugeordnet:

$$\text{STAP} \longleftrightarrow \text{PRAP}$$

Für den zu steuernden Prozeß ist folgende Menge von Signalverzögerungsmodulen  $\text{SVM}_{ZV}$  erforderlich:

$$\text{SVM}_{ZV} = \{\text{SVM}_0 \dots 9 \text{ s}, \text{SVM}_0 \dots 99 \text{ s}, \text{SVM}_0 \dots 360 \text{ s}\} \quad (16)$$

$$\text{SVM}_0 \dots 9 \text{ s} = \{\text{svm}_i / i = 1, 2\} \quad (17)$$

- intern voreinstellbar

$$\text{SVM}_0 \dots 99 \text{ s} = \{\text{svm}_k / k = 1, 2, 3, \dots, 8\} \quad (18)$$

- extern voreinstellbar

$$\text{SVM}_0 \dots 360 \text{ s} = \{\text{svm}\} \quad (19)$$

- extern voreinstellbar ,

Für jeden Signalverzögerungsmodul  $SVM_{ZV}$  gelten folgende Relationen:

Zunächst, in Ergänzung zu Gleichung (8), wird festgelegt:

$$ZV = \{t_E, t_D/0 \text{ s} \leq t_E, t_D \leq 360 \text{ s}\} \quad (20)$$

$ZV$  - Menge der speziellen Zeitverzögerungen

$t_E$  - Prozeßeinsatzzeit

$t_D$  - Prozeßdauer

Ferner wurde festgelegt:

$$S = \{AS, SS\} \quad (21)$$

$S$  - Menge der Signale

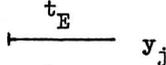
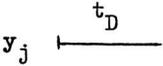
$AS$  - Menge von Ausgabesignalen

$SS$  - Menge von Steuersignalen

mit

$$AS = \{t_E y_j, y_j t_D / j = \text{nat. Zahl}\} \rightarrow \{\text{Signale Prozeßeinsatzzeit, Signale Prozeßdauer}\} \quad (22)$$

Tabelle 1:

Ausgabesignale AS	modellmäßige Veranschaulichung
$t_E y_j$	
$y_j t_D$	

und

$$SS = \{Ps, Ss, Rs, Tos, Tas, Zs\} \quad (23)$$

$Ps$  - Menge der Programmiersignale zur Voreinstellung der Signalverzögerungsmodule

$Ss$  - Startsignal

$Rs$  - Rücksetzsignal

$Tos$  - Torungssignal

$Tas$  - Taktsignal

$Zs$  - Zählersperrsignal

wobei zusätzlich gilt

$$Ps = \{(a_0, a_1, a_3, a_2)_j / j = 1, 2, 3\} \quad (24)$$

$a_i, i = 0, 1, 2, 3$  - binäres-Ziffernsignal im BCD-Kode je Dezimalstelle  $j$

## 2. Technische Lösung der Aufgabenstellung

### 2.1. Beschreibung der technischen Lösung

#### 2.1.1. Definition und Bedeutung prozeßspezifischer Größen lt. Gleichungen (11) ... (13)

Die Menge der Eingangsgrößen besteht gemäß Gleichung (11) aus den Teilmengen

$$X_{F*} = \{x_1, \dots, s_9, \dots, x_{39}\} \quad (25)$$

und

$$X_G = \{x_0, \dots, x_{39}\} \quad (26)$$

für welche die Relation

$$X_{F*} \cap X_G \neq \emptyset \quad (27)$$

gilt.

Den Elementen der angegebenen Mengen sind jeweils prozeßrelevante Bedeutungen zugeordnet. Die zur Menge  $X$  gehörenden Elemente entstammen im Hinblick auf den Prozeßablauf unterschiedlichen Quellen, aus denen sie nicht in jedem Fall unmittelbar hervorgehen. So werden gewisse Eingangsgrößen  $x_0 \in X$ ,  $0 = \text{nat. Zahl}$ , die Elemente aus  $P$  (vergl. Gleichung (1)) darstellen, vom Betriebsartenwahlschalter BWS gebildet, andere dagegen aus Endlagenschaltern ELS der Steuerstrecke gewonnen, während drehzahlbedingte Eingangsgrößen aus Schwellwertschaltern als Ergebnis ihres Vergleichs mit einem Sollwert hervorgehen. Zeitlich determinierte Eingangssignale werden durch ihnen zugeordnete Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  (vergl. Gleichung (16)) gebildet, während andere wiederum unmittelbar handbetätigten Schaltern  $S$  entstammen.

Die nachstehenden Gleichungen geben eine Zuordnungsübersicht:

$$\{x_0/o = 24, 27, \dots, 30\} \quad \text{BWS} \quad (28)$$

$$\{x_0/o = 2, 10, 12, 15, \dots, 18, 23, 31, 35\} \longrightarrow \text{ELS} \quad (29)$$

$$\{x_0/o = 0, 1, 4, 5, 7, \dots, 9, 32, 33\} \longrightarrow \text{SS} \quad (30)$$

$$\{x_0/o = 3, 6, 11, 13, 14, 19, 20, \dots, 22\} \longrightarrow SVM_{SV} \quad (31)$$

$$\{x_0, s_9, s_{10}/o = 25, 26, 37\} \longrightarrow S \quad (32)$$

Die Menge der mit Gleichung (12) bezeichneten Zustandsgrößen  $Z$  umfaßt die Teilmengen

$$Z_V = \{z_{14}, z_{15}, z_{16}, z_{17}, z_{18}\} \subset Z \quad (33)$$

$Z_V$  - Menge der Zustandsgrößen des Vorprogramms VP

$$Z_H = \{z_0, z_1, z_2, z_7, \dots, z_{18}, z_{23}\} \subset Z \quad (34)$$

$Z_H$  - Menge der Zustandsgrößen des Hauptprogramms HP

und 
$$Z_N = \{z_3, z_4, z_5, z_6, \text{Stop}\} \subset Z \quad (35)$$

$Z_N$  - Menge der Zustandsgrößen des Nebenprogramms NP.

Die genannten Teilmengen erfüllen die Relation

$$Z_V \cap Z_H \cap Z_N = \{0\} \quad (36)$$

Während des Prozeßverlaufes realisiert die Steuerung in der Steuerstrecke vermittels innerer Speicher hinsichtlich der den einzelnen Zustandsteilmengen angehörenden Elemente zeitlich nacheinander Zustände  $z_p \in Z$ ,  $p = 0, 1, \dots, 23$ , denen man zum Zweck der Prozeßverlaufsbeobachtung inhaltliche Bedeutung zuordnet.

Die Menge der Zustände  $\{z_H, z_N\} \subset Z$  wird elementweise auf LED abgebildet, die in nachfolgend wiedergegebener Struktur der Steuerung zuzuordnen sind und jeden von der Steuerung erreichten Zustand  $z_p \in Z$  durch ihr Leuchten anzeigen können (Bild 2).

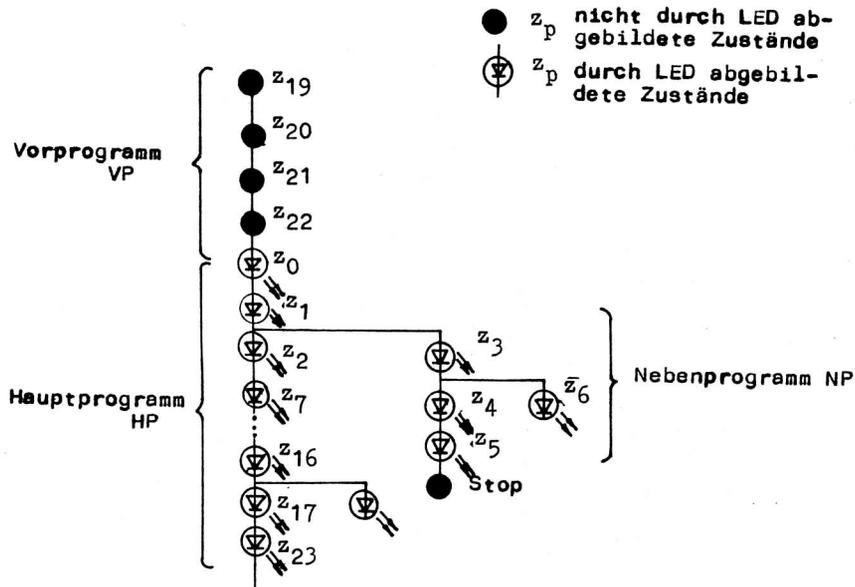


Bild 2: LED-Zustandsanzeige

Die Menge der Programme PROG

$$\text{PROG} = \{\text{VP}, \text{HP}, \text{NP}\}, \quad (37)$$

bildet vermittels der Menge aller Zustände Z zwei Taktketten TK,

$$\text{TK} = \{\text{TK}_1, \text{TK}_2\}, \quad (38)$$

deren Elemente wie folgt den Programmelementen zugeordnet sind:

$$\begin{aligned} \text{TK}_1 &\rightarrow \{\text{VP} \in \text{PROG}, \text{HP} \in \text{PROG}\} \\ \text{TK}_2 &\rightarrow \{\text{NP} \in \text{PROG}\}. \end{aligned} \quad (39)$$

Gleichung (13) definiert Y als Menge von Ausgabegrößen. Sie werden außer von der Menge aller internen Speicher M,

$$M = \{m_s / s = \text{nat. Zahl}\}, \quad (40)$$

auch von der Menge aller Eingangsgrößen X in Vermittlung des Funktionaloperators g (vergl. Gl.(10) und Struktur  $\Sigma A$ ) gebildet, jedoch zum Teil durch Signalverzögerungsmodule  $\text{SVM}_{\text{ZV}}$  zeitlich modifiziert.

In solchem Fall gewinnen die Ausgabegrößen  $y_q \in Y$  die Eigenschaft von Ausgabesignalen AS (vergl. Gl. (22)), wie sie in Tabelle 1 angegeben und auch modellmäßig veranschaulicht worden sind.

Die Ausgabegrößen  $y_q \in Y$ ,  $q = 0, 1, 2, \dots, 22$ , entsprechen ihrer jeweiligen technologischen Bedeutung.

### 2.1.2. Steuerungsablaufplan STAP

Auf der Grundlage des vom Auftraggeber übergebenen Prozeßablaufplanes PRAP entsteht der im Bild 3 ausschnittsweise wiedergegebene Steuerungsablaufplan STAP.

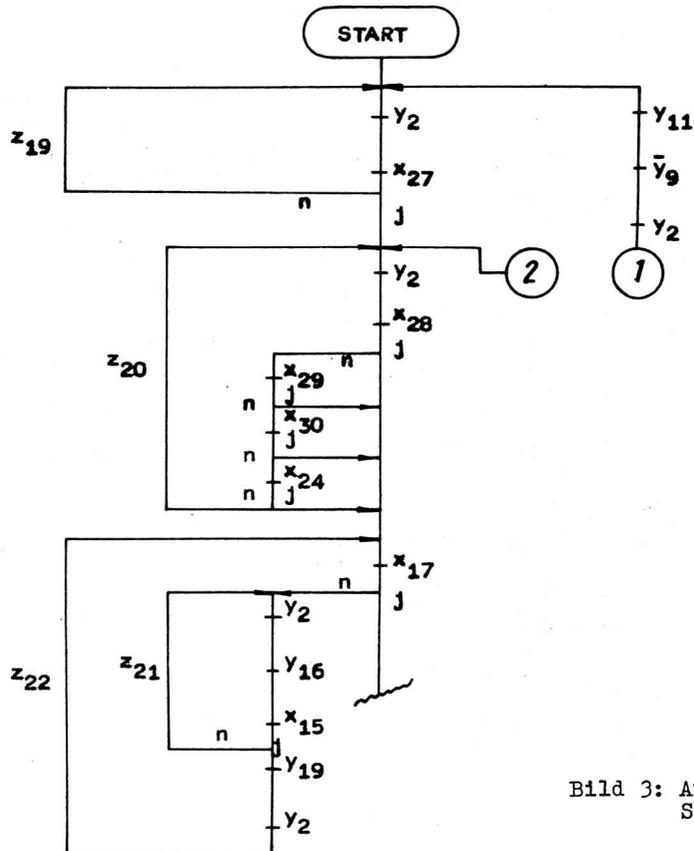


Bild 3: Ausschnitt aus dem Steuerungsablaufplan

### 2.1.3. Realisierung der Menge der Schaltzustände

Aufgabengemäß wurde die vorliegende Steuerung als asynchrone Programmsteuerung mit Ablaufverhalten in Form einer Taktkette mit minimiertem Speicheraufwand entwickelt.

Wie aus dem Steuerungsablaufplan STAP hervorgeht, sind vom Operator M der angegebenen prinzipiellen Struktur  $\Sigma$  des Automaten A,  $\Sigma$  A,

$$n = p + 1 = \text{card}(Z) = 24, p = \text{nat. Zahl} \quad (41)$$

unterschiedliche Zustände  $Z_p \in Z$  während des Steuerungsprozesses zu realisieren. Dazu ist eine Anzahl  $m_{\text{erf.}}$ ,

$$m_{\text{erf.}} \geq m = \text{card}(M), \quad (42)$$

$$\text{mit } m = \frac{\lg \text{card}(Z)}{\lg 2} = \frac{\lg 24}{\lg 2} = 4,6; \quad (43)$$

d. h.  $m_{\text{erf.}} = 5$

RS-Trigger notwendig.

Unter Einbeziehung von Gleichung (40) gelten die Beziehungen

$$M = \{m_s/s = 4, 3, 2, 1, 0\} \longleftrightarrow \{Tr_s/s = m_{\text{erf.}}-1, \dots, 0\} \in Tr \quad (44)$$

Tr - Menge aller RS-Trigger

und  $\{Tr_s/s = m_{\text{erf.}}-1, \dots, 0\} \longleftrightarrow \{Z_s, \bar{Z}_s/s = m_{\text{erf.}}-1, \dots, 0\}. \quad (45)$

$Z_s, \bar{Z}_s$  - Ausgangsgrößen des Triggers  $Tr_s$ .

Die Elemente  $Z_p \in Z$ ,  $p = 0, 1, 2, \dots, n-1$ , wurden aus Kombinationen  $k_j$ ,

$$k_j = k(m_{\text{erf.}})_j = \bigwedge_{s=0}^{m_{\text{erf.}}-1} \left[ \sigma_j(z_s) \right], \quad j \in \{d\ddot{A}\} = 0, 1, 2, \dots, 27, \quad (46)$$

$\{d\ddot{A}\}$  - Menge dezimaler Äquivalente

unter Beachtung der auch für andere Variablen in Schaltgleichungen allgemein gültigen Definition

$$\begin{bmatrix} \sigma(z_s) \\ z_s \end{bmatrix} = \begin{cases} \bar{z}_s & \text{für } \sigma(z) = L \\ z_s & \text{für } \sigma(z) = H \end{cases}, \quad \sigma(z) = \{L, H\}, \quad (47)$$

gewonnen und in Vermittlung durch einen Karnaugh-Plan im Gray-Kode, wie nachfolgend angegeben, geordnet und zur Abbildung der Menge aller Schaltzustände benutzt.

$z_4 z_3$

H L	16	17	19	18	22	23	21	20	*)
H H	24	25	27	26	30	31	29	28	
L H	8	9	11	10	14	15	13	12	
L L	0	1	3	2	6	7	5	4	
	L	L	L	L	H	H	H	H	$z_2$
	L	L	H	H	H	H	L	L	$z_1$
	L	H	H	L	L	H	H	L	$z_0$

\*) Das zu diesem Zustand gehörende dezimale Äquivalent wurde als  $d\ddot{A}=23$  kodiert.

————— Kodierung der Zustandsfolge für das Hauptprogramm HP  
 - - - - - Kodierung der Zustandsfolge für das Vorprogramm VP  
 Die Zustände des Nebenprogramms NP wurden gesondert entworfen.

