TECHNISCHE BESCHREIBUNG
Ausgabe 1.01

FÜR

TRANSISTOR-VIERQUADRANTEN-SERVO-VERSTÄRKER

TYP

MTR 2800
MTR 5000

MATTKE AG
Leinenweberstraße 12
D-79108 Freiburg
Germany

Telefon: +49 (0)761- 15 23 4-0
Telefax: +49 (0)761- 15 23 4-56
E-Mail: info@mattke.de
http://www.mattke.de

Sehr geehrter Kunde,

wir sind stets bemüht, optimale Sicherheitsmaßnahmen zu gewährleisten und uns am neuesten Stand des technischen Fortschritts zu orientieren. Trotzdem ist es erforderlich, dass wir Ihnen als Anwender unserer Bauteile folgende zusätzliche Informationen geben:
Die Geräte sind ausschließlich als Zulieferteil zur Weiterverarbeitung durch Industrie, Handwerk oder sonstige auf dem Gebiet der Elektrotechnik und EMV fachkundige Betriebe bestimmt.

Warnhinweise!!

Achtung - nicht berühren. Die Geräte haben ungeschützte spannungsführende Teile. Die Spannung liegt z.T. in einem lebensgefährlichen Bereich.

Sämtliche Arbeiten an den Geräten dürfen **zur eigenen Sicherheit** nur durch einen Fachmann vorgenommen werden.

Offene Anschlüsse müssen, um den Sicherheitsvorschriften zu entsprechen durch Gehäuse, Abdeckungen o.ä. gegen Berührung gesichert werden. Spannung kann auch nach Trennung des Gerätes vom Netz noch vorhanden sein (Kondensatorentladungen).

Bei Falschbedienung und unter ungünstigen Bedingungen können durch Überdruck Teile des Elektrolytkondensators abgesprengt werden. Bei ausnahmsweise notwendigen Arbeiten am offenen Gerät bitte unbedingt Körper (Hände!) und Gesicht schützen.

Auf ausreichende Kühlung ist auf jeden Fall zu achten. Bei Überhitzung besteht Brandgefahr.

Technische Änderungen vorbehalten.

INHALTSVERZEICHNIS Seite

1. Allgemeine Information 4

2. Technische Daten 4

2.1 Typenübersicht 4
2.2 Stromversorgung 5
2.3 Gemeinsame Daten aller Geräte 5

3. Aufstellung und Betrieb der Geräte 6

3.1 Anschluss 6

3.1.1 Dimensionierung des Transformators 6
3.1.2 Speicher- und Schutzdrosseln, Trafo-und Drosseltabelle 6
3.1.3 Ballastschaltung 8
3.1.4 Kommutierungsstrombegrenzung 9
3.1.5 Endschalter-Installation und dynamische Bremse DB 3 10
3.1.6 Der Anschluss der Geräte 11

3.2 Inbetriebnahme 13

3.2.1 Externes Poti zur Strombegrenzung 13
3.2.2 Optimierung des Reglers 13
3.2.3 Optimierung mittels einzulötender Bauteile 15

4. Service 18

4.1 Bestückungstabellen 18
4.2 Berechnungshilfen für abweichendeBetriebsdaten 20
4.3 Fehlersuche

5. Anhang 25

Bestückungsplan 25
Prinzipschaltbild 26
Stromlaufplan des Vorverstärkers 27
Gehäuseabmessungen Serie 2800 28
Gehäuseabmessungen Serie 5000 29
Maßzeichnungen für Speicherdrosseln 30
Abmessungen von Ballastschaltungen und dynamischer Bremsschaltung 31

1. ALLGEMEINE INFORMATION

Transistor-Servoverstärker der Serie 2800 und 5000 sind pulsbreitenmoduliert arbeitende Verstärker, die vor allem zur Ansteuerung von schnellen Servomotoren im 4-Quadrantenbetrieb gedacht sind. Hierbei können Scheibenläufer-, Glockenanker- und auch Eisenankermotoren gleichermaßen verwendet werden. Alle Motoren, die hiermit betrieben werden, weisen brummfreien Lauf, hohe Dynamik und guten Wirkungsgrad auf. Die Verstärker sind deshalb vor allem für numerisch gesteuerte Präzisionsantriebe geeignet und haben Einstellmöglichkeiten für alle in Betracht kommenden Betriebsparameter. Die Geräte enthalten elektronische Schutzeinrichtungen für alle denkbaren Überlastungszustände, z.B. Spitzenstrombegrenzungen (statisch und drehzahlabhängig), I^2t- (Effektiv-) Strombegrenzung sowie Schutzschaltungen für Überstrom, Überspannung, Überhitzung und Unterspannung.
Ein ebenfalls eingebauter Gleichrichter ermöglicht den direkten Betrieb an einem Drehstromtrafo ohne zusätzliches Netzteil. Außerdem kann durch die energiesparende Arbeitsweise der Endstufe der Transformator in den meisten Anwendungsfällen wesentlich kleiner dimensioniert werden als es dem Produkt aus Nennstrom mal Nennspannung entspricht.
Trotz der sehr geringen Baugröße sind die Geräte servicefreundlich durch eine voll steckbare Leiterplatte für die Elektronik und einfachen Aufbau. Bei Bedarf lassen sich bis zu 3 Geräte nebeneinander in einem 19"- Einschub montieren.

2. TECHNISCHE DATEN

2.1 Typenübersicht

Geräte-bezeichnung	Ausgangs-spannung	Nennstrom (1Q- Betrieb)	Effektivstrom (4Q- Betrieb)	Impulsstrom max. 1 sec.)	
60 - 6	60 V	6A	10 A	18 A	Serie 2800
100 - 6	100 V	6 A	10 A	18 A	
170 - 6	170 A	6 A	10 A	18 A	
60 - 17	60 V	17 A	20 A	42 A	
100 - 17	100 V	17 A	20 A	42 A	
170 - 17	170 A	17 A	20 A	42 A	
60 - 25	60 V	25 A	30 A	80 A	Serie 5000
100 - 25	100 V	25 A	30 A	80 A	
170 - 25	170 V	25 A	30 A	80 A	
60 - 40	60 V	40 A	40 A	120 A	
100 - 40	100 V	40 A	40 A	120 A	
170 - 40	170 V	40 A	40 A	120 A	

2.2 Stromversorgung

a) Hilfsspannung 220 V (ca. 40 VA) einphasig vom Netz oder von Zusatzwicklung auf dem Haupttransformator.
b) Hauptversorgung (für die Endstufe) vom passendem Drehstrom-Transformator. Bei 6 A - Geräten ist auch einphasige Speisung möglich. Genaue Daten siehe Trafo- und Drosseltabelle.

2.3 Gemeinsame Daten aller Geräte

Spannungsbereich der Steuereingänge	± 10 V
max. Eingangsdrift	± 15 :V / C
Betriebesfrequenz des Pulsbreitenmodulators	7,4 kHz

IxR-Regelung (ohne Tacho) durch Umstecken einer Steckbrücke

Zusatzeingang Endstufensperre (Disable), mit Steckbrücke für schließende oder öffnende Endschalter programmierbar.