Tabelle 2:

Bezeichnung der Zustandsgröße im Vor- und Hauptprogramm	dezimales Äquivalent j der Kombination $k(m_{\text{erf.}})_j$	duale Zustandskodierung (48) $Z_s = (z_4, z_3, z_2, z_1, z_0) \in Z_p$
$Z_{19}$	26	$\left. \begin{matrix} H & H & L & H & L \\ L & H & L & H & L \\ L & H & H & H & L \\ L & L & H & H & L \end{matrix} \right\} \text{VP}$
$Z_{20}$	10	
$Z_{21}$	14	
$Z_{22}$	6	

Fortsetzung Tabelle 2:

Bezeichnung der Zustandsgröße im Vor- und Hauptprogramm	dezimales Äquivalent j der Kombination k ( $m_{\text{erf.}}$ ) <sub>j</sub>	duale Zustandskodierung $Z_S = (z_4, z_3, z_2, z_1, z_0) \in Z_p$ (48)
Z <sub>0</sub>	2	L L L H L
Z <sub>1</sub>	3	L L L H H
Z <sub>2</sub>	1	L L L L H
Z <sub>7</sub>	0	L L L L L
Z <sub>8</sub>	8	L H L L L
Z <sub>9</sub>	9	L H L L H
Z <sub>10</sub>	11	L H L H H
Z <sub>11</sub>	27	H H L H H
Z <sub>12</sub>	25	H H L L H
Z <sub>13</sub>	24	H H L L L
Z <sub>14</sub>	16	H L L L L
Z <sub>15</sub>	17	H L L L H
Z <sub>16</sub>	19	H L L H H
Z <sub>17</sub>	18	H L L H L
Z <sub>23</sub>	22	H L H H L

Das Nebenprogramm NP stellt eine teilweise zum Hauptprogramm HP parallel ablaufende Taktkette dar. Die Zustände  $Z_{18} \in \text{HP}$  und  $Z_6 \in \text{NP}$  werden von den Programmen initiiert und von Signalverzögerungsmodulen  $\text{SVM}_{ZV}$  realisiert.

Die Bildung der Menge der Schaltungszustände für das Nebenprogramm NP erfolgt analog zu denen der anderen Programme. Die Zustände  $Z_3, Z_4, Z_5$  und Stop lassen sich mittels zweier RS-Trigger, hier mit  $\text{Tr}_8$  und  $\text{Tr}_9$  bezeichnet, denen Ausgangsgrößen  $z_8, \bar{z}_8$  bzw.  $z_9, \bar{z}_9$  zugeordnet sind, erzeugen. Über Entwurfsgrundlagen gibt die folgende Übersicht Auskunft:

Tabelle 3:

Bezeichnung der Zustandsgröße im NP	dezimales Äquivalent j der Kombination k (2) <sub>j</sub>	duale Zustandskodierung $z_8 \quad z_9$
Z <sub>3</sub>	0	L L
Z <sub>4</sub>	1	L H
Z <sub>5</sub>	3	H H
Stop (Z <sub>6</sub> )	2	H L

## 2.2. Triggeransteuerfunktion

### 2.2.1. Anmerkungen

Die Triggeransteuerfunktionen TAF umfassen unter Einbeziehung der Trigger für alle Programme PROG (vergl. Gleichung (37)) Setzfunktionen S und Rücksetzfunktionen R,

$$\text{TAF} = \{S_S, R_S/s = 4, 3, 2, 1, 0, 8, 9\}. \quad (49)$$

Alle Triggeransteuerfunktionen TAF ergeben sich auf systematischem Wege aus dem Steuerungsablaufplan STAP in Verbindung mit den unter Pkt. 2. 1. 3. dargestellten dualen Zustands-

kodierungen, Tabelle 2 und 3, jedoch unter Einbeziehung gewisser auf intuitivem Wege ermittelter schaltalgebraisch beschriebener Verriegelungsbedingungen VB (vergl. Gl. (7)).

So resultieren beispielsweise alle Setzfunktionen  $S$  zunächst aus Bedingungen des von der Steuerung durch entsprechende Zustandsbelegung  $\mathcal{G}(Z_p)$  bereits realisierten vorherigen Zustandes und einer oder mehreren vom gesteuerten Prozeß gemeldeten Prozeßgrößenbelegungen  $\mathcal{G}(X)$  gemäß der in Gleichung (10) implizit enthaltenen Zustandsüberföhrungsfunktion

$$\mathcal{G}(Z_p) := f^*_{\mathcal{M}}(\mathcal{G}(Z_p), \mathcal{G}(X)) \quad (50)$$

$$f^* \quad \text{vergl. Gl. (14)}$$

$$\mathcal{M} \longrightarrow \{Z_p/p = \text{nat. Zahl}\},$$

Funktionsoperator für die Bildung der Menge der Zustände  $Z_p \in Z$ .

Demgemäß muß beispielsweise der Trigger  $Tr_4 \in Tr$  mit der Setzfunktion  $S_4 \in TAF$  angesteuert werden, wenn die Steuerung den Übergang vom Zustand  $Z_{10}$  nach Zustand  $Z_{11}$  vollzieht, wozu die Triggerausgangsgröße  $z_4$  den Belegungswechsel  $\mathcal{G}(z_4) = \{H:=L\}$  erföhrt.

Die Rücksetzung des Triggers  $Tr_4 \in Tr$  erfolgt durch dessen Ansteuerung mit der Rücksetzungsfunktion  $R_4 \in TAF$ , wenn die Aufeinanderfolge der Zustände  $Z_p \in Z$  den Belegungswechsel

$\mathcal{G}(z_4) = \{L:=H\}$  verlangt, was im Übergang von Zustand  $Z_{19}$  zu Zustand  $Z_{20}$  erforderlich ist.

Durch die erwähnte Zustandskodierung im Gray-Kode wurde dafür gesorgt, daß beim Übergang der Steuerung von einem zum jeweils folgenden Zustand in der Regel nur ein einziger Trigger  $Tr_s \in Tr$  geschaltet werden muß, wodurch Hasards vermieden werden. Ausnahmen davon sind beim Zuschalten der Betriebsspannung,  $\mathcal{G}(x_{37}) = H$ , oder beim Ansprechen des Verriegelungsschutzes

- Steuerung wird durch Ansteuerung aller Trigger in den Zustand  $Z_{19}$  bzw. Stop gesetzt -

beim Vorliegen der Signalbelegung  $\mathcal{G}(x_{39s}) = H$  (Zwischendrehzahl Ein eingestellt und abgespeichert)

- Steuerung wird vermittels aller Trigger in den Zustand  $Z_{23}$  bzw. Stop gesetzt -

im Falle der Signalbelegung  $\mathcal{G}(x_{16s}) = H$  (Unwucht-Pendelüberwachung angesprochen und abgespeichert)

- Steuerung wird in den Zustand  $Z_0$  bzw. in den Zustand  $Z_3$  gesetzt -

und bei der Signalbelegung  $\mathcal{G}(x_{38}) = H$  (es wurde in ein anderes technologisches Programm aus P umgeschaltet)

- Steuerung wird in den Zustand  $Z_{20}$  bzw. in den Zustand  $Z_3$  gesetzt -

vorgesehen.

Die Triggeransteuerungsfunktionen sind aus realisierungstechnischen Gründen durch Zusammenfassung von Eingangs- und Zustandsgrößen zu Hilfsgrößen modifiziert worden. Dieser Sachverhalt ist nachfolgenden Darstellungen zu entnehmen. Es sei ferner darauf hingewiesen, daß die Triggerausgangsgrößen  $Z_g, \bar{Z}_g$ , bei Einstellung eines neuen Zustands durch die zugehörige Triggeransteuerfunktion TAF nicht von den vorherigen Triggerausgangsgrößen belegungsmäßig abhängen. Aus diesem Grunde wurden die jeweils triggereigenen Ausgangsgrößen in den Triggeransteuerfunktionen TAF als redundante Größen weggelassen.

### 2.2.2. Zusammenstellung der Triggeransteuerfunktionen

$$S_4 = z_3 \bar{z}_2 z_1 z_0 x_8 \vee x_{37} \vee y_{11} \vee x_{39s} \quad (51)$$

$$R_4 = z_3 \bar{z}_2 z_1 \bar{z}_0 x_{27} \vee \bar{z}_3 \bar{z}_2 z_1 \bar{z}_0 x_{17} \vee x_{16s} \vee x_{38} \quad (52)$$

⋮  
⋮  
⋮

$$S_9 = \bar{z}_8 x_{20} \quad (63)$$

$$R_9 = z_8 x_7 \vee y_{11} \vee x_{16s} \vee x_{37} \vee x_{38} \vee x_{39s} \quad (64)$$

Unter Zuhilfenahme von kombinatorischen Hilfsgrößen, die wegen häufigen Auftretens in der Schaltung in folgender Form gebildet und in einigen Beispielen angegeben werden sollen, entstehen schließlich die weiterzuverwendenden modifizierten Triggeransteuerfunktionen.

Modifizierte Triggeransteuerfunktionen:

$$S_4 = c_2 a_3 x_8 \vee x_{37} \vee y_{11} \vee x_{39s} \quad (51^*)$$

$$R_4 = c_2 a_2 x_{27} \vee c_0 a_2 x_{17} \vee x_{16s} \vee x_{38} \quad (52^*)$$

⋮  
⋮  
⋮

$S_9$  wurde nicht modifiziert, siehe Gl. (63)

$$R_9 = z_8 x_7 \vee h_1 \vee x_{39s} \vee x_{37} \quad (64^*)$$

Kombinatorische Hilfsgrößen (Beispiele):

$$a_0 = \bar{z}_1 \bar{z}_0 \quad (65)$$

$$a_2 = z_1 \bar{z}_0 \quad (66)$$

$$a_3 = z_1 z_0 \quad (67)$$

⋮  
⋮  
⋮

$$k_0 = \bar{z}_1 d_1 \quad (99)$$

$$k_1 = \bar{z}_1 d_0 \quad (100)$$

Die unter Einbeziehung der Hilfsgrößen gebildeten modifizierten Triggeransteuerfunktionen TAF wurden durch geeignete Strukturänderung den Erfordernissen der MOS-Schaltkreissysteme angepaßt.

### 2.3. Ausgabefunktionen AF

#### 2.3.1. Anmerkung zur Bildung der Ausgabefunktionen AF

Die Menge der Ausgabefunktionen AF ist wie die der Zustandsüberföhrungsfunktionen aus Gleichung (10) ableitbar. Es ergibt sich unter Bezugnahme auf Belegungen  $\mathcal{G}(\ )$  die Relation

$$AF \rightarrow \mathcal{G}(Y) = g(\mathcal{G}(Z_p) \mathcal{G}(X_{F^*}) / Z_p \in Z, X_{F^*} \subset X) \quad (101)$$

Der systematische Schaltungsentwurf zeigt jedoch, daß die Menge der Ausgabefunktionen AF nicht von der Menge der Eingangsgrößenbelegungen  $\mathcal{G}(X_{F^*})$ , also auch nicht von der Menge der Eingangsgrößen  $X_{F^*} \subset X$  abhängt (vergl. Gl. (11) und Automatenstruktur  $\Sigma A$ ).

Die Gleichung (101) reduziert sich demgemäß auf die Form

$$\bar{G}(Y) = g (\bar{G}(Z_p) / Z_p \in Z). \quad (102)$$

Die aus der angegebenen Automatenstruktur  $\Sigma A$  außerdem hervorgehende Menge der Eingangsgrößen  $X_g \subset X$  folgt im wesentlichen aus der Berücksichtigung der technologischen Programmelemente  $\{HoM, HmM\} \subset P$  (vergl. Gl. (1)) und aus bestimmten Verriegelungsbedingungen  $vb_u \subset VB$  (Vergl. Gl. (7)) und wurde im Anschluß an den systematischen Entwurf hauptsächlich unter Nutzung bis dahin nicht belegter Gattereingänge der verwendeten integrierten MOS-Schaltkreise intuitiv dem Operator  $g$  als zusätzliche Menge von Eingangsgrößen zugefügt.

Die Ausgabefunktionen  $AF$  wurden unter dem Aspekt ihrer effektiveren Realisierbarkeit durch Einbeziehung gebildeter Hilfsgrößen modifiziert und schließlich durch Strukturänderung dem verwendeten Schaltkreissystem angepaßt, zuvor jedoch schaltalgebraisch gekürzt.

### 2.3.2. Ergebnistabelle und Zusammenstellung der Ausgabefunktionen

Zusammenstellung der aus der Ergebnistabelle ablesbaren Ausgabefunktionen  $AF$  (siehe S. 26):

$$y_0 = z_0 \vee z_1 \vee z_{16} \vee z_{17} \quad (103)$$

$$y_1 = z_1 \quad \cdot$$

$$y_{20} = z_7 \vee z_8 \vee z_9 \quad (121)$$

$$y_{21} = y_{23} \quad (122)$$

$$y_{22} \text{ intuitiv realisiert}$$

Die vor der Kürzung nach Karnaugh erfolgte Zustandskodierung der Ausgabefunktionen  $AF$  geschah gemäß unter Pkt. 2. 1. 3. angegebener dualer Zustandskodierung  $Z_s \in Z_p$ .

Zustandskodierte und nach Karnaugh gekürzte Ausgabefunktionen  $AF$ :

$$y_0 = \bar{z}_3 \bar{z}_2 z_1 \quad (123)$$

$$y_1 = \bar{z}_4 \bar{z}_3 \bar{z}_2 z_1 z_0 \quad (124)$$

$$y_{20} = z_4 z_3 \bar{z}_2 \bar{z}_1 \vee \bar{z}_4 \bar{z}_2 \bar{z}_1 z_0 \quad (141)$$

$$y_{21} = z_4 \bar{z}_3 z_2 z_1 \bar{z}_0 \quad (142)$$

$$y_{22} \text{ (intuitiv realisiert)}$$

Schließlich ergeben sich unter Verwendung von kombinatorischen Hilfsgrößen (genannt unter Punkt 2. 2. 2.) modifizierte Ausgabefunktionen  $AF$ :

$$y_0 = c_0 z_1 \quad (143)$$

$$y_1 = \varepsilon_0 z_0 \quad (144)$$

$$y_{20} = \xi_9 \vee \xi_2 \vee \xi_{10} z_2 \quad (158)$$

$$y_{21} = b_2^a z_2 \quad (159)$$

$$y_{22} = \text{(intuitiv realisiert)}$$



Durch Einbeziehung von technologisch notwendigen Verriegelungsbedingungen VB entstehen letztendlich die komplettierten modifizierten Ausgabefunktionen AF (vergl. dazu Gl. (7)):

$$Y_0 = c_0 z_1 e_1 \vee vb_3 \vee vb_1 \quad (160)$$

$$Y_1 = g_0 z_0 x_1 \vee vb_4 \quad (161)$$

·  
·  
·

Die hier gebildeten Ausgabefunktionen AF wurden durch geeignete Strukturänderung den Erfordernissen des MOS-Schaltkreissystems angepaßt.

#### 2.4. LED-Ansteuerfunktionen

Die unter Punkt 2. 1. 1. erläuterte Darstellung der Menge der Zustände

$$Z_H, Z_N \subset Z$$

wird elementweise auf LEDs abgebildet (Bild 2). Nachfolgend sind die zugehörigen LED-Ansteuerfunktionen angegeben.

Das Symbol der LED-Ansteuerfunktion enthält synonym sowohl die Lampenbezeichnung  $La_i$ ,  $i = \text{nat. Zahl}$ , (LED-Bezeichnung)

als auch die Zustandsbezeichnung  $Z_p$ ,  $p = \text{nat. Zahl}$ . Unter dieser Voraussetzung gelten folgende Gleichungen:

$$La_0 = Z_0 = g_0 \bar{z}_0 \quad (196)$$

$$La_1 = Z_1 = Y_1 \quad (197)$$

·  
·  
·

#### 2.5. Signalverzögerungsmodule SVM

##### 2.5.1. Beschreibung der technischen Lösung

Die technische Lösung besteht aus 11 Baugruppen BG. Dabei gelten die Relationen

$$BG = \{ZB1, ZS9-1,2, \{ZS99\}, ZS360\} \quad (216)$$

und unter Hinweis auf die Gleichungen (16) ... 19),

$$\{ZS 9-1,2\} \longrightarrow \{svm_i / i = 1,2\} \quad (217)$$

$$\{ZS99\} \longleftrightarrow \{svm_k / k = 1,2,3,\dots,8\} \quad (218)$$

$$\{ZS360\} \longleftrightarrow \{svm\} \quad (219)$$

BG - Menge der Baugruppen

ZB - Zeitbasisschaltung Typ 1

ZS - Zeitstufe mit max. Zeitverzögerung

Alle Zeitstufen ZS sind demnach Elemente aller Baugruppen BG und enthalten einen oder mehrere Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$ . Die einzelnen Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  arbeiten unabhängig voneinander und erhalten ihr sekundliches Zeitnormal in Form des Taktsignals  $Tas$  von der speziellen Baugruppe Zeitbasisschaltung ZB1. Prinzipiell gliedert sich jeder Signalverzögerungsmodul  $SVM_{ZV}$  in einzelne Teilschaltungen:

$$SVM_{ZV} = \{(DZS, \text{ÄQS}, \text{AWS})\}$$

DZS - Dezimalzählerschaltung (im BCD-Kode)

ÄQS - Äquivalenzschaltung

AWS - Auswerteschaltung

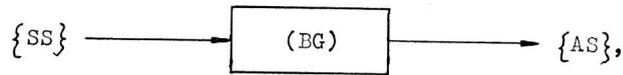
Eine funktionelle Beschreibung der genannten Teilschaltungen erfolgt im Zusammenhang mit der der Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$ .