Zusatzausgänge:

a)	Hilfsspannungen	± 15 V, 100 mA
b)	Ankerstrom-Monitor (Ri = 2,2 KS)	± 10 V = ± voller Spitzenstrom
c)	Steuerkontakte für dynamische Bremse und Motorschütz	
d)	Meldekontakt für Servo-Störung (bei Betrieb geschlossen)	

Temperaturbereiche:

a)	Lagertemperatur	-10 C ... +60 C
b)	Betriebstemperatur mit 100 % Last	0 C ... +45 C
c)	Betriebstemperatur mit 80 % Last	+45 C ... +55 C

Kühlung:
Zwangsbelüftung durch angebauten Lüfter
Lüfterüberwachung durch Temperaturschalter auf den Kühlkörpern

Elektrischer Anschluss:	Schraubklemmen
mechanische Montage:	Schraubmontage mit 4 Schrauben auf ebener Fläche

Abmessungen (Länge x Breite x Höhe) und Gewicht:

Serie 2800:	260 x 145 x 145 mm, 4,2 kp
Serie 5000:	320 x 145 x 180 mm, 6,5 kp

3. AUFSTELLUNG UND BETRIEB DER GERÄTE

3.1 Anschluss

3.1.1 Dimensionierung des Transformators

Wegen der verlustarmen Arbeitsweise der Geräte ist es bei vielen Anwendungen möglich, den Transformator kleiner zu dimensionieren als zunächst vermutet. Im Gegensatz zu Thyristorantrieben entnimmt nämlich das Gerät dem speisenden Transformator nur Wirkleistung und keine Blindleistung. Und da es selbst nur eine im Vergleich zur Nennleistung sehr geringe Verlustleistung produziert, ist die aufgenommene Leistung bei konstantem Drehmoment nahezu proportional zur Drehzahl!

Diese Tatsache findet ihre Erklärung darin, dass bei kleinen Ausgangsspannungen der große Motorstrom vorzugsweise als Blindstrom in den Drosseln und Ladeelkos kreist und nur die hierbei auftretenden Verluste sowie die abgegebene elektrische Leistung aus dem Netz gedeckt werden müssen.

Die Baugröße des Transformators darf deshalb bei allen Anwendungen, bei denen der Motor vorzugsweise bei kleinen bis mittleren Drehzahlen betrieben wird, während Eilgänge mit Leistungsabgabe nur kurzzeitig vorkommen, ohne weiteres um 50 % vermindert werden. Auch bei rein dynamischem Vierquadrantenbetrieb (mit dreieckförmigen Drehzahlverläufen) darf der Trafo wesentlich kleiner dimensioniert werden, denn selbst bei ständigem Auf und Ab kann die mittlere Drehzahl einen Betrag von 50 % nicht übersteigen.

Wirklich notwendig ist die volle Trafogröße also nur bei Hauptantrieben, wo während längerer Zeitabschnitte (über 5 Minuten) dem Motor die gesamte Nennleistung abverlangt wird (z.B. Zerspanen großer Werkstücke im Eilgang).

Eine vollständige Tabelle der jeweils benötigten Transformatoren erscheint im folgenden Abschnitt. Die angegebenen Stromwerte beziehen sich auf die volle Leistung (100 %) und können je nach Anwendung reduziert werden.

3.1.2 Speicher- und Schutzdrosseln

Jedes Gerät benötigt eine ganz bestimmte Mindest-Lastinduktivität, die ohne Beeinträchtigung der Funktion nicht unterschritten werden darf. Da manche Servomotoren (z.B. Scheibenläufer) nur vernachlässigbar geringe Induktivitäten aufweisen, gibt es für die Geräte serienmäßig passende Speicherdrosseln, die dem Ausgangsstrom die erforderliche Kontinuität verleihen.
Beim Einfügen von Speicherdrosseln ist es zweckmäßig, je eine Drossel mit halber gewünschter Gesamtinduktivität in die Leitungen zwischen Motor und Gerät einzufügen, weil hierdurch auch ein sehr guter Schutz gegen Masseschlüsse oder Kurzschlüsse am Motor geschaffen wird.

Aus dem gleichen Grund sind beim Anschluss von Eisenankermotoren spezielle Schutzdrosseln einzufügen, und zwar auch dann, wenn der Motor schon genügend Eigeninduktivität aufweist. Die Wirkung der Schutzdrosseln besteht darin, im Fall eines Kurzschlusses die Anstiegsgeschwindigkeit des Stroms so zu begrenzen, dass für die Überstromschutzschaltung genügend Zeit zum Abschalten der Endstufe bleibt.

Tabelle der Mindest-Lastinduktivitäten (alle Angaben in mH)

U_{ANenn} / Volt \ I_{nenn} / A	6	17	25	40
60	1,8	0,64	0,44	0,27
100	3,0	1,1	0,73	0,45
170	5,2	1,8	1,2	0,77

Trafo- und Drosseltabelle

Geräte-bezeich-nung	Haupttransformator		Speicherdrossel		Schutzdrossel	
	Spannung	Strom	Bezeichnung	Bauform	Bezeichnung	Bauform
60 - 6	50 V	5 A	D 0,9-18-6	EJ 60/21	BV 10	EJ 60/21
100 - 6	78 V	5 A	D 1,5-18-6	EJ 66a	BV 10	EJ 60/21
170 - 6	120 V	5 A	D 2,6-18-6	EJ 66b	BV 10	EJ 60/21
60 - 17	50 V	14 A	D 0,32-50-17	EJ 66b	BV 20	EJ 60/21
100 - 17	78 V	14 A	D 0,55-50-17	EJ 84a	BV 20	EJ 60/21
170 - 17	120 V	14 A	D 0,9-50-17	EJ 84b	BV 20	EJ 60/21
60 - 25	50 V	20 A	D 0,22-85-25	EJ 78	BV 30	EJ 60/21
100 - 25	78 V	20 A	D 0,38-85-25	EJ 84b	BV 30	EJ 60/21
170 - 25	120 V	20 A	D 0,6-85-25	EJ 96b	BV 30	EJ 60/21
60 - 40	50 V	33 A	D 0,14-130-40	EJ 84b	BV 40	EJ 60/21
100 - 40	78 V	33 A	D 0,23-130-40	EJ 96b	BV 40	EJ 60/21
170 - 40	120 V	33 A	D 0,38-130-40	EJ 120a	BV 40	EJ 60/21

Alle Stromangaben gelten bei 100 % Trafoauslastung und Drehstromanschluß. Bei den Geräten 60 - 6 bis 170 - 6 ist auch einphasige Speisung möglich; der Trafonennstrom muß dann ca. 10 A betragen.

3.1.3 Ballastschaltung

Die Notwendigkeit dieser extern anzuschließenden Option bleibt auf die Geräteserie 2800 beschränkt, und zwar meist auf Geräte ab 100 Volt Nennspannung; bei 60 Volt ist sie meist nicht erforderlich. Diese Schaltung wird vor allem dann gebraucht, wenn der Motor einen guten Wirkungsgrad hat und auch das Gesamtträgheitsmoment groß ist. Bei dieser Kombination wird nämlich beim Bremsen ein besonders großer Teil der Rotationsenergie in elektrische Energie zurückgewandelt, was sich durch Überhöhung der Betriebsspannung bemerkbar macht. Die Ballastschaltung setzt diese Energie in Wärme um und verhindert so das Abschalten der angeschlossenen Geräte wegen Überspannung.