Belegungen und Bedeutung der Steuersignale SS für die Arbeit der Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  lassen sich unabhängig von der detaillierten Darstellung der jeweiligen Schaltung angeben (vergl. Tabelle 4).

Tabelle 4:

Steuersignale SS	Signalbelegung $\sigma(SS) = \{\text{Low}, \text{High}\}$	Bedeutung
Ps	$\sigma_{ZV}(a_0, a_1, a_2, a_3) = \{\sigma(a_0), \sigma(a_1), \sigma(a_2), \sigma(a_3)\}$	Bereitstellung (je nach gewünschter Zeitverzögerung ZV) binärer Ziffernsignale je Dezimalstelle im BCD-Kode für die Voreinstellung des jeweiligen Signalverzögerungsmoduls $SVM_{ZV}$ .
Ss	Low	Signalverzögerungsmodul $SVM_{ZV}$ aktiviert, Beginn der Realisierung der Zeitverzögerung ZV, siehe Gleichung (20). Im Fall $ZV = \{t_E\}$ folgt $\sigma(SVM_{ZV}) = H \xrightarrow{t_E} L$ . Im Fall $ZV = \{t_D\}$ folgt $\sigma(SMV_{ZV}) = L \xrightarrow{t_D} H$ vergl. Gleichung (9).
Rs	Low	Dezimalzählerschaltung im BC-Kode DZS und Auswerteschaltung AWS werden <u>statisch</u> zurückgesetzt: $\{a_i/i = 0, 1, 2, 3\} \rightarrow \{\text{High}\}$ $\sigma(SVM_{ZV}) = \text{Low}$
Tos	Low	Signalverzögerungsmodul $SVM_{ZV}$ frei
Tos	High	Signalverzögerungsmodul $SVM_{ZV}$ gesperrt $\sigma(SVM_{ZV}) = \text{High}$
Tas	High/Low	wirksame Flanke des sekundlichen Zeitnormals
Zs	Low	Taktsignal Tas in Teilschaltung DZS gesperrt.
Zs	High	Taktsignal Tas in Teilschaltung DZS wirksam.

Die technische Lösung beinhaltet seinem Wesen nach ein Lösungsmodell der Form



mit

- {SS} - Menge aller Mengen von Steuersignalen
- (BG) - geordnete Menge aller Baugruppen
- {AS} - Menge aller Mengen von Ausgabesignalen.

## 2.5.2. Beschreibung der Baugruppen

### 2.5.2.1. Beschreibung Zeitbasisschaltung ZB1

Es ist Aufgabe der Baugruppe Zeitbasisschaltung  $ZB1 \in BG$ , zur Ansteuerung aller Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  ein sekundliches Zeitnormal in Form des Taktsignals  $Tas \in SS$  zu bilden. Zu diesem Zweck besteht die Baugruppe ZB1 aus Teilschaltungen:

$$ZB1 = \{(QMS, TVS, FTS)\} \quad (221)$$

QMS - quarzgesteuerte Multivibratorschaltung  
 TVS - Triggerimpulsverstärkerschaltung  
 FTS - Frequenzteilerschaltung.

Die quarzgesteuerte Multivibratorschaltung QMS benutzt im wesentlichen einen aus zwei NOR-Gattern aufgebauten astabilen Multivibrator, in dessen Rückkopplungsweg aus einem Schwingquarz 100 kHz und einander parallelen Kondensatoren sich zusammensetzende frequenzbestimmende Bauelemente liegen. Zum Justieren der Schwingfrequenz der Multivibratorschaltung ist die von den zueinander parallelen Kondensatoren gebildete Kapazität in engen Grenzen trimmbar. Die Sollschwingfrequenz der die Teilschaltung QMS verlassenden Triggerimpulse beträgt 100 kHz. Letztere sind Eingangsgröße der nachgeschalteten Triggerimpulsverstärkerschaltung TVS, deren eigentliche Hauptaufgabe in der Entkopplung der quarzgesteuerten Multivibratorschaltung QMS von der Frequenzteilerschaltung FTS besteht (vergl. dazu rfe 25 (1976) H. 8, S. 249). Die Entkopplung bewirkt eine MOS-Transistorstufe in Source-Schaltung.

Die ausgangs der Baugruppe Zeitbasisschaltung ZB1 angeordnete und bereits erwähnte Frequenzteilerschaltung FTS beinhaltet einen integrierten  $10^7$ -Teiler mit Bitmuster BM 002 vom Typ U 111 D (vergl. dazu rfe 25 (1976) H. 8, S. 248), welcher die aus Teilerausgang 5 hervortretende auf den  $10^5$ ten Teil heruntergestellte 100-kHz-Triggerimpulsfrequenz aus Gründen der Gewährleistung eines hinreichend großen Ausgangslastfaktors der Frequenzteilerschaltung FTS zwei am Eingang zueinander parallel geschalteten NOR-Gattern zuführt. Als deren Ausgangssignal erscheint jedesmal das Taktsignal  $Tas \in SS$  von der Frequenz 1 Hz.

### 2.5.2.2. Beschreibung der Baugruppe ZS 360

Die Baugruppe ZS 360  $\in BG$  enthält gemäß der Gleichungen (219), (19) und (16) nur einen Signalverzögerungsmodul  $SVM_{0 \dots 360 s} \in SVM_{ZV}$ . Die Zeitverzögerung des Signalverzögerungsmoduls  $SVM_{0 \dots 360 s}$  ist aufgabengemäß gefordert und technologisch notwendig. Sie läßt sich jedoch darüber hinaus bis zu 999 s einstellen.

Es ist Aufgabe des Signalverzögerungsmoduls  $SVM_{0 \dots 360 s}$ , unter Verarbeitung des Taktsignals  $TAS \in SS$  eine in Gleichung (22) definierte Menge von Ausgabesignalen AS für deren Weiterverwendung zu Prozeßsteuerzwecken bereitzustellen.

Der Signalverzögerungsmodul  $SVM_{0 \dots 360 s}$  umfaßt mehrere Teilschaltungen:

$$\text{SVM}_0 \dots 360 \text{ s} = \{\text{DZS}, \text{ÄQS}, \text{AWS}\} \quad (222)$$

DZS - Dezimal-Zählerschaltung

ÄQS - Äquivalenzschaltung

AWS - Auswerteschaltung

Die Dezimal-Zählerschaltung DZS besteht aus integrierten Schaltkreisen  $\text{IS}_j$  vom Typ U 121 D und aus einem differenzierenden Impulsgatter DIG, welches aus zwei Widerständen, einem Kondensator und einer Diode - letztere zur Abblockung positiver Spannungsspitzen - aufgebaut ist:

$$\text{DZS} = \{(\text{IS}_j), \text{DIG}/j = 1, 2, 3\} \quad (223)$$

IS - integrierter Schaltkreis

j - Nr. der Dezimalstelle der Dezimal-Zählerschaltung DZS

DIG - differenzierendes Impulsgatter

Die integrierten Schaltkreise  $(\text{IS}_j)$ ,  $j = 1, 2, 3$ , bilden insgesamt einen dreistelligen Dezimalzähler, welcher während der Betriebszeit ständig vom Taktsignal  $\text{Tas} \in \text{SS}$  in der Betriebsart "vorwärts-zählen" mit der Taktsignalflanke  $\zeta(\text{Tas}) = \text{H/L}$  am Zählereingang  $\text{C}(\text{IS}_1)$  getriggert wird, während an den Schaltkreisausgängen  $\text{a}_{\text{ü}}(\text{IS}_1)$  und  $\text{a}_{\text{ü}}(\text{IS}_2)$  gebildete Übertragungssignale zu gleichem Zweck den Zähleingängen  $\text{c}_{\text{p}}(\text{IS}_2)$  bzw.  $\text{c}_{\text{p}}(\text{IS}_3)$  zugeführt werden. Dem dreistelligen Dezimalzähler angehörende Ausgangssignale liegen für jede Dezimalstelle  $j$ ,  $j = 1, 2, 3$ , im BCD-Kode an den Schaltkreisausgängen  $\text{a}_{10}(\text{IS}_j)$ ,  $\text{a}_9(\text{IS}_j)$ ,  $\text{a}_8(\text{IS}_j)$  und  $\text{a}_0(\text{IS}_j)$  bei Gültigkeit der Relationen

$$\zeta(\text{a}_{10}(\text{IS}_j)) \longleftrightarrow \text{BCD-Kode-Stellenwert } 2^0 \longrightarrow \{\text{H}, \text{L}\} \quad (224)$$

$$\zeta(\text{a}_9(\text{IS}_j)) \longleftrightarrow \text{BCD-Kode-Stellenwert } 2^1 \longrightarrow \{\text{H}, \text{L}\} \quad (225)$$

$$\zeta(\text{a}_8(\text{IS}_j)) \longleftrightarrow \text{BCD-Kode-Stellenwert } 2^2 \longrightarrow \{\text{H}, \text{L}\} \quad (226)$$

$$\zeta(\text{a}_0(\text{IS}_j)) / \zeta(\text{ST}) = \text{L} \longleftrightarrow \text{BCD-Kode-Stellenwert } 2^3 \longrightarrow \{\text{H}, \text{L}\} \quad (227)$$

an.

Das differenzierende Impulsgatter DIG wird eingangs mit einem üblicherweise statisch anstehenden Startsignal  $\text{Ss} \in \text{SS}$  beaufschlagt und bildet ausgangsseitig ein impulsförmiges Rücksetzsignal  $\text{Rs} \in \text{SS}$ , womit der dreistellige Dezimalzähler an allen Ausgängen der integrierten Schaltkreise  $\text{a}_{10}(\text{IS}_j)$ ,  $\text{a}_9(\text{IS}_j)$ ,  $\text{a}_8(\text{IS}_j)$  und  $\text{a}_0(\text{IS}_j)$ ,  $j = 1, 2, 3$ , auf High rückgesetzt wird, um sogleich wieder den Zählvorgang fortzusetzen.

Die der Dezimal-Zählerschaltung DZS nachgeordnete Äquivalenzschaltung ÄQS umfaßt ausschließlich integrierte Schaltkreise  $\text{IS}_i$ ,  $i = 4, 5, 6, \dots, 9$ , vom Typ U 104 D, deren Äquivalenzgatter dazu dienen, die aus der Dezimal-Zählerschaltung DZS hervorgehenden fortlaufend maximal mit der Zählfrequenz 1 Hz wechselnden Ausgangssignale mit einem per Ziffernschalter extern eingestellten konstanten Programmiersignal  $\text{Ps} \in \text{SS}$  stellenweise bezüglich der Signalbelegungen  $\zeta$  zu vergleichen.

Im Falle der Erfüllung der Relation

$$\{(\zeta(\text{a}_{10}(\text{IS}_j)), \zeta(\text{a}_9(\text{IS}_j)), \zeta(\text{a}_0(\text{IS}_j)) / \zeta(\text{ST}) = \text{L}, \zeta(\text{a}_8(\text{IS}_j))) / j = 1, 2, 3\} \longleftrightarrow \\ \{(\zeta(\text{a}_0), \zeta(\text{a}_1), \zeta(\text{a}_3), \zeta(\text{a}_2)) / j = 1, 2, 3\} \quad \text{a}_0 \in \text{Ps} \quad (228)$$

(vergl. Gleichung (24))

geht aus jedem Äquivalenzgatter je ein mit Low belegtes Signal hervor.

Die Auswerteschaltung AWS umfaßt eine aus integrierten Schaltkreisen  $\text{IS}_i / i = 10, 11, 12$ , vom Typ U 107 D bestehende reine Torungsschaltung TS, einen integrierten Triggerschaltkreis vom Typ U 103 D und ein differenzierendes Impulsgatter DIG, realisiert aus zwei Widerstän-

den, einem Kondensator und einer Diode.

Die Torungsschaltung TS faßt alle die Äquivalenzschaltung ÄQS verlassenden und die Gleichung (228) erfüllenden Signale paarweise zusammen und bildet sie für die Dauer eines Zähltaktes der Dezimal-Zählerschaltung DZS auf ein Triggerschaltkreis-Setzsignal ab. Letztendlich wird von dem Signalverzögerungsmodul  $SVM_0 \dots 360 \text{ s}$  unter Beachtung der Gleichungen (20) und (228) insgesamt die Relation

$$\{\zeta(a_0), \zeta(a_1), \zeta(a_3), \zeta(a_2)\}_{j/j = 1, 2, 3} \longrightarrow \{t_E, t_D\} = ZV \quad (229)$$

verwirklicht.

Der erwähnte Triggerschaltkreis fungiert als extern mit dem Rücksetzsignal  $R_s \in SS$  rückstellbares Latch und realisiert lediglich je nach Nutzung seines nichtinvertierenden oder invertierenden Ausganges die Abbildungen

$$zV \longrightarrow \zeta(SVM_0 \dots 360 \text{ s}) \longleftarrow AS \quad (230)$$

(vergl. Gleichungen (9), (22) und Tabelle 1).

Die bislang bei der Beschreibung der Baugruppe ZS 360 nicht genannten Signale Zählerperrsignal  $Z_s \in SS$  und Torungssignal  $Tos \in SS$  haben für die Arbeitsweise des Signalverzögerungsmoduls  $SVM_0 \dots 360 \text{ s}$  keine Bedeutung, außer daß beide durch die Belegung  $\zeta(Z_s) = H$  und  $\zeta(Tos) = H$  an den Eingängen  $CD(IS_j)$ ,  $j = 1, 2, 3$ , der integrierten Schaltkreise des dreistelligen Dezimalzählers bzw. am sonst unbelegten Eingang eines der integrierten Schaltkreise der Auswerteschaltung AWS notwendige statische Bedingungen erfüllen. Für Fehlersuch- und Testzwecke können die Belegungen  $\zeta$  dieser Signale unabhängig voneinander von außen geändert werden und dadurch u. U. willkommene Signalvorgaben erledigen.

### 2.5.2.3. Beschreibung der Baugruppen ZS 99 und ZS 9-1,2

Der Menge der Baugruppen ZS 99 und ZS 9-1,2 sind 8 bzw. 2 Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  zugeordnet, was aus den Gleichungen (216) ... (218) hervorgeht. Darüber hinaus gilt für jeden einzelnen Signalverzögerungsmodul  $SVM_0 \dots 99 \text{ s} \in SVM_{ZV}$  und  $SVM_0 \dots 9 \text{ s} \in SVM_{ZV}$  die Gleichung (220), jedoch in einer analog zur Gleichung (222) spezifizierten Form. Demzufolge unterscheiden sich alle Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  lediglich im Ausmaß ihrer maximalen Zeitverzögerung  $ZV_{\max}$  (vergl. Gleichung (8)) und in konsequenterweise dieser Zeitverzögerungen  $ZV_{\max}$  angepaßten konstruktiven Aufwendungen von dem unter Pkt. 2. 5. 2. 2. beschriebenen Signalverzögerungsmodul  $SVM_0 \dots 360 \text{ s} \in SVM_{ZV}$ . In Struktur und Kopplungsrelationen sind alle Signalverzögerungsmodule  $SVM_{ZV}$  einander ähnlich, wenn auch die Bezeichnung der Strukturelemente entsprechend modifiziert wurde. Zwecks Information über das funktionelle Verhalten der Baugruppen ZS 99 BG und ZS 9-1,2 BG wird auf Pkt. 2. 5. 2. 2. verwiesen.