Wenn mehrere Geräte gleicher Spannung an einer Maschine installiert sind, ist es zweckmäßig, die Gleichspannungsklemmen (Kl. 26, 27) parallel zu schalten (Pluspol, Klemme 26, nur über Sicherungen!) und alle gemeinsam an eine Ballastschaltung anzuschließen (Bild 1).
Sofern wenigstens ein Gerät der Serie 5000 mit der gleichen Nennspannung vorhanden ist, erübrigt sich eine gesonderte Ballastschaltung für weitere Geräte der Serie 2800 vollständig, da die im großen Gerät bereits installierte Ballastschaltung beim Parallelschalten auch für die übrigen Geräte arbeitet. Der Arbeitswiderstand der Schaltung ist so niederohmig, dass nur in sehr extremen Fällen die spannungsbegrenzende Wirkung ausbleiben dürfte.

Bei Mehrachssystemen mit unterschiedlichen Nennspannungen muß für jede Spannungsgruppe eine Ballastschaltung vorgesehen werden. In diesem Fall werden nur die negativen Klemmen (Kl. 27) über Kabel mit großen Querschnitten untereinander verbunden (Bild 2).

Bei der Montage der externen Ballastschaltung ist darauf zu achten, dass die vom Leistungswiderstand (80 Watt) erzeugte Wärme gut abgeführt wird. Der Aufbau im Abluftstrahl des Gerätes (auf der Klemmenseite) ist deshalb zweckmäßig.

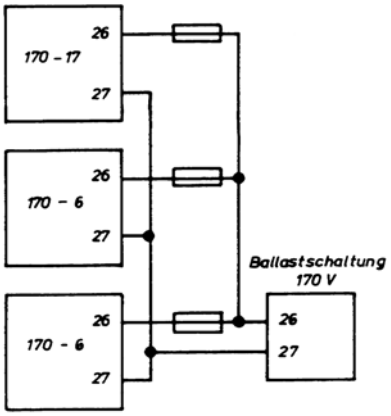


Bild 1: Ballastschaltung mit drei Geräten gleicher Spannung

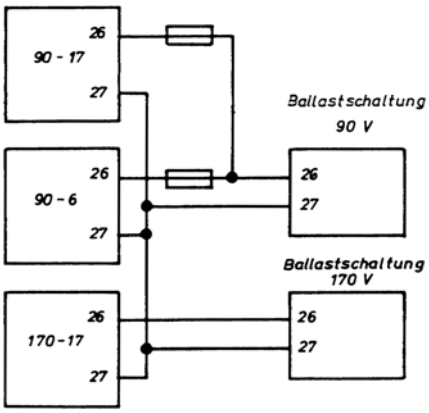


Bild 2: Ballastschaltungen bei Geräten mit unterschiedlicher Spannung

3.1.4 Kommutierungsstrombegrenzung

Der Ersatz dieses Steckmoduls ist vor allem bei Anwendung von herkömmlichen Eisenankermotoren notwendig. Solche Motoren vertragen nämlich nur bei niedrigen Drehzahlen große Impulsströme, während bei hohen Drehzahlen und großen Strömen meist sehr starkes Bürstenfeuer auftritt, das im Extremfall bis zur nächsten Bürste gezogen werden kann und dann augenblicklich den Verstärker zerstört. Außerdem wird in jedem Fall die Lebensdauer von Kohlebürsten und Kollektor stark reduziert. Bei der Auswahl des Motors müssen deshalb auch dessen Kommutierungs-grenzkennlinien beachtet werden. Für die Einhaltung unter allen Betriebszuständen sorgt dann das Steckmodul, wobei dessen Kennlinie auf keinen Fall die vom Motorhersteller angegebene Impuls-Grenzkennlinie (für Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge) überschreiten darf.
Die Motorkennlinien sind meist in der Form n = f (M) angegeben (Drehzahl als Funktion des erzeugten Drehmoments) und müssen zunächst mittels Drehmoment- und Spannungskonstanten sowie unter Berücksichtigung des ohmschen Spannungsabfalls in die Form $U_A = f(I_A)$umgerechnet werden, bevor ein direkter Vergleich mit den u.a. Strombegrenzungskennlinien möglich ist.
In einer vereinfachten Betrachtung ist es auch zulässig, nur den Grenzstrom bei der höchstmöglichen Drehzahl zu bestimmen, da dies meist der kritischste Punkt ist.
Bei dieser Betrachtung sei der Verstärker durch eine Konstantspannungsquelle ersetzt, die gerade Nennspannung hat. Gesucht ist dann genau derjenige Motorstrom, der bis an die Kommutierungs-Grenzkennlinie heranführt.

Die unten dargestellten Kennlinien sind stets auf die Gerätenennspannung und listenmäßigen Impulsströme bezogen und werden durch Potentiometer im Gerät in ihrer prinzipiellen Form beeinflußt. Einschränkende Einflüsse üben nur die Potis für Impulsstrom (P6) und Effektivstrom (P7) aus, doch geschieht dies nicht drehzahlabhängig, sondern in Form zweier symmetrisch und parallel zur n-Achse liegender, schneidenden Geraden. Hierbei fährt der Motor nur im Innenraum der Kennlinien.

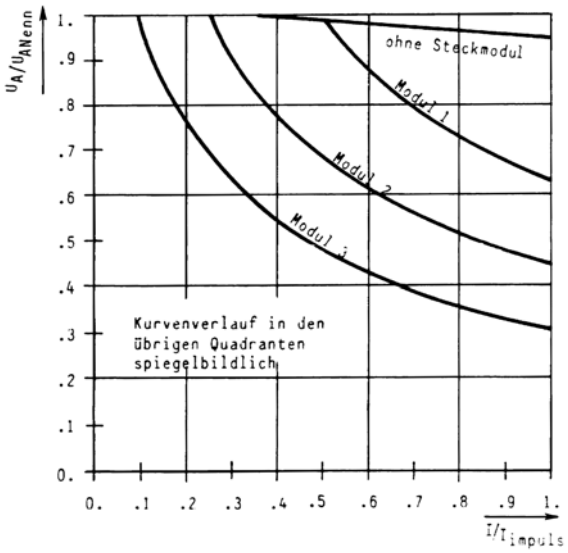


Bild 3: Kennlinien der Kommutierungs-Strombegrenzung

3.1.5 Endschalter - Installation und dynamische Bremse (DB 3)

Viele Maschinen mit begrenztem Arbeitshub müssen gegen versehentliches Überfahren des Arbeitsbereiches geschützt werden. Zu diesem Zweck sind an jedem Bereichsende je ein unterbrechender Endschalter und am Gerät eine dynamische Bremse (Option DB 3) zu installieren (Bild 4). Zusätzlich muß die Steckbrücke Stbr 2 auf “ext” umgesteckt werden. (Steckposition nur bei stromlosem Gerät wechseln).
Die Wirkungsweise dieser Anordnung ist so, dass bei einer Endschalterbetätigung zunächst die Endstufe des Gerätes gesperrt wird (Disable). Nach Ablauf einer Sicherheitspause von ca. 1 ms schließt ein Kontakt (Kl.17-18) und zündet den Thyristor der dynamischen Bremse. Dieser schließt daraufhin über einen niederohmigen Vorwiderstand den Motor kurz und bremst ihn hierdurch in kurzer Zeit ab.
Da nach dem Auslösen der Bremsschaltung der Thyristor erst bei Stillstand des Motors wieder löscht, enthält das Gerät eine Pausenschaltung, welche die Endstufe erst 1 s nach Ablauf des Disable-Befehls freigibt. So wird verhindert, dass die Endstufe von dem noch gezündeten Thyristor kurzgeschlossen werden kann (z.B. bei nur kurzzeitiger Betätigung des Endschalters).
Die dynamische Bremse wirkt auch bei stromlosem Gerät, jedoch zunächst nicht beim Ansprechen der Servo-Störung (z.B. wegen Überspannung). Wenn das Ansprechen auch hierbei gewünscht wird, muß der Meldekontakt für Servo-Störung (Kl.19-20) mit in den Endschalter-Stromkreis einbezogen werden. (Bild 5)

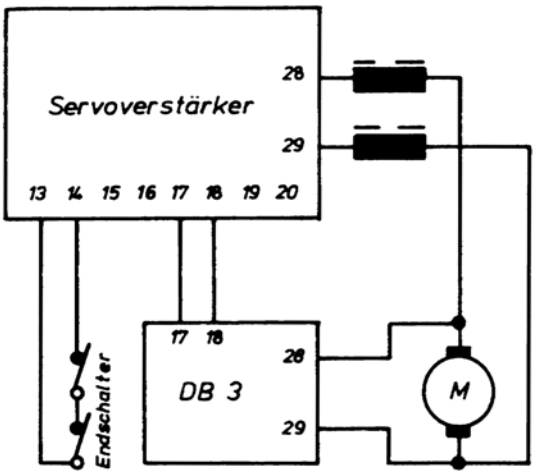


Bild 4: Anschluss der dynamischen Bremse DB 3 (Ansprechen bei Endschalter-Betätigung und Netzausfall)

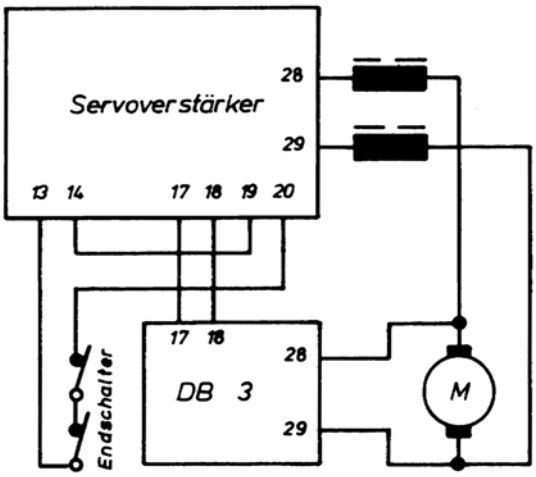


Bild 5: Anschluss der dynamischen Bremse (Ansprechen bei Endschalter-Betätigung, Netzausfall und Servo-Störungen)

3.1.6 Der Anschluss der Geräte

Zur Vermeidung von Rückwirkungen oder gegenseitigen Beeinflussungen, aber auch zum Schutz vor Antrieb und Steuerung sind beim Anschluss von pulsbreitenmodulierten Servoverstärkern einige wichtige Punkte zu beachten.

a) Leitungsführung und Erdung
Zunächst ist auf eine räumliche Trennung zwischen Starkstromkabeln (Stromversorgung, Motorleitungen, Drosselleitungen) und Steuerleitungen (Drehzahlsollwert, Tacho, ext. Strombegrenzung, Endschalter) zu achten. Die beiden Leitungssorten sollten jeweils für sich gebündelt und in getrennten Kanälen verlegt werden. Bei den Erdleitungen ist auf maximalen Querschnitt und kürzestmögliche Länge zu achten. Die Verlegung soll möglichst nicht gemeinsam mit den übrigen Leitungen, sondern frei erfolgen, da dies meist noch geringere Längen ermöglicht. Die Speicher- oder Schutzdrosseln sollen möglichst nah am zugehörigen Gerät montiert und die Kerne auch dort geerdet sein. Bei Mehrachsbetrieb sollen alle Geräte auf einem gemeinsamen Blech montiert und an einer jeweils direkt neben dem Gerät angebrachten Erdklemme geerdet werden - die sonst übliche Verlegung von Erdleitungen zu einem zentralen Punkt ist wegen der größeren Leitungslängen störstrahlungsmäßig ungünstiger. Die Erdung von Motorgehäuse und Steuerung muß über eigens hierfür verlegte Leitungen ebenfalls an diesem Blech erfolgen; der Anschluss an anderen Maschinenteilen birgt wegen möglicherweise vorhandener isolierender Lackschichten Gefahren für Gerät und Steuerung im Fall eines Masseschlusses.

b) Anschluss der Steuerleitungen
Die beiden Pole des Tachogenerators dürfen nur an den zugehörigen Klemmen am Servoverstärker (Kl.5+6) angeschlossen sein. Wenn das Tachosignal auch in der Steuerung gebraucht wird, kann dies bei geringeren Anforderungen an die Genauigkeit an der Klemme 6 entnommen werden; Bezugs-Null ist in diesem Fall Erde. Wenn die hierdurch vorhandenen Massekopplung mit der Endstufe stört, muß in der Steuerung ein Differenzverstärker vorgesehen werden, dessen Eingänge dann in der gewünschten Polung parallel zum Tachogenerator angeschlossen werden können.
Die Eingangssteuerleitungen sind stets 2polig zur Steuerung zu führen; beim Bezug auf 0 Volt am Gerät (Kl.7) sind sonst Rückwirkungen fast unvermeidlich. Das “kalte” Ende der Steuereingänge ist also immer erst am Bezugspotential der Steuerung auf Null zu legen - eine durch die ganze Maschine gezogene “Elektronik - Masse” ist im Gegensatz hierzu unvorteilhaft. Das Bezugspotential der Steuerung soll innerhalb der Steuerung auf Erde gelegt und verbunden sein (Montageblech). Der Schirm der Tacholeitung wird auf der Geräteseite angeschlossen; der Schirm der Steuerleitungen kann an der Steuerung oder am Gerät anliegen; jedoch nicht an beiden gleichzeitig. Sofern im Ausgang der Steuerung aktive Baugruppen (Operationsverstärker) vorhanden sind, ist der Anschluss des Schirms an der Steuerung meist vorteilhafter (die Steuerung muß dann allerdings, ebenso wie das Gerät, geerdet sein); wenn zur Steuerung

jedoch nur passive Bauteile verwendet werden (z. B. Potentiometer und Schalter), wird der Schirm der Zuleitung besser am Gerät angeschlossen.