## 2.6. Ergebnisse der technischen Lösung

Das Blockschaltbild der technischen Lösung einer Zentrifugensteuerung zeigt Bild 4.

Die reale Zentrifugensteuerung wurde entsprechend vorgezeichneter Bearbeitungsfolge entwickelt, gebaut und anschließend dem Auftraggeber zur Erprobung übergeben.

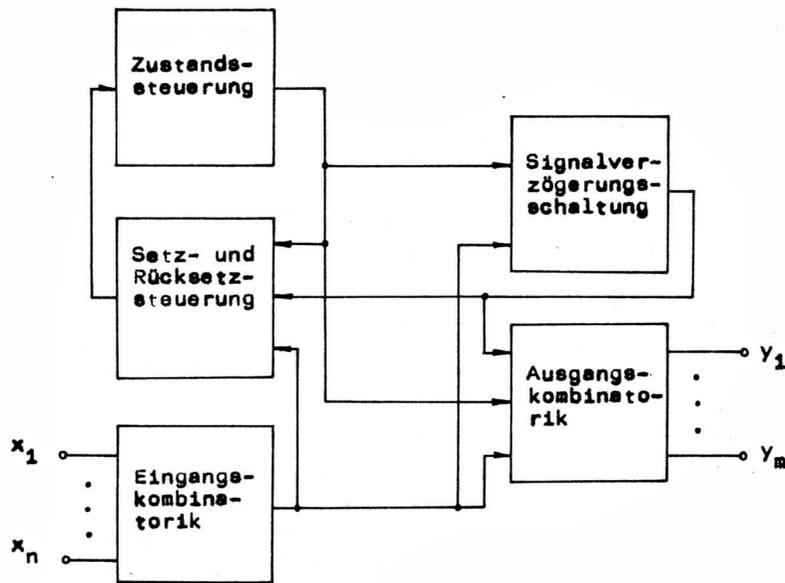


Bild 4: Blockschaltbild Zentrifugensteuerung

### 3. Zusammenfassung

Ausgehend von einer betrieblichen Aufgabenstellung, die von der Beratungs- und Informationsstelle Mikroelektronik bearbeitet und durch eine lösungsgerechte Aufgabenstellung ergänzt wurde, konnte in der beschriebenen Weise und bei angegebener Bearbeitungsfolge die technische Lösung für eine Zentrifugensteuerung zielgerichtet erarbeitet werden.

Für Interessenten an dieser Lösung steht die vollständige Dokumentation an der Ingenieurschule für Elektrotechnik und Maschinenbau Eisleben zur Nachnutzung bzw. Einsicht zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Joachim Schepers

VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin  
im VEB Kombinat Mikroelektronik

Unifizierte Reihe von leistungselektronischen Bauelementen der UdSSR

Im Rahmen der RGW-Organisation "InterELEKTRO" wurde die neue unifizierte Baureihe leistungselektronischer Halbleiterbauelemente in der Arbeitsgruppe 9 im Komplexthema 3.1.19 während des Fünfjahrplanzeitraums 1976 bis 1979 erarbeitet und mit der UdSSR, CSSR und SRR abgestimmt.

Die neuen Bauelemente werden in der Zielstellung bis 1985 eingeführt. Sie lösen die bisher in Produktion befindlichen Bauelemente schrittweise bis 1985/90 ab.

Die auch als zweite Generation von Halbleiterleistungsbauelementen bezeichneten neuen Typen basieren auf der Optimierung der Parameter und Bauarten, der Projektierung mit EDV-Unterstützung und verbesserter Technologie.

Die neuen metallkeramischen Bolzen- und Scheibenbauelemente können nach IEC-Empfehlung 191-2 "Mechanische Abmessungen von Halbleiterbauelementen" gefertigt werden. Zusätzlich sind weitere optimierte Bauelemente in die unifizierte Baureihe aufgenommen worden.

Die neue Baureihe entspricht den RGW-Standards:

- Nr. 1136-78 "Halbleiterleistungsbauelemente, Außen- und Anschlußmaße"  
Nr. 1135-78 "Halbleiterleistungsbauelemente, Allgemeine technische Bedingungen"

Aus der unifizierten Baureihe werden vorgestellt:

Normalthyristoren, schnelle Thyristoren, Lawinenthyristoren, Symistoren (Triacs), schnelle Dioden und Lawinendioden.

Entsprechend RGW-Nomenklatur werden Normalthyristoren als NF-Thyristoren, schnelle Thyristoren (rückwärts sperrend) als HF-Thyristoren, Triacs als NF-Symistoren, Normaldioden als NF-Dioden und schnelle Dioden als HF-Dioden bezeichnet.

Wesentliche Vorteile des neuen leistungselektronischen Standardsortiments der UdSSR sind:

1. Erhöhte Sperrschichttemperaturen  $T_{jmax}$

- Normaldioden: 190 °C für Sperrspannungen  $U_{RRM} \leq 2000$  V  
175 °C für  $U_{RRM} \leq 3000$  V  
150 °C für  $U_{RRM} \geq 3000$  V
- Lawinendioden: 160 °C für Stromstärken  $I_{F(AV)} \leq 80$  A
- Schnelle Thyristoren: 125 °C

2. Erhöhung der Sperrspannung  $U_{RRM}$ 

- Lawinendioden (Bolzengehäuse) = 1500 V
- Schnelle Thyristoren (Bolzengehäuse) = 1200 V
- Normalthyristoren (Bolzengehäuse) = 2000 V
- Triacs = 1200 V

## 3. Entwicklung von Bolzengehäusen für Stromstärken = 25 A mit M5-Bolzen und Schlüsselweite 11 mm.

## 4. Verbesserung der dynamischen Parameter

Stromanstiegsgeschwindigkeit  $di/dt_{krit}$   
 und Spannungsanstiegsgeschwindigkeit  $du/dt_{krit}$  bei schnellen Thyristoren

$$(diT/dt)_{krit} = 800 \text{ A/}\mu\text{s}$$

$$(duD/dt)_{krit} = 1000 \text{ A/}\mu\text{s}$$

## 5. Erschließen höherer Strom-/Spannungsbereiche mit Einzelbauelementen

- Normaldioden: Stromstärke  $I_{F(AV)} = 2000 \text{ A}$   
 Sperrspannung  $U_{RRM} = 4000 \text{ V}$
- Normalthyristoren: Stromstärke  $I_{T(AV)} = 1250 \text{ A}$   
 Sperrspannung  $U_{RRM} = 3000 \text{ V}$
- Schnelle Thyristoren: Stromstärke  $I_{T(AV)} = 800 \text{ A}$   
 Sperrspannung  $U_{RRM} = 1200 \text{ V}$

Einen Überblick über die Grundtypen der unifizierten Reihe, ihre Parameter und die abzulösenden Grundtypen zeigt Abschnitt 1.

Äußeres Kennzeichen der unifizierten Baureihe ist der einheitliche Typschlüssel entsprechend RGW-St 1135-78.

Der Typschlüssel ist für die einzelnen Erzeugnisgruppen im Abschnitt 2 aufgeführt. Die Gehäuseabmaße und die Zuordnung zum Grundtyp enthält Abschnitt 3.

Die dynamischen Parameter und die Spannungsklassen sind entsprechend Abschnitt 4 kodiert. Bestellbeispiele enthält Abschnitt 5.

Auf Basis o. g. Standards ergeben sich nachfolgend angeführte Veränderungen bei einzelnen Gruppen gegenüber den abzulösenden Typen:

## 1. Normalthyristoren

Die Angabe der Freiwerdezeit  $t_q$  und der Stromanstiegsgeschwindigkeit  $(diT/dt)_{krit}$  entfällt.

Im verbindlichen Katalog bzw. in den technischen Lieferbedingungen wird ein Grenzwert garantiert.

## 2. Schnelle Thyristoren

Statt der Stromanstiegsgeschwindigkeit  $(diT/dt)_{krit}$  wird die Zündzeit  $t_{gt}$  angegeben.

## 3. Triacs

Bestellbarer dynamischer Parameter ist die kritische Spannungssteilheit nach der Kommutierung  $(duD/dt)_{com}$ .

Im Zuge der technischen Weiterentwicklung können die angegebenen Grundtypen und Parameter einer Veränderung unterliegen.

Dieser Artikel dient der Information.

Er läßt keine Rückschlüsse auf Liefermöglichkeiten zu.

Anfragen können an den VEB Applikationszentrum Berlin bzw. VEB Mikroelektronik "Karl Liebknecht" Stahnsdorf gerichtet werden.

Basis der Bestellung von Bauelementen sind die geltenden Listen elektronischer Bauelemente des VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin.

## 1. Wesentliche Grundtypen der unifizierten Reihe, ihre wesentlichen Parameter und abzulösende Bauelemente

### 1.1. Unifizierte Baureihe - Normalthyristoren

Grundtyp	Sperrspannung $U_{RRM}/V$ $U_{DRM}$	Durchlaßstrom $I_T(AV)/A$	Stoßstrom $I_{TSM}/kA$	Spannungssteilheit $(duT/dt)_{krit}$ $V/\mu s$	Beispiel für abzulösenden Grundtyp
T. 112-10,16	100-1200	10,16	0,16; 0,22	50-1000	T 10 - 10
T. 222, T 122-20,25	"	20,25	0,33	"	T 10 - 25
T. 232, T 132-40,50	"	40,50	0,82; 0,9	"	T 10 - 50
T. 232, T 132-32,25	1300-2000	32,25	0,36; 0,42	"	T 15 - 32
T. 242, T 142-40,50	"	40,50	0,77; 0,82	"	T 15 - 40
T. 242, T 142-80,63	100-1200	80,63	1,5; 1,3	"	T 15 - 80
T. 252, T 152-80,63	1300-2000	"	1,3; 1,2	"	T 15 - 80
$diT/dt = 100 A/\mu s$ ; $t_q \leq 100 \mu s$					
T. 161-125	300-1600	125	2,75	20-1000	
T. 161-160	"	160	4,5	"	T 15 - 100
T. 171-200	"	200	5,5	"	T 15 - 160
T. 171-250	"	250	6,6	"	T 15 - 200
T. 171-320	"	320	7,7	"	T 15 - 250
$diT/dt = 80 A/\mu s$ ; $t_q = 250 \mu s$					
T. 133-400	400-1600	400	7,7	200-1000	T 2 - 320
T. 143-500	"	500	11,0	"	T 2 - 320
T. 153-630	400-1200	630	15,5	"	T 500
T. 253-800	2000-2400	800	17,5	"	T 2 - 800
T. 253-1000	1000-1800	1000	22,0	"	T 1000
T. 253-1250	400-1200	1250	28,5	"	
$diT/dt = 100 A/\mu s$ ; $t_q = 500 \mu s$					

### 1.2. Unifizierte Baureihe - Lawinenthyrystoren

	$U_{RRM}$	$I_T(AV)/A$ $T_c = 100^\circ C$	$I_{TSM}/kA$ $T_j = 25^\circ C$	$(duT/dt)_{krit}$ $V/\mu s$	$P_{RSM}/kW$ $T_{jm} = 140^\circ C$	$(diT/dt)_{krit}$ $A/\mu s$	abzulösender Grundtyp
TL. 171-250	500-1100	250	7,5	320	40	100	TL 2 - 200
TL. 171-320	"	320	8,2	500 1000	"	"	TL 4 - 250 TL 3 - 320

1.3. Unifizierte Baureihe - Schnelle Thyristoren

	$U_{RRM}/V$ $U_{DRM}$	$I_T(AV)/A$ $T_c=85^\circ C$	$I_{TSM}/kA$ $T_j=25^\circ C$	$(duT/dt)_{krit}$ $V/\mu s$	$t_q/\mu s$	Zündzeit $t_{gt}/\mu s$	$(diT/dt)_{krit}$ $A/\mu s$	abzulösender Grundtyp
TB. 151-50,63	500-1200	50,63	1,1;1,2	$\leq 1000$	16/32	2	400	TTSCH 25,40,50
TB. 161-80,100	"	80,100	2,4;2,7	"	"	"	800	TTSCH 80,100
TB. 171-160	"	160	4,5	"	20/50	"	"	TTSCH 125
TB. 171-200	"	200	5,5	"	"	"	"	TB 2-160,200
TB. 133-200	600-1200	200	6,0 )	200	"	2,0	"	TB 2-200
TB. 133-250	"	250	6,5 )	320	"	"	"	
TB. 143-320	"	320	7,0 )	500	25/50	2,5	"	TB 320
TB. 143-400	"	400	8,0 )	1000	"	"	"	TB 400
TB. 153-630	"	630	12,0 )		32/63	3,2	"	
TB. 153-800	"	800	14,0 )		"	"	"	

1.4. Unifizierte Baureihe - Triacs

	Sperrspannung $U_{DRM}/V$	Effektivwert des Durchlaststromes $T_c=85^\circ C$ $I_{TRMS}/A$	Stoßstrom $T_j=110^\circ C$ $I_{TSM}/A$	Spannungsteilheit $(duD/dt)_{com}$ $V/\mu s$	Zündzeit $t_{gt}/\mu s$	$(diT/dt)_{krit}$ $A/\mu s$	
TS. 112-10,16	100-1200	10,16	90,120	10		50	TS 2-10,16
TS. 122-20,25	"	20,25	150,180	25		"	TS 2-20,25
TS. 132-40,50	"	40,50	300,350	"		63	TS 2-40,50
TS. 142-63,80	"	63,80	500,550	"		"	TS 2-63,80

Fortsetzung Tabelle 1.4.:

	Sperrspannung $U_{DRM}/V$	Effektivwert des Durchlaßstroms $T_c=85^\circ C$ $I_{TRMS}/A$	Stoßstrom $T_j=110^\circ C$ $I_{TSM}/kA$	Spannungssteilheit $(du/dt)_{com}$ $V/\mu s$	Zündzeit $t_{gt}/\mu s$	$(du_T/dt)_{com}$ $A/\mu s$
TS. 161-100	200-1200	$t_c=70^\circ C$ 100	$t_j=125^\circ C$ 1,2	10/50	20	16
-"- 125	"	125	1,42	"	"	"
-"- 160	"	160	1,9	"	"	"
TS. 171-200	"	200	2,14	"	"	"
TS. 171-250	"	250	2,4	"	"	"

1.5. Unifizierte Baureihe - Normaldioden

	Sperrsp. $U_{RRM}/V$	Durchlaßstrom $I_F(AV)/A$ $T_c=150^\circ C$	Stoßstrom $I_{FSM}/A$ $T_j=25^\circ C$	Flussp. $U_{FM}/V$ bei $\pi \cdot I_F(AV)$	Sperrverzugszeit $t_{rr}/\mu s$	abzulösender Grundtyp
D. 112-10,16,25	100-1400	10,16,25	230,270,330	1,35	5,9;6,3;7	W 10-10,16,25
D. 122-32,40	"	32,40	440,550	"	7,1;7,2	W 10-40
D. 132-50,63	"	50,63	1100,1200	"	9,3;9,8	W 10-50,63
D. 132-80	"	80	1320	"	10,2	W 10-80
D. 141-100	300-1600	100	1900	1,45	15	
D. 151-160	"	160	3000	1,35	17	
D. 161-320	"	320	7500	"	25	W 200
D. 171-400	"	400	10500	1,5	"	
D. 133-400	1000-4000	400	7000	2,1	40	
D. 133-500	1000-2800	500	9000	1,7	35	W 500

	Sperrsp. $U_{RRM}/V$	Durchlaß- strom $I_F(AV)/A$ $T_C=125^\circ C$	Stoßstrom $I_{FSM}/A$ $T_j=25^\circ C$	Flußsp. $U_{FM}/V$ bei $\overline{\sigma} \cdot I_F(AV)$	Sperrverzugs- zeit $t_{rr}/\mu s$	abzulösender Grundtyp
D. 133-800	400-1600	800	12000	1,6	25	
D. 143-630	1000-4000	630	10000	2,1	40	
D. 143-800	1800-2800	800	15000	1,7	35	W 800
D. 143-1000	400-1600	1000	18000	1,55	30	
D. 253-1600	400-2000	1600	28000	1,5	30	W 2-1600
D. 143-2000	50,100	2000	25000	1,4		