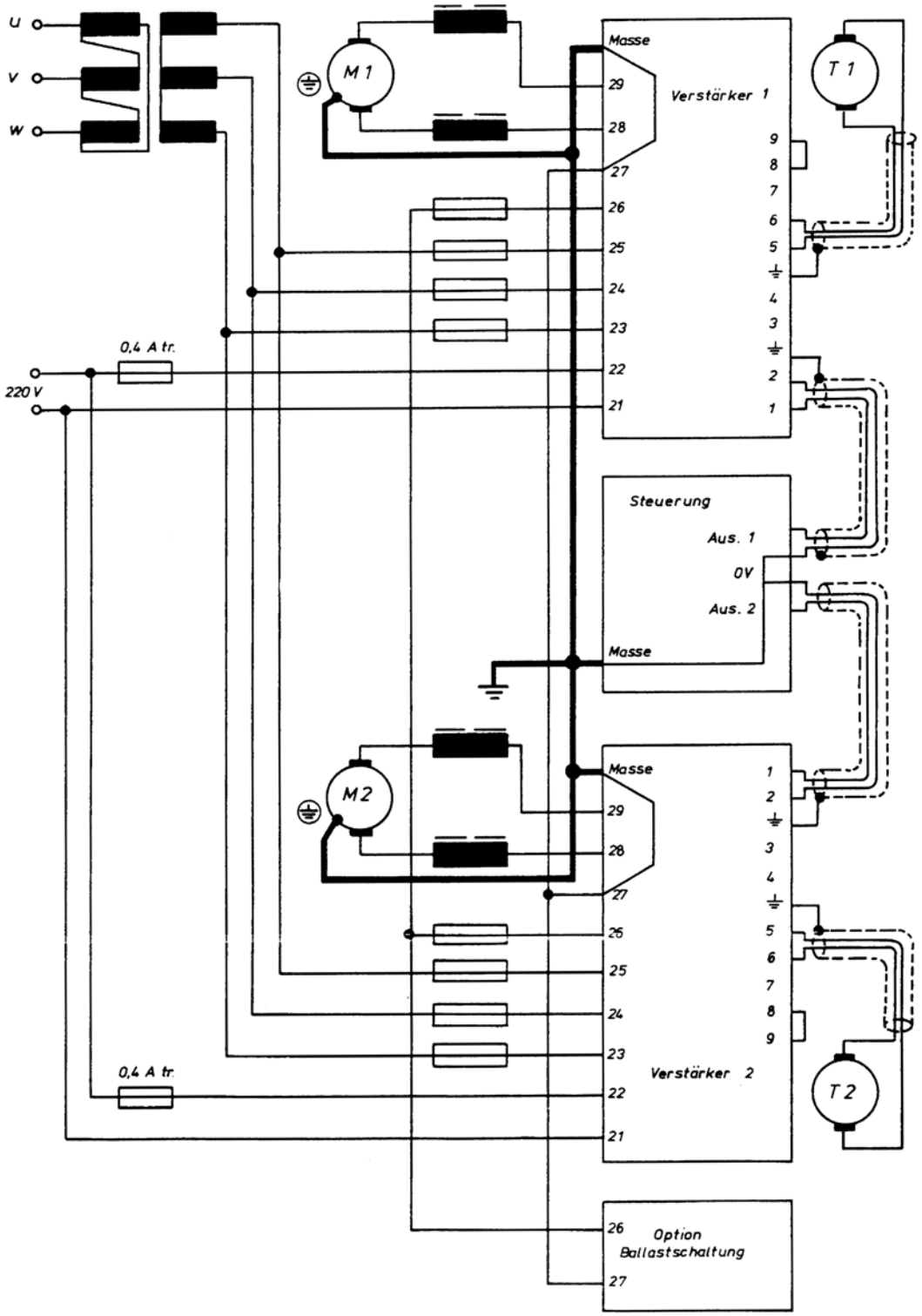


Bild 6: Anschlußvorschlag für 2 Achsen

3.2. Inbetriebnahme

3.2.1 Externes Poti zur Strombegrenzung

Für die Inbetriebnahme kann an den Geräten ein Potentiometer (10 kΩ lin.) angeschlossen werden, an dem sich der maximale Impulsstrom bis auf Null reduzieren läßt. Hierdurch lässt sich das Risiko für die Maschine bei eventuellem Falschanschluß verhindern. Das Poti vermindert den Ankerstrom-Sollwert, der vom Drehzahlregler gebildet wird. Für eine sinngemäß richtige Funktion (Rechtsanschlag = voller Strom) ist das Poti so anzuschließen, dass das linke Ende an Klemme 7, der Schleifer an Klemme 8 und das rechte Ende an Klemme 9 anliegt.
Vor dem ersten Einschalten wird das Poti auf Linksanschlag gestellt und erst im Verlauf der Inbetriebnahme aufgedreht. Nach erfolgter Inbetriebnahme wird es entfernt und durch eine Brücke zwischen den Klemmen 8 und 9 ersetzt.

3.2.2 Optimierung des Reglers

Sofern die Anforderungen an die Regeleigenschaften nicht zu hoch sind, läßt sich mit der vorhandenen Standardbeschaltung auch ohne Oszilloskop ein guter Abgleich erreichen. Bei diesem Abgleich sollte nach folgendem Schema vorgegangen werden:

a) Tachoanpassung (nur bei Tachoregelung)
   1.) Bei Maschinen mit begrenzter Lauflänge Motor, wenn möglich, auskuppeln
   2.) Poti P5 (Verstärkung) in Mittelstellung
       Potis P1, P2 (Eingänge) und P6 (Impulsstrom) auf Rechtsanschlag
       Ext. Poti (Strombegrenzung) auf Linksanschlag
   3.) Eingangsspannung 0 V vorgeben und Gerät einschalten
   4.) Ext. Poti langsam aufdrehen und Motor beobachten. Wenn der Motor hochläuft, ext. Poti wieder auf Linksanschlag und nach Motorstillstand Tacholeitungen umpolen. Anschließend Poti wieder aufdrehen; Motor muß mit Haltemoment stehen oder darf nur leicht driften.
   5.) Ext. Poti ca. 1/3 aufdrehen und maximale Eingangsspannung (z.B. 10 V) eingeben. Drehzahl des Motors messen und mit P3 (Tachoabgleich) auf den gewünschten Nennwert (z.B. 3000 Upm) abgleichen.

b) Offset-Abgleich (nur bei Tachoregelung)
   Steuerung wie vorgesehen anschließen, jedoch Lageregelkreis abschalten. Eingangsspannung 0 V vorgeben und Drift mit Poti P4 beseitigen.

c) Abgleich der IxR - Kompensation (nur bei IxR - Regelung)
   1.) Steckbrücke Stbr 1 auf Stellung “IxR” umstecken.
       Poti P10 auf Linksanschlag, Poti P5 in Mittelstellung, Potis P1, P2, P6 auf Rechtsanschlag
       Ext. Poti auf Linksanschlag
   2.) Eingangsspannung 0 V vorgeben, Gerät einschalten.
       Ext. Poti ca. 1/3 aufdrehen und Drift mit P4 grob beseitigen.