1.6. Unifizierte Baureihe - Schnelle Dioden

	Sperrsp. $U_{RRM}/V$	Durchlaß- strom $I_F(AV)/A$ $T_C=150^\circ C$	Stoßstrom $I_{FSM}/A$ $T_j=25^\circ C$	Flußsp. $U_{FM}/V$ bei $\overline{\sigma} \cdot I_F(AV)$	Sperrverzugs- zeit $t_{rr}/\mu s$	abzulösender Grundtyp
DTSCH. 151-80,100	500-1200	80,100	2,7;3,0	1,85;1,55	1,6;2,0;2,5	WTSCH 2-160
DTSCH. 161-125,160	"	125,100	5,0;5,5	1,8;1,45	2,0;2,5;3,2	WTSCH 2-200
DTSCH. 171-250,320	"	250,320	8,8;10,0	2,1;1,65	2,5;3,2	WTSCH 3-320

1.7. Unifizierte Baureihe - Lawinendioden

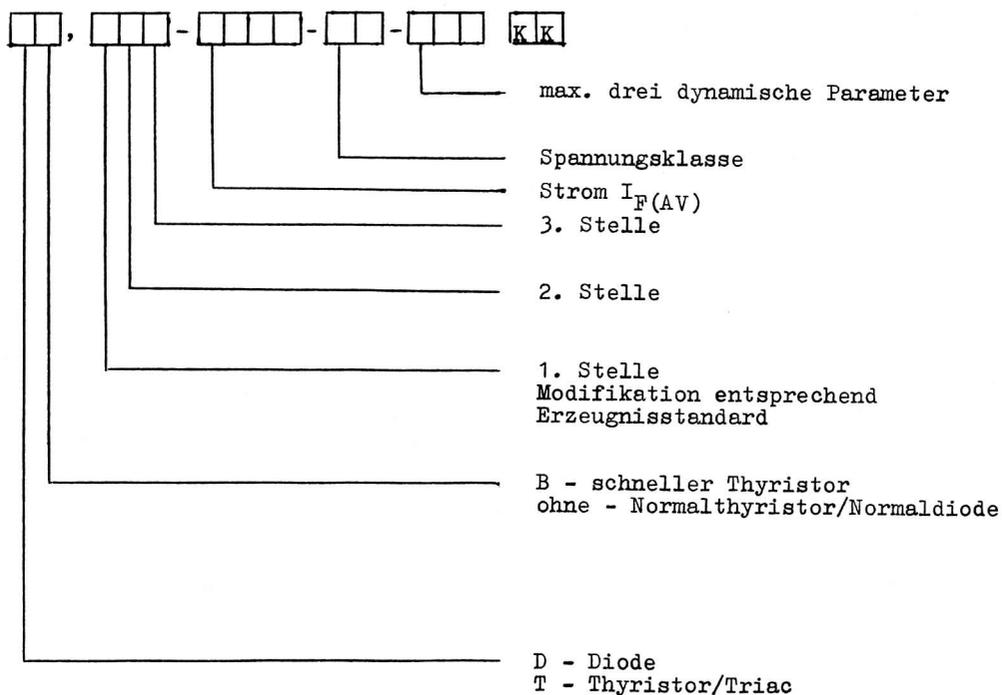
	$U_{RRM}/V$	$I_F(AV)/A$ $T_C=125^\circ C$	$I_{FSM}/A$ $T_j=25^\circ C$	$F_{RSM}/kW$	Flußspannung $U_{FM}/V$ $T_j=25^\circ C, I=3,14 I_F(AV)$	abzulösender Grundtyp
DL. 112-10,16,25	400-1500	10,16,25	230,270,300	1,5	1,35	WL 10-25
DL. 122-32,40	"	32,40	440,550	2,0	"	WL 10-50
DL. 132-50,63,80	"	50,63,80	1100,1200,1320	3,8	"	WL 10-80
DL. 131-50,63,80	"	"	"	"	"	WL 200
DL. 161-200 I	900-1400	200	6000	56	1,45	

Fortsetzung Tabelle 1.7.

	$U_{RRM}/V$	$I_{FAV}/A$ $T_c=125^\circ C$	$I_{FSM}/A$ $T_j=25^\circ C$	$P_{RSM}/kW$	Flußspannung $U_{FM}/V$ $T_j=25^\circ C, I=3,14 I_F(AV)$	abzulösender Grundtyp
DL. 171-320 X	900-1400	320 $T_c=100^\circ C$	8200	56	1,45	WL 320
DL. 123-320	400-1400	320	5,5	56	1,7	WL 320
DL. 133-500	"	500	7,5	"	1,8	

## 2. Typschlüssel der unifizierten Reihe

### 2.1. Allgemeiner Typschlüssel



### 2.2. Thyristoren, Triacs, Dioden im Bolzengehäuse (3. Stelle; -1 Seilanschluß, -2 Anschluß starr)

Thyristoren/Triacs/Dioden		
2. Stelle	Bolzenge- winde	Schlüssel- weite/mm
1	M 5	11
2	M 6	14
3	M 8	17
4	M 10	22
5	M 12	27
6	M 20 x 1,5	32
7	M 24 x 1,5	41

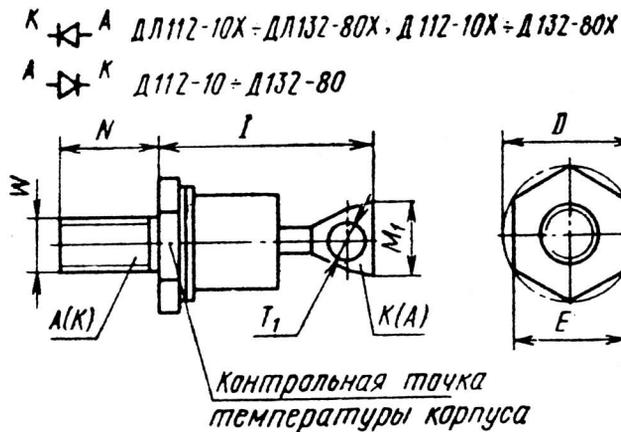
schnelle Thyristoren/Dioden		
2. Stelle	Bolzenge- winde	Schlüssel- weite/mm
1		
2		
3		
4		
5	M 12	27
6	M 16 x 1,5	32
7	M 24 x 1,5	41

### 2.3. Thyristoren, Dioden im Scheibengehäuse (3. Stelle: -3)

2. Stelle	$\phi$ in mm D (Bild 3.3, 3.6, 3.7)	$\phi$ in mm D 1 (Bild 3.3, 3.6, 3.7)
2	40	19
3	52	32
4	50	38
5	73	49

### 3. Gehäuseabmaße und Zuordnung zum Grundtyp

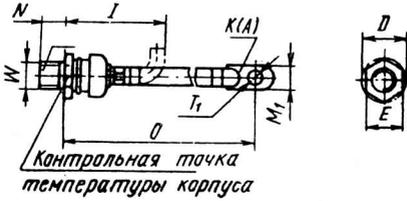
#### 3.1. Bolzendioden mit starrem Anschluß



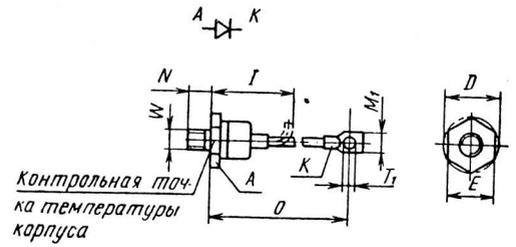
Maße in mm	D 112 - 10	D 122 - 32	D 132 - 50
	D 112 - 16	D 122 - 40	D 132 - 63
D 112 - 25	D 122 - 32 X	D 132 - 80	
D 112 - 10 X	D 122 - 40 X	D 132 - 50 X	
D 112 - 16 X	DL 122 - 32 X	D 132 - 63 X	
D 112 - 25 X	DL 122 - 40 X	D 132 - 80 X	
DL 112 - 10 X		DL 132 - 50 X	
DL 112 - 16 X		DL 132 - 63 X	
DL 112 - 25 X		DL 132 - 80 X	
D	12	15,4	19
E	11	14	17
I	18	26	35
M <sub>1</sub>	4	7,2	10
N	11	12	14
T <sub>1</sub>	2,2	4,3	5,3
W	M 5	M 6	M 8

**3.2. Bolzendioden mit Seilanschluß**

K A DL161-200X - DL171-320X  
 A K DL151-160 - DL171-400



Bauform A

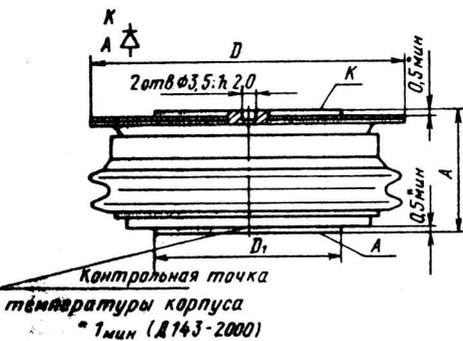


Bauform B

Maße in mm	D 151 - 160*	DL 161 - 200 X* D 161 - 320*	DL 171 - 320 X* D 171 - 400*
		DTSCH 151 - 80 DTSCH 151 - 100	DTSCH 161 - 125 DTSCH 161 - 160
D	∅ 30,5	∅ 35,5	∅ 45,5
E	27	32	41
I	67*; 66 max	82 max	85 max
M <sub>1</sub>	18	20*; 22	24
N	18	15*; 13	19
O	150 ± 15	200 ± 20	250 ± 25
T <sub>1</sub>	∅ 8,4	∅ 10,5	∅ 12,5
W	M 12	M 20 x 1,5*; M 16 x 1,5	M 24 x 1,5

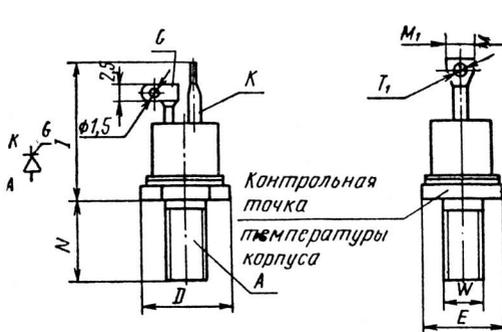
\* ) Bauform A

**3.3. Scheibendioden**

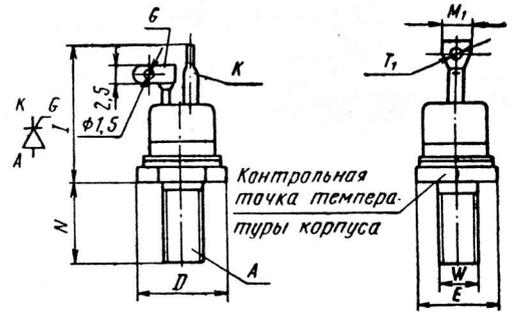


Maße in mm	D 133 - 400 D 133 - 500 D 133 - 800 DL 133 - 500	D 143 - 630 D 143 - 800 D 143 - 1000	D 253 - 1600
	A	22	22
D	∅ 52	∅ 58	73
D <sub>1</sub>	∅ 32	∅ 38	49

### 3.4. Bolzenthristoren und -Triacs mit starrem Anschluß



Bauform A

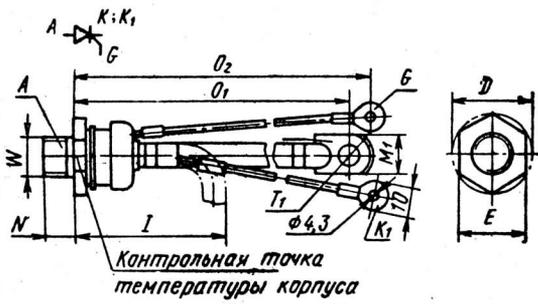


Bauform B

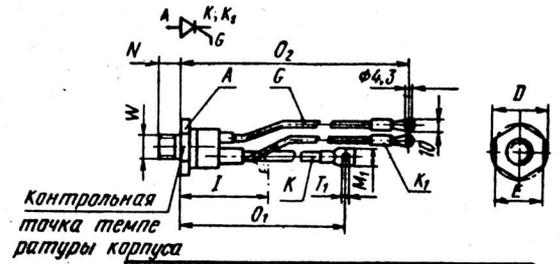
Maße in mm	T 112 - 10	T 122 - 20	T 132 - 16	T 142 - 40	T 152 - 63
	T 112 - 16	T 122* - 25	T 132 - 25	T 142 - 50	T 152* - 80
		T 222*	T 132 - 40	T 142 - 63	T 252*
			T 132 - 50	T 142 - 80	
			T 232*	T 142* - 32	
	TS 112 - 10	TS 122 - 20	TS 132 - 40	T 242*	
	TS 112 - 16	TS 122 - 25	TS 132 - 50	TS 142	
D	∅ 12	∅ 15,4	∅ 19	∅ 25	∅ 30
E	11	14	17	22	27
I	20	30	33	40	41,3
M <sub>1</sub>	3,2	7	6,3	10,4	10,4
N	11	12	14	18	18
T <sub>1</sub>	2,2	4,3	4,3	5,3	5,3
W	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12

\*) Bauform B

### 3.5. Bolzenthristoren und -Triacs mit Seilanschluß



Bauform A

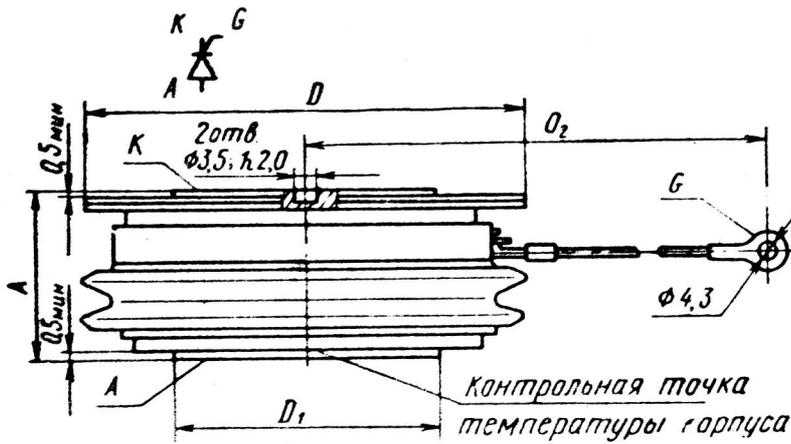


Bauform B

Maße in mm	TB 151 - 50 TB 151 - 63 T 151*	TB 161 - 80 TB 161 - 100 T 161* TS 161*	TB 171 - 160 TB 171 - 200 TL 171 - 250 TL 171 - 320 TS 171* T 171*-
	D	∅ 30,5	∅ 35,5
E	27	32	41
I	66 max	82 max	85 max
M <sub>1</sub>	18	22, 20*	24
N	18	13, 15*	19
O <sub>1</sub>	150 ± 15	200 ± 20	250 ± 25
O <sub>2</sub>	200 ± 20	250 ± 20	300 ± 30
T <sub>1</sub>	∅ 8,4	∅ 10,5	∅ 12,5
W	M 12	M 16 x 1,5; M 20 x 1,5 <sup>†</sup>	M 24 x 1,5

\* ) Bauform B

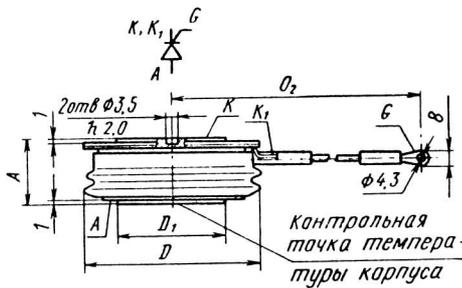
3.6. Scheibenthristoren



Maße in mm	T 123 - 200	T 133 - 920	T 143 - 320	T 153 - 630
	T 123 - 250	T 133 - 400	T 143 - 400	T 153 - 800
	T 123 - 320		T 143 - 500	T 253 - 630
			T 143 - 630	T 253 - 800*
				T 253 - 1000*
				T 253 - 1250*
A	15	21	21	21,27*
D	∅ 40	∅ 52	∅ 58	∅ 73
D <sub>1</sub>	∅ 19	∅ 32	∅ 38	∅ 49
O <sub>2</sub>	275 ± 5	280 ± 5	285 ± 5	290 ± 5

\* ) Bauform B

3.7. Scheibenthristoren, schnell



Maße in mm	TB 133 - 200	TB 143 - 320	TB 153 - 630
	TB 133 - 250	TB 143 - 400	TB 153 - 800
D	∅ 52	∅ 58	∅ 73
D <sub>1</sub>	∅ 32	∅ 38	∅ 49
A	21	21	26
O <sub>2</sub>	280 ±	280 ± 5	290 ± 5



### 5. Bestellbeispiele zur unifizierten Reihe nach Bauelementegruppen

Wird ein Bauelement mit Kühlkörper benötigt, so ist das durch den Zusatz - KK nach den dynamischen Parametern zu kennzeichnen. Wird ein Scheibenbauelement für Parallelschaltung benötigt, so ist das durch den Zusatz -PS zu kennzeichnen.

#### - Normalthyristoren

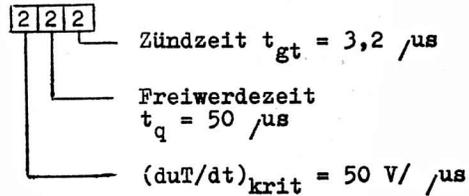
T.152-80-16-4  
T.153-630-16-4-KK-PS

#### Dynamische Parameter

4 - Spannungssteilheit  
 $(duT/dt)_{krit} = 200 \text{ V/ } \mu\text{s}$

#### - Schnelle Thyristoren

TB.151-63-10-222  
TB.153-630-12-222-KK



#### - Lawinenthyrystoren

TL.171-250-10-6

6 - Spannungssteilheit  
 $(duT/dt)_{krit} = 500 \text{ V/ } \mu\text{s}$

#### - Triacs

TS.122-25-10-3

3 - Spannungssteilheit nach  
der Kommutierung  
 $(duD/dt)_{com} = 6,3 \text{ V/ } \mu\text{s}$

#### - Normaldioden

D.132-50-12  
D.143-800-16-KK

#### - Schnelle Dioden

DTSCH. 151-80-10-2

2 - Sperrverzugszeit  $t_{rr} = 4 \mu\text{s}$

#### - Lawinendioden

DL.132-50-10

#### Literatur:

SU-Kataloge 1982, 1983.

SD. Dr.-Ing. Lothar Ulrich

Ingenieurschule für Elektronik und Informationsverarbeitung  
"Friedrich Engels" Görlitz

### Einsatz von CCD-Zeilen-Kameras zur berührungslosen Längenmessung

Mitteilung aus dem Applikationslabor der Ingenieurschule für Elektronik u. Informationsverarbeitung "Friedrich Engels" Görlitz

Eine wesentliche Grundlage der heutigen Fertigungstechnik ist die Längenmeßtechnik. In vielen Einsatzfällen beschränken die näheren Umstände (z. B. hohe Temperatur oder zu geringe mechanische Widerstandsfähigkeit des Meßobjektes) den Einsatz herkömmlicher Meßmittel wie Meßschieber oder Meßschraube. Dies gilt aus Gründen des Meßmittelverschleißes auch für Längenmessungen an bewegten Objekten. Ein typisches Beispiel hierfür ist die kontinuierliche Toleranzüberwachung des Durchmessers von Drähten während des Walz- oder Ziehvorganges.

In diesen Fällen werden berührungslos arbeitende Meßverfahren benötigt. Eine Möglichkeit hierfür bieten optische Abbildungsverfahren. Der Einsatz von CCD-Zeilen als opto-elektrische Wandler gestattet es, aus dem Abbild des Objektes elektrische Informationen zu gewinnen, aus denen auf einfache Weise auf die geometrischen Abmessungen des Prüflings geschlossen werden kann.

#### 1. Aufbau und Funktion einer CCD-Zeilen-Kamera

Funktionsbestimmendes Element einer derartigen Kamera ist ein mikroelektronischer Schaltkreis auf Siliziumbasis, die CCD-Zeile, dessen Chip folgende Hauptfunktionsgruppen enthält (Bild 1): eine lichtempfindliche Zeile mit  $n + 1$  Sensorelementen, zwei CCD-Analogschieberegister 2 u. 3 sowie eine Ausgangsstufe (Ladungsdetektor und Auswerteschaltung 4).

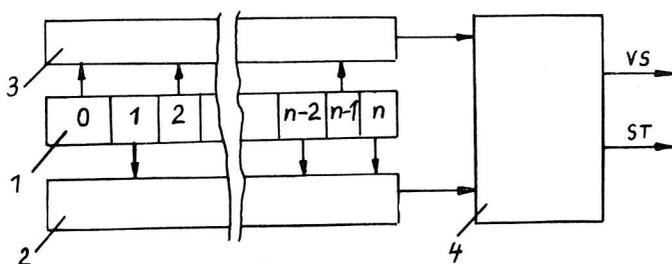


Bild 1: Schema eines CCD-Zeilen-Schaltkreises

1 - Lichtempfindliche Zeile mit  $n + 1$  Sensorelementen

2 u. 3 - CCD-Analogschieberegister

4 - Ladungsdetektor und Auswerteschaltung

VS - Videosignal, ST -Steuertakt

Die Funktion der Zeile kann durch drei aufeinanderfolgende Zeitstufen beschrieben werden. In der ersten Phase erfolgt die Belichtung der Zeile durch das optische Abbild des Objektes. Der lichtempfindliche Teil des Schaltkreises besteht aus einer zeilenförmigen Anordnung von 256 Photosensoren, mit einer Abmessung pro Sensor von ca.  $13 \times 13 \mu\text{m}^2$ . Durch die Belichtung sammeln sich in diesen Sensoren elektrische Ladungen an, deren Größe ein Maß für die Beleuchtung des jeweiligen Zeilenpunktes ist. In der zweiten Phase werden diese Ladungen in die rechts und links neben der Zeile angeordneten CCD-Schieberegister transferiert. Von der Arbeitsweise dieser Register

erhielt der Baustein seinen Namen. Es sind ladungsgekoppelte Systeme (charge coupled devices), deren Funktion darin besteht, analoge Informationen in Form von elektrischen

Ladungsmengen zu speichern oder seriell zu verschieben. Während der dritten Zeitphase werden die Ladungen beider Schieberegister wechselweise nach rechts verschoben und in der Ausgangsstufe in elektrische Impulse verwandelt. Die Impulshöhe ist der Beleuchtungsstärke der jeweiligen Photosensorzelle proportional, der dieser Impuls zugeordnet ist.

Das Impulsmuster am Ausgang der Zeile stellt also ein elektrisches Abbild der Beleuchtung der lichtempfindlichen Zeile dar. Weitere Einzelheiten zu Aufbau und Funktion von CCD-Zeilenensoren sind den Arbeiten /1/, /2/ und /3/ zu entnehmen.

Der mechanische Aufbau einer CCD-Kamera entspricht völlig dem einer Fernsehkamera. Die Bildaufnahmeröhre hinter dem Objektiv wird lediglich durch die CCD-Zeile ersetzt. Bild 2 zeigt das Blockschaltbild der Auswerteelektronik bis zur Abspeicherung und Anzeige der Meßwerte.

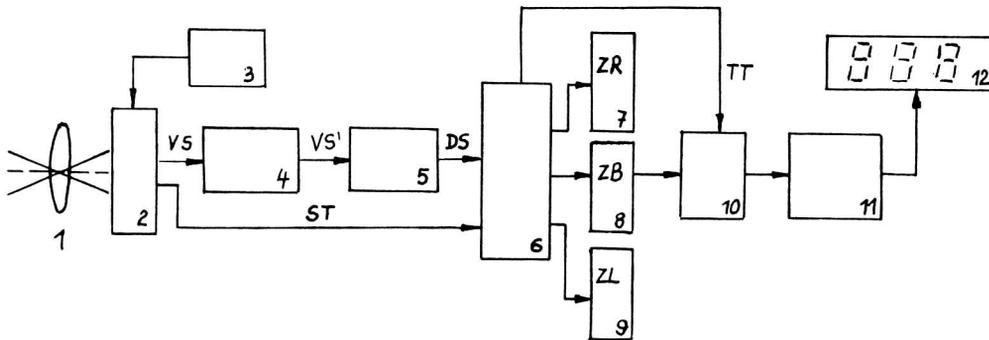


Bild 2: Blockschaltbild der CCD-Kamera mit Auswerteeinheit

- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 - Kameraobjektiv,          | 7 - Zähler f. d. rechten Rand, |
| 2 - CCD-Zeile,               | 8 - Zähler f. d. Bildpunkte,   |
| 3 - Taktsteuerung,           | 9 - Zähler f. d. linken Rand,  |
| 4 - Verstärker,              | 10 - Torschaltung,             |
| 5 - Schmitt-Trigger,         | 11 - Meßwertspeicher,          |
| 6 - Steuerlogik f.d. Zähler, | 12 - Anzeige                   |
- VS - Videosignal der Zeile, VS' - verstärktes Videosignal,  
 ST - Steuertakt der Zeile,  
 DS - digitalisiertes Videosignal,  
 TT - Steuersignal f. d. Tor

Kamera und Auswerteeinheit wurden an der Ingenieurschule "Friedrich Engels" für einen Einsatzfall an der Bergakademie Freiberg entworfen und gebaut. Schaltungstechnische Einzelheiten sind den Arbeiten /2/ und /3/ zu entnehmen.

Mit Hilfe des Objektivs 1 wird der zu messende Gegenstand auf den lichtempfindlichen Teil der CCD-Zeile abgebildet. Ist das Objekt selbstleuchtend, so werden die Randpunkte rechts und links kaum belichtet während die Bildpunkte stark beleuchtet werden. Bei nichtselbstleuchtenden Objekten kann mit Schattenwurf gearbeitet werden, so daß die Verhältnisse umgekehrt liegen. In jedem Falle liefert, gesteuert durch die Taktsteuereinheit 3, die CCD-Zeile 2 eine Folge von drei Impulsgruppen, die den rechten Rand, das Bild und den linken Rand darstellen. In der hier beschriebenen Meßeinrichtung wurde der Sensor L 110 C vom VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin verwendet. Er hat 256 lichtempfindliche Bildpunkte, so daß pro Aufnahme insgesamt 256 Impulse auszuwerten sind. Da beim Einsatz der CCD-Kamera zur Längenmessung keine Grauwerte zu verarbeiten sind, wurde dem Bildverstärker 4 ein

Schmitt-Trigger 5 nachgeschaltet, der das analoge Ausgangssignal in ein Binärsignal wandelt. Dadurch wird durch die weitere Auswertelektronik nur die Information hell/dunkel bzw. beleuchtet/nichtbeleuchtet ausgewertet.

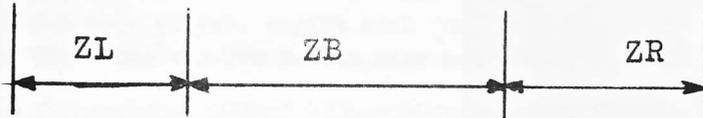
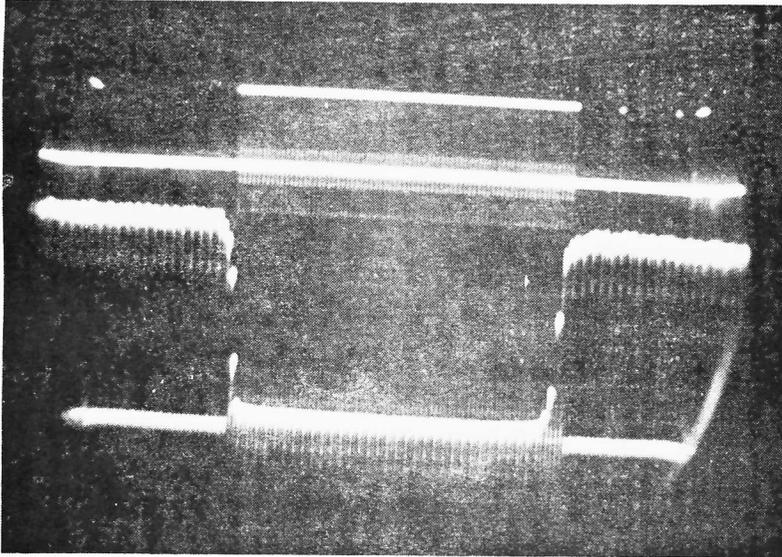


Bild 3: Oszillogramm der Ausgangssignale der CCD-Kamera bei Abbildung eines Drahtes (Schattenwurf)

oben: Digitalausgang DS,  
unten: Analogausgang AS  
ZL: linker Rand, ZR: rechter Rand, ZB: Bildpunkte

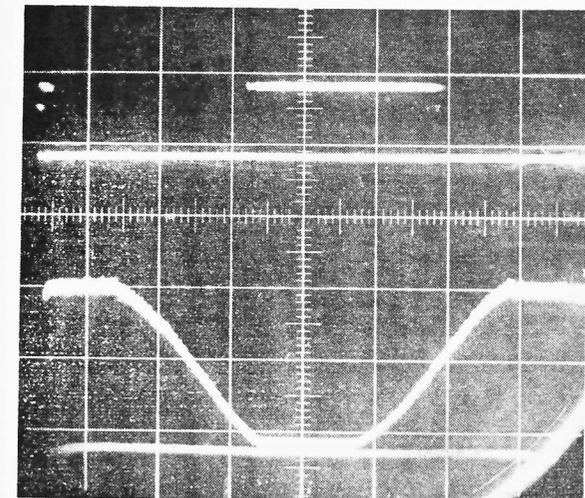


Bild 4: Oszillogramm der Ausgangssignale der CCD-Kamera bei unscharfer Abbildung

Bild 3 zeigt das analoge und digitalisierte Kamerasignal bei der Abbildung eines nichtselbstleuchtenden Objektes. Man erkennt deutlich die drei oben erwähnten Impulsgruppen für die Ränder und das Abbild des Objektschattens. Die Flankensteilheit ist ein Maß für die Schärfe der Abbildung. Bild 4 zeigt zum Vergleich eine Aufnahme bei unscharfer Einstellung,

Zur Längenmessung muß die Anzahl der durch das Meßobjekt erzeugten Impulse ermittelt werden. Hierzu dient die Logikschaltung 6<sup>\*)</sup>. Sie wertet neben dem digitalisierten Bildsignal DS die von der Zeile kommenden Steuerimpulse ST aus. Sie steuert drei Zähler an, von denen ZR 7 die rechten Randpunkte, ZL 9 die linken Randpunkte und ZB 8 die Bildpunkte zählt. Am Ende einer Aufnahme steht also in ZB das Meßergebnis, welches noch mit einem Maßstabsfaktor (siehe Abschn. 2.) multipliziert werden muß. Die Überführung des Meßwertes in den in unserem Fall 16 Speicherplätze umfassenden Meßwertespeicher erfolgt über eine Torschaltung 10 durch das Steuersignal TT. Dieses Signal wird nur gebildet, wenn sowohl ein rechter als auch ein linker Bildrand und ein Abbild des Meßobjek-

<sup>\*)</sup> Die Zahlen entsprechen den Angaben im Bild 2

tes vorhanden sind. Dadurch wird die Registrierung von verfälschten Meßwerten (unvollständige Abbildung) verhindert sowie ein automatischer Start des Meßvorganges erreicht. Sobald das Meßobjekt vollständig im Blickfeld der Kamera ist, werden automatisch in wählbaren Zeitabständen 16 Messungen durchgeführt. Der Meßwertspeicher wurde mit 8 Schaltkreisen D 181 aufgebaut. Durch Tastendruck können die Resultate anschließend nacheinander auf einer Lichtemitter-Anzeige 12 sichtbar gemacht werden. Über einen Steckverbinder ist der Anschluß des Gerätes an einen Mikrorechner möglich. Bild 5 zeigt die Kamera und die Auswerteeinheit.

Das System wird z. Z. zu experimentellen Untersuchungen über die Eignung des Meßprinzips zum Einsatz an Walzstraßen genutzt.