3.) Motor von Hand durchdrehen und gleichzeitig P10 langsam aufdrehen. Poti P10 nur soweit aufdrehen, dass sich der Motor gerade noch langsam bewegen läßt. Bei zu weit gedrehtem Poti P10 schlägt der Motor zurück oder pendelt.
4.) Drift mit P4 nochmals korrigieren.

d) Verstärkungsabgleich
1.) Motor mit der kleinsten später anzutreibenden Schwungmasse belasten. Gewünschten Impulsstrom am Poti P6 voreinstellen (Verteilung ist linear zwischen 19 % (bei Linksanschlag) und 100 % (bei Rechtsanschlag), wobei 100 % gerade dem listenmäßigen Impulsstrom entsprechen. Ext. Poti ganz aufdrehen oder Brücke zwischen den Klemmen 8 und 9 einsetzen.
2.) Poti P5 ganz nach rechts drehen (Motor muß stark heulen) und anschließend sofort zurückdrehen bis das heulen aussetzt. Nicht weiter nach rechts drehen.
3.) Etwa 2/3 der max. Eingangsspannung vorgeben. Wenn starke Lauf-Unruhe hörbar ist (evtl. auch mit Oszilloskop an Kl. 10, Ankerstrom-Monitor, Welligkeit prüfen; Wechselspannungsanteil max. 5 V), Poti P5 noch weiter nach links drehen.

e) Abgleich der Effektivstrombegrenzung
1.) Beim Vorhandensein von Speicherdrosseln mit der geforderten Mindest-Induktivität Gerät ausschalten, Motor abklemmen und stattdessen ein Weicheisenampèremeter hinter den Drosseln anschließen. Falls keine Speicherdrosseln zur Verfügung stehen, ist das Ampèremeter einfach in Reihe zum Motor anzuschließen und dieser mechanisch zu blockieren. Geräte-Ausgang jedoch nie ohne Drosseln kurzschließen!

2.) Rechteckförmige Spannung (ca. ± 2 V, 1 Hz) eingeben und Gerät einschalten. Nach kurzer Überstromdauer (ca. 1 - 10 s, je nach Stellung des Potis P6) reduziert sich der Strom selbsttätig auf den Geräte-Nennwert, und die rote LED D7 leuchtet auf.

3.) Effektivstrom durch zügiges, stückweises Verstellen von P7 einstellen. Nach jeder Verstellung vergeht eine gewisse Zeit bis sich die Schaltung an den neuen Wert angepaßt hat; der Strom beträgt solange entweder Null oder ist gleich dem eingestellten Impulswert.

f) Spitzenstrombegrenzung
1.) Anschluss und Ansteuerung wie unter e) beschrieben, jedoch extern Brücke zwischen den Klemmen 8 und 9 durch Schalter ersetzt. Schalter zunächst geöffnet.
2.) Gerät einschalten und ca. 1/2 Minute ruhen lassen.
3.) Schalter kurzschließen und an P6 gewünschten Impulswert einstellen. Da nach kurzer Zeit die Effektivstrombegrenzung anspricht, ist hierbei Eile erforderlich.
4.) Falls der Einstellvorgang nicht beendet werden konnte, Schalter

nochmals für etwa 1/2 Minute öffnen und anschließend Punkt 3 wiederholen.

g) Verstärkung des Ankerstromreglers (P11)
Beim Vorhandensein der vorgeschriebenen Mindestlastinduktivität soll dieses Potentiometer auf Linksanschlag stehen. Lediglich bei sehr viel größeren Lastinduktivitäten läßt sich die dann etwas schlechtere Regeldynamik, vor allem bei relativ kleinen Impulsströmen, durch Aufdrehen dieses Potis verbessern. Die Verstärkungssgrenze macht sich durch Oszillation im Frequenzbereich von 1 - 4 kHz während der Beschleunigungsimpulse bemerkbar.

h) Andere Potentiometer
Je nach Ausführung erhalten die Geräte noch ein bis zwei weitere, versiegelte Potentiometer, die aber im Interesse der Betriebssicherheit nicht verstellt werden dürfen. Sie bestimmen die Schaltschwellen der Überstrom-Schutzschaltung und der Ballastschaltung.

3.2.3 Optimierung mittels einzulötender Bauteile

Für manche Anwendungen, insbesondere bei hohen Anforderungen an Präzision und Wiederholgenauigkeit ist der oben beschriebene Abgleich mittels Potentiometer nicht ausreichend. Die wichtigsten abgleichbestimmenden Bauteile sind deshalb auf Lötpfosten angebracht, entsprechend markiert und können bei Bedarf leicht gewechselt werden. Bei geeigneter Dimensionierung kann auf den Gebrauch der Potentiometer weitgehend verzichtet werden, d.h. diese werden dann auf Anschlag gestellt. Man gewinnt durch dieses Verfahren größtmögliche Wiederholgenauigkeit bei geringem Arbeitsaufwand. Die einzigen unvermeidlichen Ausnahmen machen die Potis für den Offset-, Tacho- und IxR - Abgleich, da diese Parameter entweder geräteseitig oder motorseitig Toleranzen unterworfen sind und ohnehin jeweils an Ort und Stelle eingemessen werden müssen.
Für den einmalig durchzuführenden Abgleich der übrigen Eigenschaften sind ein Speicheroszilloskop und ein Ampèremeter nötig. Die Potis P1, P2 (Sollwerteingänge), P6 (Impulsstrom) und P7 (Effektivstrom) sind auf Rechtsanschlag zu stellen, die Potis P5 und P11 (Verstärkung von Drehzahlregler und Stromregler) auf Linksanschlag. Das Einmessen der Bauteile kann dann wie folgt vorgenommen werden:

a) Tachoanpassung, Offsetabgleich und IxR - Kompensation
Vorgang wie unter 3.2.2 beschrieben.

b) Impulsstrom - Begrenzung (R144)
Bei voll aufgedrehtem Poti P6 und fehlendem Widerstand R144 beträgt der Impulsstrom $\hat{I}_{max.}$ genau 100 % vom angegebenen Listenwert (siehe Abschnitt 2.1). Durch Einbau von R144 kann dieser Betrag beliebig vermindert werden. Der Zusammenhang läßt sich folgendermaßen ausdrücken:

$$R144 = \frac{\hat{I}}{\hat{I}_{max.} - \hat{I}} \cdot 10\ kOhm$$

Eine Beeinflussung der Effektiv- oder Kommutierungsstrom-begrenzungen findet nicht statt.

C) Effektivstrom - Begrenzung (R145)

Bei voll aufgedrehtem Poti P7 wird mit der Standardbeschaltung gerade der maximal zulässige Effektivstrom für den 4-Quadrantenbetrieb erreicht. Wenn Ströme gewünscht werden, die hiervon abweichen, kann R145 nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$R145 = \frac{1{,}1\ I_{eff}^{\ 2}}{\hat{I}_{max.}^{\ 2} - 1{,}1 I_{eff}^{\ 2}} \cdot 47\ kOhm$$

Der listenmäßige, maximale Impulsstrom $\hat{I}_{max.}$ ist auch dann einzusetzen, wenn der tatsächliche Impulsstrom mit P6 oder R144 vermindert wurde. Die Genauigkeit dieser Gleichung ist allerdings begrenzt, vor allem bei Stromverminderungen auf sehr kleine Werte. Der errechnete Wert muß deshalb auf seine Richtigkeit geprüft und gegebenenfalls korrigiert werden (siehe hierzu Abschnitt 3.2.2 e)). Die Abweichung beruht auf der nur begrenzt möglichen Nachbildung der quadratischen Kennlinie mit einem Netzwerk aus Z-Dioden. Die Wiederholgenauigkeit von Gerät zu Gerät ist allerdings größer, sodaß ein einmal gefundener Wert beibehalten werden kann.

d) Frequenzgang des Drehzahlreglers
Für das vollständige Einmessen aller Komponenten sind zunächst die Teile C4 und R22 kurzzuschließen, sowie der Kondensator C5 auszubauen. Das Oszilloskop wird an TP 5 (Ankerstrom-Monitor) angeschlossen und das Verhalten des Gerätes bei der Eingabe von Start - Stop - Impulsen (z.B. 0 V / 1 V, 1 Hz) untersucht. Jeder Beschleunigungs- und Bremsvorgang erzeugt am Testpunkt 5 einen Impuls, dessen zeitlicher Verlauf viel über das dynamische Verhalten des Servoantriebs aussagt. Das Ziel des Abgleichs ist es, diese Impulse möglichst trapezförmig zu machen, wobei als begrenzende Faktoren die Induktivität der Last, die Steifigkeit der Tachokopplung oder die Welligkeit der Tachospannung wirksam werden.
Die Flankensteilheit der Trapeze beträgt ca. 500 :s / 10 V bei Mindestlast-Induktivität.

R24 - Wechselspannungsverstärkung
Wenn die rückwärtigen Flanken der Impulse nach einer e-Funktion in die Nullinie

einlaufen, ist dieser Widerstand zu vergrößern; wird jedoch ein dreieckförmiges Einpendeln sichtbar, muß er verkleinert werden. Wenn ein Wert gefunden wurde, der das gewünschte Verhalten bewirkt, muß anschließend überprüft werden, ob die Welligkeit der Tachospannung bei großen Drehzahlen gering genug ist; der Wechselspannungsanteil am TP5 sollte 5 V_{SS} nicht überschreiten, da sonst Laufruhe und Strom-Formfaktor zu schlecht sind. Wenn der Wechselspannungsanteil diesen Betrag übersteigt, muß entweder die Regelbandbreite oder die gesamte Wechselspannungsverstärkung vermindert werden - je nach Störfrequenz ist die eine oder andere Maßnahme sinnvoller.
Als weitere Komplikation bei diesem Abgleich ist auch das Auftreten von Torsionsresonanzen möglich, insbesondere bei Scheibenläufer-Anordnungen. Diese Erscheinung ist an hartnäckigem Summen zu erkennen, dessen Frequenz sich auch bei Änderungen von R24 kaum beeinflussen läßt. Auch hier muß die Regelbandbreite vermindert werden. Auf jeden Fall ist ein möglichst großer Wert für R24 anzustreben, das sich dies besonders beim Zusammenwirken mit dem Integrationskondensator C4 sehr positiv bemerkbar macht.

C5 - Begrenzung der Regelbandbreite
Ohne den Kondensator C5 beträgt die Regelbandbreite 1 kHz. Bei Torsionsresonanzen, übermäßiger induktiver Phasendrehung oder zu großer Tachospannungswelligkeit kann eine Reduktion der Bandbreite vorteilhaft sein. Der hierfür einzusetzende Kondensator C5 sollte so klein wie möglich bleiben, da er das Überschießen verstärkt. Allerdings kann meist nach dem Einsatz von C5 auch der Widerstand R24 vergrößert werden, was sich wiederum vorteilhaft auf das Regelverhalten auswirkt. Zur Ermittlung des richtigen Wertes für C5 ist für R24 und C5 je eine Widerstands- bzw. Kondensator-Dekade anzuschließen und genau diejenige Kombination zu suchen, bei der R24 am größten ist ohne dass noch Torsionsresonanz auftritt oder schon übermäßiges Überschießen auftritt. Das Auffinden der richtigen Kombination bedarf einiger Erfahrung.

C4 - Integral - Verhalten
Generell gilt: je kleiner C4, desto steifer die Motorwelle bei Belastung. Gleichzeitig nimmt die Ausregelzeit nach einer impulsförmigen Belastung ab, während die Höhe des Überschießens etwas größer wird. Für den Betrieb des Gerätes als ungeführter Drehzahlregler sollte C4 so gewählt werden, dass die Stromkurve nach einmaligen Überschießen möglichst schnell in die Nullinie einläuft.
Liegt das Gerät jedoch im Lageregelkreis, ist C4 soweit zu vergrößern, dass ein Drehzahl-Überschießen beim Einlauf in die Sollposition gerade eben vermieden wird. Bei zu kleinen Werten für C4 tritt noch Überschießen auf, während bei zu großem Wert der Einlauf in die exakte Endposition unnötig verzögert wird.

R22 - Gleichspannungsverstärkung
Beim Betrieb des Geräts als Drehzahlregler ist dieser Widerstand kurzzuschließen; er bewirkt nämlich eine leichte Nachgiebigkeit bei Belastungen der Motorwelle und reduziert so das Drehzahlregelverhältnis.
Wenn das Gerät jedoch als Stellglied in einem übergeordneten Lageregelkreis eingesetzt wird, ist dieses Verhalten erwünscht. Während nämlich bei kurzgeschlossenem R22 die Motorwelle bei einer plötzlich auftretenden Belastung

nach einer kurzzeitigen Auslenkung wieder mit voller Kraft in die Nullage gezogen wird und bei nachfolgender plötzlicher Entlastung eine ebensolche Bewegung in eine andere Richtung macht, wird mit größer werdendem R22 eine bestimmte statische Steifigkeit definiert, d.h. um wieviel Grad pro Newtonmeter Belastung die Welle nachgibt. Ab einem bestimmten Wert für R22 gibt es bei plötzlicher Entlastung kein Überschießen über die Nullage hinaus mehr. Ebenso wird das überschwingfreie Einlaufen in eine neue Sollposition durch R22 erleichtert. Der hierfür erforderliche Betrag richtet sich auch nach der Höhe der Wechselspannungsverstärkung (R24); mit größer werdendem R24 darf R22 kleiner werden ohne dass Überschießen auftritt.

4. SERVICE

4.1 Bestückungstabellen

Die Steuerelektronik der Geräte sowie die Ballastschaltung enthält einige auf Lötpfosten befindliche Bauteile, die zusammen mit weiteren Teilen im Grundgerät die Betriebs- und Grenzdaten festlegen. Die Steuerplatten aller Gerätetypen unterscheiden sich also nur durch diese Bestückung voneinander und können im Notfall für andere Grundgeräte umgerüstet werden. Auch ein Umbau innerhalb einer Geräte-Gruppe (gleiche Meßwiderstände in Grundgerät) ist möglich, wobei aber nur das “Abmagern” erlaubt ist, da im umgekehrten Fall das Gerät in einem Bereich belastet würde, in dem es nicht getestet worden ist.