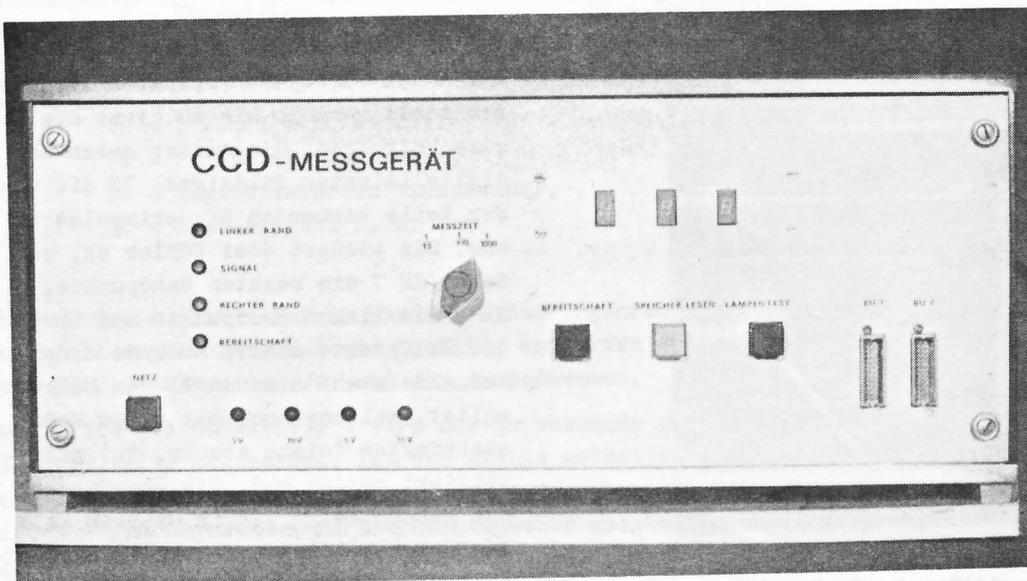
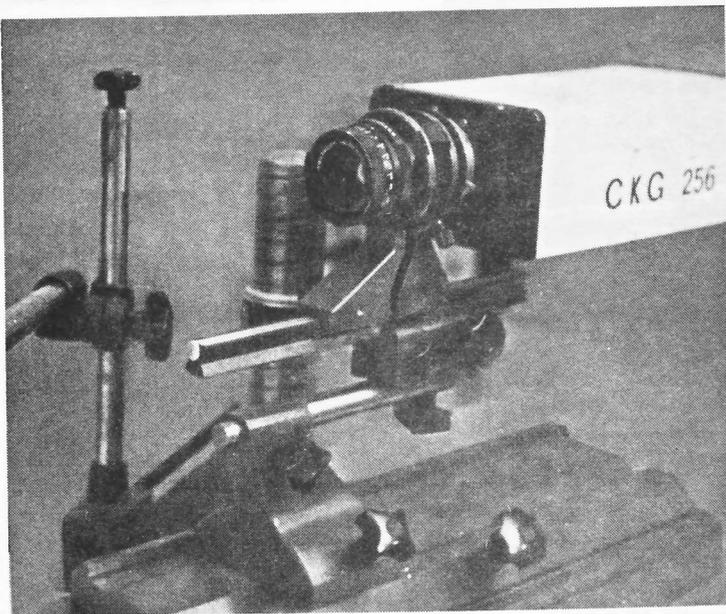


Bild 5: CCD-Längenmeßeinrichtung

- CCD-Kamera
- Auswerteeinheit zur Speicherung und Anzeige von 16 Meßwerten

## 2. Probleme beim Einsatz der CCD-Technik

Voraussetzung für den Einsatz von CCD-Zeilen für Positionier- und Längenmeßaufgaben ist eine der geforderten Meßgenauigkeit entsprechende Gleichmäßigkeit des durch die Photosensoren gebildeten Zeilenrasters. Von den Herstellern der Schaltkreise werden hierzu in den Datenblättern keinerlei Aussagen gemacht. Experimentelle Untersuchungen zu diesem Problem werden z. Z. an verschiedenen CCD-Zeilen in unserem Labor durchgeführt.

### 2.1. Abbildungsmaßstab und Auflösung

Aus der Anzahl der Bildpunkte des Objektes kann seine wahre Größe nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$l = \frac{g}{b} \cdot a \cdot z$$

- l - wahre Objektgröße,
- g - Gegenstandsweite,
- b - Bildweite,
- a - Abmessung eines Bildpunktes der Zeile parallel zu ihrer Längsachse,
- z - Anzahl der zur Objektabbildung benutzten Zeilenpunkte

Der Abbildungsmaßstab  $\frac{g}{b}$  wird so gewählt, daß möglichst viele Zeilenpunkte in die Abbildung einbezogen werden. Dadurch erhält man die höchst mögliche Auflösung. Unter Beachtung der Tatsache, daß für eine sichere vollständige Abbildung rechts und links einige Randpunkte vorhanden sein müssen, ergibt sich für die Zeile L 110 C eine Auflösung der zu messenden Objektgröße von 200 Teilen oder mehr. Dies entspricht einer relativen Genauigkeit von  $\leq 0,5\%$ .

Durch die Wahl des so definierten optimalen Abbildungsmaßstabes, d. h. durch den Einsatz geeigneter Objektive, Mikroskope oder Zwischenringe, wird die CCD-Zeile der vorliegenden Objektgröße angepaßt. Unabhängig von diesem Wert bleibt so die relative Genauigkeit konstant im Gegensatz zu Messungen mit Meßschieber oder Meßschraube, bei denen die absolute Genauigkeit eine Konstante ist.

### 2.2. Belichtung der CCD-Zeile

Ähnlich wie bei der Fotografie hängt die Belichtung der Zeile, d. h. die in die Photosensoren eingebrachte Energie, von zwei Faktoren (der Beleuchtungsstärke und der Belichtungsdauer) ab. Die Beleuchtungsstärke muß über die Lichtquelle, die zur Abbildung benutzt wird und die Objektivblende so eingestellt werden, daß am Zeilenausgang ein verwertbares Ausgangssignal zur Verfügung steht. Bei zu hoher Beleuchtungsstärke wird die Zeile übersteuert. Die Belichtungsdauer wird elektronisch über die Bildwiederholfrequenz, d. h. über die Taktsteuereinheit 3 (Bild 2), gesteuert. Die obere Grenzfrequenz beträgt je nach Zeilentyp 10 ... 20 kHz. Die Bildwiederholfrequenz darf nicht zu klein gewählt werden, da sich sonst die durch die Belichtung in den Photosensoren generierten Ladungen vor ihrer Auswertung zerstreuen und Bildverfälschungen eintreten.

### 2.3. Störeinflüsse

Wesentliche Störbeeinflussungen der Abbildung werden durch Dejustierungen des Meßobjektes, entstanden durch seine Eigenbewegung, hervorgerufen. Ein Beispiel hierfür ist die fortlaufende Durchmesserkontrolle an Drähten, die hierzu kontinuierlich in der Gegenstandsebene an der Kamera vorbeigeführt werden (Bild 6).

Die Schwingungen des im allgemeinen frei laufenden Drahtes führen zu periodischen Auslenkungen von der Sollage in x- und y-Richtung.

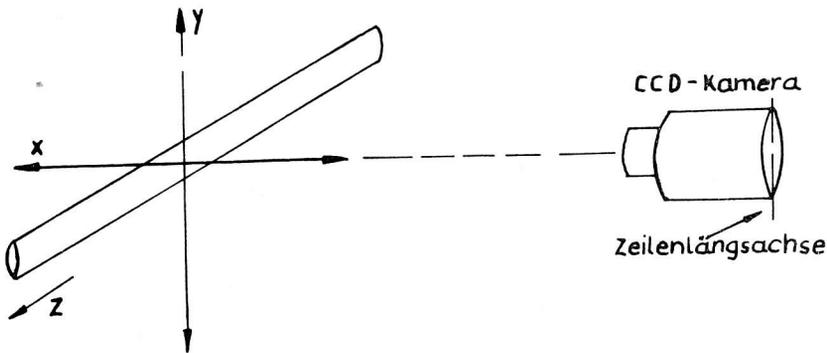


Bild 6: Störeinflüsse bei der Abbildung von Meßobjekten

Schwingungen in x-Richtung ergeben zeitweise unscharfe Abbildungen (siehe Bild 4). Dadurch können die Meßwerte verfälscht werden. Abhilfe schaffen hier Führungsrollen, die die Amplitude in x-Richtung begrenzen sowie Abbildungssysteme mit entsprechend großer Tiefenschärfe oder eine automatische Nachregelung des Triggerpunktes durch Auswertung der Flankensteilheit der Objektanten. Welche dieser Maßnahmen am günstigsten ist, muß von

Fall zu Fall entschieden werden.

Die Schwingungen in y-Richtung bewirken ein Auswandern des Objektbildes aus dem aktiven Bereich der CCD-Zeile. Die Folge sind unvollständige Abbildungen. Da wegen der angestrebten hohen Auflösung möglichst viele Zeilenpunkte zur Objektabbildung genutzt werden sollten, sind diese Auslenkungen eng toleriert. Die in Abschnitt 1 anhand von Bild 2 beschriebene Auswertelektronik verhindert, daß die in diesen Fällen entstehenden ungültigen Meßwerte weiterverarbeitet werden.

### 3. Einsatzmöglichkeiten der CCD-Technik

#### 3.1. Überwachung der Toleranzen bei der Herstellung von Drähten und ähnlichen Erzeugnissen

Zur Sicherung der Materialökonomie ist es notwendig, den Durchmesser von Drähten und ähnlichen Produkten auch während der Walz- oder Ziehprozesse kontinuierlich zu überwachen. Hier ergibt sich ein volkswirtschaftlich sehr bedeutendes Anwendungsgebiet der CCD-Technik. Gegenüber den bisher eingesetzten herkömmlichen Meßmitteln, die nur eine Kontrolle in relativ großen Zeitabständen zulassen, kann durch Einsatz einer CCD-Meßeinrichtung die Überwachung der Walz- oder Ziehgutabmessungen kontinuierlich erfolgen. Die Meßwerte stehen sofort zur Verfügung und können unmittelbar zur Steuerung des Fertigungsprozesses im off-line- oder on-line-Betrieb verwendet werden. Auf diese Weise lassen sich erhebliche Materialeinsparungen erzielen.

#### 3.2. Positionieraufgaben

Durch den Einsatz von CCD-Zeilen-Kameras lassen sich auch Aufgaben zur Feinpositionierung lösen, wie sie z. B. in der Industrierobotertechnik auftreten. Die Bewegung einer Kante oder einer Zielmarke in y-Richtung der Gegenstandsebene der Kamera (Bild 6) spiegelt sich im Ausgangssignal der Kamera wieder. Hieraus lassen sich Stellinformationen für die Steuerung des Roboters ableiten. Wegen der begrenzten Punktzahl der Zeile ist jedoch der Arbeitsbereich relativ klein (je nach Positioniergenauigkeit 10 ... 100 mm). Dies ist jedoch für die Steuerung der letzten Bewegungsphase, unmittelbar vor Erreichen der Sollage, ausreichend. Ähnliche Probleme treten auch beim Lichtbogenschweißen auf. Hier muß der Schweißkopf ent-

lang der Schweißnahtmitte geführt werden. Als Sensor für die Schweißnahtverfolgung kann ebenfalls eine CCD-Einrichtung eingesetzt werden, um Stellsignale für die Einjustierung auf die Schweißnahtmitte zu gewinnen. Im Falle einer Stumpfnahnt läßt sich mit der gleichen Zeile auch die Breite der Schweißfuge ermitteln, so daß auch Steuersignale zur Anpassung der Schweißparameter (Draht- und Nahtvorschubgeschwindigkeit, Schweißstromstärke) ausgewertet werden können (Bild 7). Die Differenz der Randpunkte rechts und links ist ein Maß für die Unsymmetrie des Schweißkopfes zur Schweißnahtmitte, die Anzahl der durch die Schweißspaltabbildung erzeugten Bildpunkte ergibt ein Maß für deren Breite.

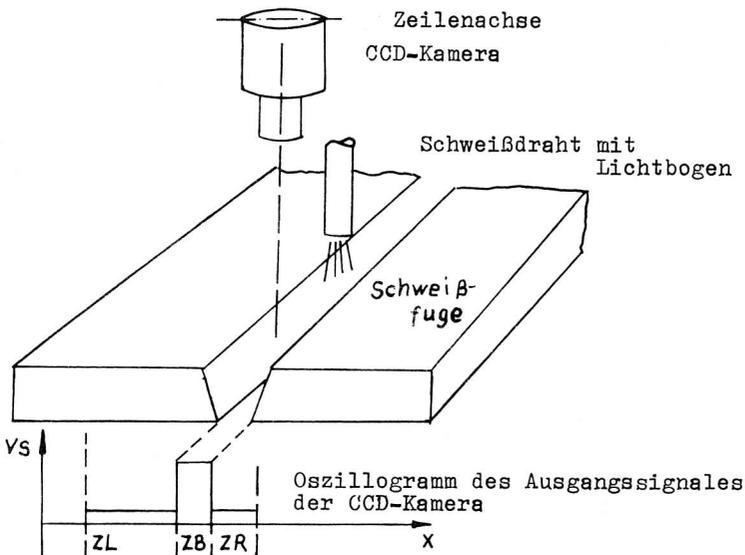


Bild 7: Einsatz der CCD-Technik zur Steuerung des Lichtbogenschweißens

- ZL - linker Zeilenrand, ZR -rechter Zeilenrand
- ZB - Abbild der Schweißfuge
- ZL ZR bedeutet: Elektrode nach links ausgewandert

stücke usw. - in elektrische Signale. Die Vorlage wird zu diesem Zweck auf eine rotierende Trommel gespannt. Die Zeile ist im Gegensatz zu Bild 6 parallel zur Trommelachse orientiert und tastet so die Vorlage zeilenweise ab.

In ähnlicher Form kann die CCD-Zeilen-Kamera auch zur Lageerkennung von technologischen Objekten wie Werkstücke oder Werkzeuge dienen. Die zeilenweise Abtastung erfolgt in diesen Fällen durch Translation. Die so erhaltenen Informationen können zum Sortieren oder Ausrichten der Teile genutzt werden. Die Auswertung der Zeilensignale ist jedoch sehr kompliziert, so daß der zeitliche und gerätetechnische Aufwand hierfür noch sehr hoch ist. Ein konkretes Beispiel für die Objekterkennung ist die Ortung von Gewebefehlern. Versuche in unserem Labor, die im Auftrage des VEB Bandtex Pulsnitz durchgeführt wurden, haben ergeben, daß bei geeigneten Beleuchtungsverhältnissen Fehler in Sicherheitsgurten für PKW's gut erkannt werden können. Bild 8 zeigt den Versuchsaufbau, Bild 8 Oszillogramme des Kameraausgangssignales VS bei fehlerfreiem und fehlerhaftem Gewebe. Wegen der Lichtundurchlässigkeit der Gurte wurde mit reflektiertem Licht (Auflicht) gearbeitet. Bei dünnen Geweben ist auch die Verwendung von Durchlicht möglich.

### 3.3. Rundlaufmessungen

Die Abbildung zylindrischer Körper entsprechend Bild 6 ergibt bei Rotation dieses Werkstückes um seine Längsachse nur dann ein stehendes Bild, wenn keine Exzentrizitäten vorhanden sind. Abweichungen vom Rundlauf machen sich durch Schwingungen des Abbildes auf der Zeile bemerkbar. Durch wiederholtes Auszählen der Randpunkte während einer Umdrehung lassen sich Unrundheiten ermitteln. Dabei wird durch die Zeile zunächst nur ein Querschnitt erfaßt. Durch Verschiebung des Werkstückes in z-Richtung kann schrittweise das gesamte Teil untersucht werden.

### 3.4. Bildverarbeitung und Objekterkennung

Haupteinsatzgebiet der CCD-Zeilen ist die Umwandlung von grafischen Vorlagen - wie Bilder, Zeichnungen, Schrift-

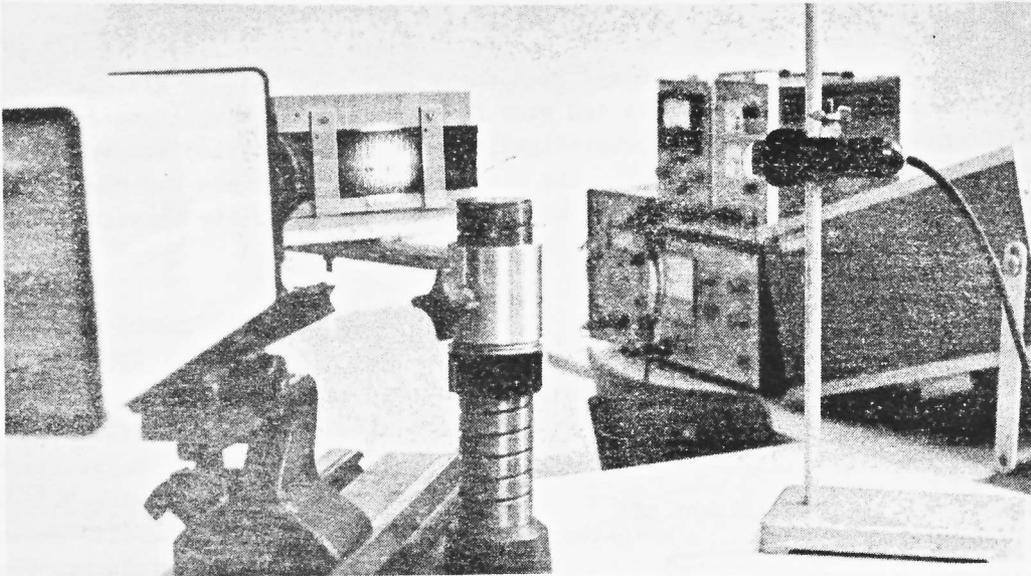


Bild 8: Anordnung zur Erkennung von Gewebefehlern in Sicherheitsgurten für PKW's

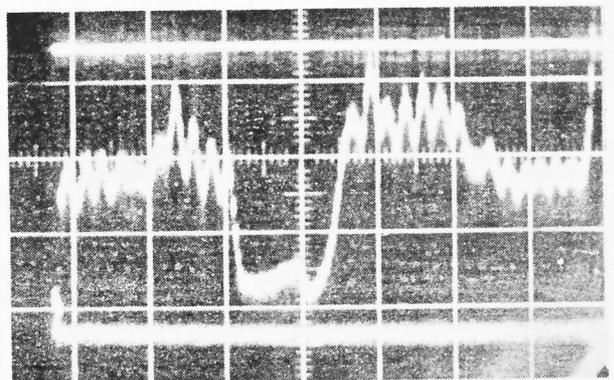
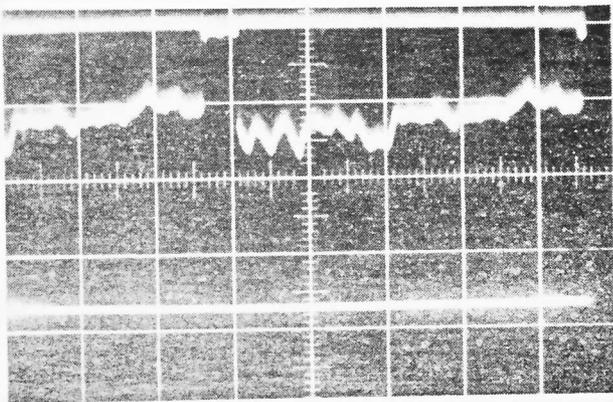
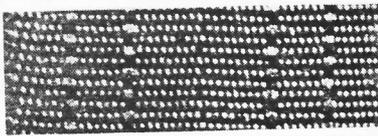


Bild 9: Oszillogramme des Analogausgabesignales der CCD-Kamera zur Erkennung von Gewebefehlern

links: fehlerfreier Gurt, rechts: Gewebefehler

(a: Ansicht des untersuchten Gurtes  
b: zugehöriges Oszillogramm)

Literatur:

- /1/ Mürbe, Ullrich: CCD-Bildsensoren, radio fernsehen elektronik, Berlin 32 (1983) H. 2, S. 87
- /2/ Pörschke, Siegfried: Aufbau einer fotoelektrischen Kamera mit einer CCD-Zeile und deren Test bei der Lösung meßtechnischer Aufgaben; Diplomarbeit, Ingenieurhochschule Mittweida Sektion Informationstechnik, FR Gerätebau; Ingenieurschule "Friedrich Engels" Görlitz, 1982
- /3/ Böer, K.: Aufbau und Test einer optischen Zeichenerkennungsanlage, bestehend aus CCD-Kamera, Kreuztisch und Mikrorechner; Ingenieurarbeit, Ingenieurschule "Friedrich Engels" Görlitz, 1981

## beratungs- und informationsstellen mikroelektronik

Dipl.-Ing. Dieter Bethke

Beratungs- und Informationsstelle Mikroelektronik des  
VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin  
für Berlin, Hauptstadt der DDR

### Aus der Tätigkeit der Beratungs- und Informationsstelle Mikroelektronik Berlin

Seit dem 6. 5. 1982 hat die Beratungs- und Informationsstelle Mikroelektronik (BIS) Berlin ihren Sitz in der Grünberger Str. 49 im Stadtbezirk Berlin-Friedrichshain. Dort stehen der BIS Berlin speziell eingerichtete Räume für die Durchführung von:

- . Anwenderberatungen
- . Ausstellungen
- . Schulungen, Vorträgen und Lehrgängen
- . Praktika am Mikrorechnerentwicklungssystem (MRES)
- . eigenen Laborarbeiten kleineren Umfangs

zur Verfügung. 10 Mitarbeiter sind vorwiegend für die Beratung und Betreuung von Erstanwendern der Mikroelektronik aus den Betrieben des Territoriums Berlin tätig.

In der täglichen Praxis zeigt es sich jedoch, daß der Wirkungskreis der BIS Berlin keinesfalls auf das Gebiet der Hauptstadt begrenzt ist. Viele Kunden aus anderen Bezirken der Republik nutzen den dienstlichen oder privaten Aufenthalt in Berlin zu einem Besuch in der BIS und lassen sich dort über aktuelle Fragen der Bauelementeentwicklung und des Bauelementeeinsatzes informieren. Dem Rechnung tragend, wurde die BIS mit einer umfangreichen Sammlung von Prospekten, Katalogen und Firmenschriften der verschiedensten in- und ausländischen Bauelementehersteller und anderem Informationsmaterial über die Anwendung der Elektrotechnik/Elektronik ausgestattet.

Eine sehr wichtige Informationsquelle ist dabei der "Zentrale Nachweisspeicher angewandte Mikroelektronik (ZNAM)" des VEB AEB.

Die Unterlagen aus dem ZNAM dienen gleichzeitig der Erarbeitung von Ablösungsvorschlägen für Bauelemente für die Wartung und Instandhaltung von elektronischen Geräten und Anlagen aus Importen, die in zunehmendem Maße von der Industrie gefordert werden. Solche "Ablösekonzeptionen" erfordern einen hohen Zeitaufwand für ihre Erarbeitung und sind deshalb kostenpflichtig.

Den anderen Kundenkreis bilden jene Besucher, die von einer Konsultation der BIS die Lösung ihrer betrieblichen Probleme bei der Rationalisierung ihrer Produktionsprozesse erhoffen. Dieser Erwartung kann jedoch nur entsprochen werden, wenn in den Betrieben selbst bereits konkrete Vorstellungen über den Einsatz der Mikroelektronik im technologischen Prozeß der Produktion bestehen. Häufig entwickelt sich gerade hieraus eine fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Anwender und BIS, indem die Mitarbeiter der BIS aktiv in die Prozesse der Präzisierung der Aufgabenstellung, in die Erarbeitung der Mikroelektronik-Einsatzkonzeption und in die Realisierung der praktischen Lösung einbezogen werden.

Für Letzteres kann die BIS Berlin sowohl auf die in der Grünberger Straße 49 selbst bestehenden als auch auf die in den anderen Laboren des VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin vorhandenen F/E-Kapazitäten zurückgreifen. Diese sind strukturell und leitungsmäßig direkt der BIS zugeordnet und stehen deshalb überwiegend für die Lösung von Aufgaben, die sich aus der Beratungstätigkeit der BIS herleiten, zur Verfügung.

Hierdurch war es in den vergangenen Jahren möglich, eine größere Anzahl von Aufgaben des Einsatzes der Mikroelektronik bei der Produktionsrationalisierung zu lösen und in die Praxis umzusetzen.

Als Beispiele dafür sollen folgende Aufgaben stehen:

- Programmentwicklung für den Einsatz eines Mikrorechners K 1520 für ein elektronisches Diesel-Einspritzsystem (EDES) bei Schiffsdieselmotoren für den VEB Einspritzgerätewerk Aken
- Entwicklung automatischer Meßgeräte für die kontinuierliche Erfassung von Prozeßdaten (Bandkantenversatz, Materialverbrauch, Rohrlänge, u. a.) bei der Herstellung von Wendelnaht-Rohran für den VEB Rohrwerke Bitterfeld
- Entwicklung eines elektronischen Vorschaltgerätes für Standard-Leuchtstofflampen für das Kombinat VEB NARVA "Rosa Luxemburg"
- Entwicklung der elektronischen Steuerung für einen Gitterschweißautomaten für das RAW "Franz Stenzer" Berlin.

Die Durchführung aller Entwicklungsarbeiten erfolgt ausnahmslos auf der Grundlage von abgeschlossenen Verträgen über wissenschaftlich-technische Leistungen und mit anschließender Berechnung der entstandenen Kosten an den Auftraggeber. Hierdurch konnte die BIS in zunehmendem Maße zu ihrer eigenen Finanzierung einen wesentlichen Beitrag leisten. Die Festlegung und die Priorität der zu lösenden Aufgaben erfolgt in Abstimmung mit den territorialen und gesellschaftlichen Organen.

Einen breiten Raum in der Arbeit nahm bisher stets die Schulungstätigkeit ein. Während in den Anfangsjahren Vorträge über die grundlegenden Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten der Mikroelektronik im Vordergrund des Interesses standen, gehen die Wünsche heute verstärkt zur Durchführung von Fachvorträgen bzw. Speziallehrgängen hin. In Zusammenarbeit mit dem BFA Mikroelektronik des BV der KDT Berlin werden deshalb regelmäßig die Lehrgänge:

- Assemblerprogrammierung K 1520 und
- Bedienung des MRES A 5601.28

durchgeführt und für alle Teilnehmer ein Praktikum am MRES organisiert. Die bisherigen Lehrgänge fanden insbesondere wegen des praktischen Teils einen regen Zuspruch.

Für die kommenden Jahre ist eine schrittweise Erweiterung der BIS und die Übernahme zusätzlicher Leistungen vorgesehen. Geplant ist u. a. die Speicherung von problemorientierter Software über den eigenen Verantwortungsbereich hinaus sowie der Verkauf bestückter Baugruppen eigener Entwicklung im Rahmen der Vergabe von Nachnutzungsverträgen.

Die BIS wird ihre Partner und Kunden umgehend nach Aufnahme der neuen Leistungen hiervon in Kenntnis setzen.

## kurz berichtet      kurz berichtet

Wir möchten unsere Leser auf folgende Standards für elektronische Bauelemente aufmerksam machen:

TGL/Ausgabe:	Titel:	Verbindlichkeit:
38518 12.81	Integrierte Halbleiterschaltkreise; Unipolarer programmierbarer Triac-, Thyristor- und Transistor-Ansteuer- schaltkreis U 708 D; Technische Bedingungen	1.9.82
38690 5.83	-; Dynamischer Schreib-Lese-Speicher- Schaltkreis U 256 C und U 256 D; Technische Bedingungen	1.4.84
38691 5.83	-; Treiber-Schaltkreis U 40098 D; Technische Bedingungen	1.5.84
38692 5.83	-; Schmitt-Trigger-Schaltkreis U 4093 D; Technische Bedingungen	1.5.84
38693 5.83	-; Dekoder-Schaltkreis U 40511 D; Technische Bedingungen	1.4.84
38694 5.83	-; Treiber-Schaltkreis U 4050 D; Technische Bedingungen	1.5.84
38995 5.83	-; Statischer Lese-Schreib-Speicher- Schaltkreis U 215 D, U 215 D1, U 225 D, U 225 D1; Technische Bedingungen	1.4.84
39490 7.83	-; Operationsverstärker-Schaltkreise B 080 D/Dm/Dp/Dt bis B 084 D/Dm/Dp/Dt; Technische Bedingungen	1.5.84
39932 6.83	Integrierte Hybridschaltkreise; Digital-Analog-Wandler Serie DAC 320; Technische Bedingungen	1.3.84
42047 6.83	Halbleiterbauelemente; Infrarotemitterdiode VQ 121; Technische Bedingungen	1.4.84
42048 6.83	-; Fototransistor SP 212; Technische Bedingungen	1.4.84
42254 5.83	-; Optoelektronischer Koppler MB 123; Technische Bedingungen	1.3.84
55100 6.83	-; Infrarotemitterdiode VQ 123; Technische Bedingungen	1.5.84
24165/12 1. Abl. 12.77	Elektronenröhren; Photovervielfacher; Typenreihe 10 - 30 (Kurzfassung: Seite 2: Pumpstengeldicke geändert und redaktionelle Änderungen.)	1.3.84
39430 3.83	-; Fluoreszenzspektroskopie-Röntgenröhren ölisoliert; Technische Bedingungen	1.5.84
14330 4.83	Elektrische Lichtquellen; Glühlampen für Fernmeldetechnik; Technische Bedingungen	1.3.84
12476 6.83	Feste und mechanisch veränderbare Widerstände; Feste Drahtwiderstände Baureihen 84.3 und 84.4; Technische Bedingungen	1.4.84
35778 6.83	Feste und mechanisch veränderbare Widerstände; Feste Drahtwiderstände Baureihe 84.5; Technische Bedingungen	1.4.84

TGL/Ausgabe:	Titel:	Verbindlichkeit:
27874 1. Abl. 12.81	Feste und mechanisch veränderbare Widerstände; Feste Schichtwiderstände Baureihe 81; Technische Bedingungen ( <u>Kurzfassung:</u> Seite 2: Bild 1: Die Toleranz des Maßes 1 beträgt +0,3 Seite 4: Tabelle 4: Der Wert der Nennverlustleistung für die Nenngröße 81.1777 beträgt 10 W Seite 11: Tabelle 9: Der Wert der Impulsleistung bei Einschaltvorgängen für die Nenngröße 81.1777 beträgt 125 W Seite 12: Tabelle 9: Der Wert der periodischen Impulsleistung für die Nenngröße 81.1777 beträgt 20 W.)	1.4.84
29331/03 1. Abl. 12.77	Kontaktbauelemente; Einheitliches Flach- steckverbinder-System; Steckverbinder 15-90/88-128x13,5, Technische Bedingungen ( <u>Kurzfassung:</u> Seite 1: Untertitel geändert Seite 6: Tabelle 1 geändert.)	1.3.84
29331/04 1. Abl. 12.77	-; -; Steckverbinder 5-39/28-48x13,5, Technische Bedingungen ( <u>Kurzfassung:</u> Seite 20: Tabelle 6 geändert.)	1.3.84
29331/06 1. Abl. 5.77	-; -; Steckverbinder 10-33/88x13,5 ( <u>Kurzfassung:</u> Seiten 1, 11 bis 13 geändert.)	1.3.84
29331/08 5.83	Kontaktbauelemente; Einheitliches Flachsteckverbindersystem; Zubehörteile, Technische Bedingungen	1.5.84
3702 4.83	Kontaktbauelemente; Kleine Drucktaste Technische Bedingungen	1.5.84
24589/07 12.81	Kontaktbauelemente; Schutzrohrkontakt-Schließer RKR 3601; Technische Bedingungen	1.9.82



**RFT**

**veb applikationszentrum elektronik berlin  
im veb kombinat mikroelektronik**

DDR-1035 Berlin, Mainzer Straße 25  
Telefon: 5 80 05 21, Telex: 011 2981

**elektronik  
export·import**

Volkseigener Außenhandelsbetrieb der  
Deutschen Demokratischen Republik  
DDR - 1026 Berlin, Alexanderplatz 6  
Telex: BLN 114721 elei, Telefon: 2180