Bestückungstabelle für die Ballastschaltung

Nenn-spannung	R1	R4	R5	R12	R13	R17	R18	Endtrans.
60 V	3,9 K	100 K	100 K	3,3 K	330 Ohm	3,9 K	3,9 Ohm	BUL 5020
100 V	6,8 K	100 K	150 K	4,7 K	470 Ohm	6,8 K	3,9 Ohm	BUL 5020
170 V	12 K	180 K	220 K	6,8 K	680 Ohm	8,2 K	5,6 Ohm	BUL 5025
Bauform Toleranz	KH 16018 10 %	SBB 0207 5 %	SBB 0207 5 %	LH 04024 10 %	KH 16018 10 %	SBC 0309 5 %	HL-80 5 %	

Bestückungstabelle für das Grundgerät mit Steuerelektronik

Geräte Bez.	R40 R41	R60 R61	R125	R145	R148 R149	R154 R155	R189	Überspannung D27	Überspannung D28	Unter-sp. D29	Schalt-schw. Ballast-sch.	Shunt i.d. Endst.	Lade-Elkos	Treiber-trans.	Endtrans.
60-6	1,8 K	60,4 K	6,8 K	22 K	47 K	15 **S**	100 K	---	120 V	33 V	105 V	0,1 **S**	2500 **:**F/100 V	---	4x BUL 1520
100-6	1,8 K	100 K	12 K	22 K	68 K	1,2 K	150 K	75 V	75 V	47 V	135 V	0,1 **S**	1850 **:**F/150 V	---	4x BUL 1520
170-6	1,8 K	169 K	22 K	22 K	120 K	6,8 K	270 K	100 V	120 V	100 V	205 V	0,1 **S**	1000 **:**F/200 V	---	4x BUL 1525
60-17	750	60,4 K	6,8 K	15 K	47 K	15 **S**	100 K	---	120 V	33 V	105 V	0,02 **S**	2500 **:**F/100 V	4x BUL 1025	4x BUL 5020
100-17	750	100 K	12 K	15 K	68 K	1,2 K	150 K	75 V	75 V	47 V	135 V	0,02 **S**	1850 **:**F/150 V	4x BUL 1025	4x BUL 5020
170-17	750	169 K	22 K	15 K	120 K	6,8 K	270 K	100 V	120 V	100 V	205 V	0,02 **S**	1000 **:**F/200 V	4x BUL 1025	4x BUL 5025
60-25	680	60,4 K	6,8 K	12 K	47 K	15 **S**	100 K	---	120 V	33 V	105 V	0,01 **S**	4100 **:**F/100 V	4x BUL 1520	8x BUL 5020
100-25	680	100 K	12 K	12 K	68 K	1,2 K	150 K	75 V	75 V	47 V	135 V	0,01 **S**	2600 **:**F/150 V	4x BUL 1520	8x BUL 5020
170-25	680	169 K	22 K	12 K	120 K	6,8 K	270 K	100 V	120 V	100 V	205 V	0,01 **S**	1500 **:**F/200 V	4x BUL 1525	8x BUL 5025
60-40	1,1 K	60,4 K	6,8 K	8,2 K	47 K	15 **S**	100 K	---	120 V	33 V	105 V	0,01 **S**	4100 **:**F/100 V	4x BUL 1520	12x BUL 5020
100-40	1,1 K	100 K	12 K	8,2 K	68 K	1,2 K	150 K	75 V	75 V	47 V	135 V	0,01 **S**	2600 **:**F/150 V	4x BUL 1520	12x BUL 5020
170-40	1,1 K	169 K	22 K	8,2 K	120 K	6,8 K	270 K	100 V	120 V	100 V	205 V	0,01 **S**	1500 **:**F/200 V	4x BUL 1525	12x BUL 5025
Bau-form	0207	0207	0617	0207	0207	LH 04024	0207								
Toleranz	5 %	1 %	5 %	5 %	5 %	10 %	5 %	5 %	5 %	5 %	1 %				

Weitere austauschbare Teile, jedoch bei allen Geräten gleich: R22: 330 **S** C4: 0,1 **:**F
C5: 4,7 nF R24: 150 k**S**

4.2 Berechnungshilfen für abweichende Betriebsdaten

Manche Anwendungen verlangen Geräte-Ausgangsdaten, die zunächst serienmäßig nicht verfügbar sind. Da insbesondere die maximale Ausgangsspannung nur von der Höhe der angelegten Betriebsspannung begrenzt wird, kann es erforderlich werden, die Geräte an eine geänderte Betriebsspannung anzupassen. Hierbei ist nur das Abmagern erlaubt. Der Toleranzbereich für eine Verminderung der Nennspannung ohne Änderungen am Gerät beträgt 20 %. Eine Erhöhung der Betriebsspannung, die über die übliche Netzüberspannung von +5 % hinausgeht, ist nicht zulässig und gefährdet vor allem die Ballastschaltung. Wenn also die Nennspannung um mehr als 20 % vermindert werden soll, müssen andere Bauteile anstelle der Standardbestückung eingesetzt werden. Die Daten können nach den folgenden Gleichungen ermittelt werden.

a) Trafospannung

Geräte-interner Spannungsabfall ca. 10 V konst.; die benötigte Trafospannung beträgt dann:

$$U_{Teff} = 0{,}71\,(U_{ANenn} + 10\,V)$$ jedoch max 125. V eff

b) Trafonennstrom
Maßgebend hierfür ist die elektrische Dauerleistung, die das Gerät an den Motor abgibt (vgl. Abschn. 3.1.1). Für den uneingeschränkten Dauerbetrieb bei voller Ausgangsspannung gilt:

$$I_T = I_{ANenn} \cdot 0{,}817$$ (I_{ANenn} ist Dauerausgangsstrom des Geräts)

c) Spannungsnormierung der Regelelektronik

$$R60 = R61 = U_{ANenn} \cdot \frac{10\,K}{10\,V} - 1\,kOhm$$

d) Schaltschwelle der Überspannungsschutzschaltung
Diese muß sich nicht nur nach der Spannungsfestigkeit der eingebauten Elkos, Transistoren oder der Ballastschaltung richten, sondern sie muß nach einer Änderung der übrigen Bestückung (vor allem in der Treiberschaltung) wegen der neuen Arbeitspunkte mitgeändert werden. Die Höhe der Abschaltspannung wird von den Z-Dioden D27 und D28 bestimmt:

$$U_{D27} + U_{D28} = U_{ANenn} + 50\,V$$

e) Unterspannungs-Schaltschwelle

Bei der Dimensionierung dieser Schwelle sind sowohl Netzspannungsschwankungen (-10 %) als auch solche Spannungseinbrüche, die durch die Belastung des Transformators hervorgerufen werden, zu berücksichtigen. Die untere Grenze liegt bei 33 Volt; für noch geringere Spannungen müssen fest in der Treiberschaltung eingebaute Widerstände verringert werden. Die Abschaltschwelle wird von der Z-Diode D29 festgelegt.

$$U_{D29} = U_{ANenn} - 50\,V$$ jedoch min. 33 V

f) Schaltschwelle der Ballastschaltung

Diese richtet sich nach Höhe und Genauigkeit der Überspannungs-schaltschwelle der Geräte. Sie sollte so dimensioniert sein, dass der Einschaltpunkt der Ballastschaltung ca. 4 V unter der unteren Toleranzgrenze der Z-Dioden für die Überspannung liegt. Bei tiefer liegenden Schaltschwellen besteht die Gefahr, dass schon bei leichten Netzüberspannungen die Ballastschaltung nicht mehr abschaltet; der Widerstand verbrennt hierbei innerhalb von Sekunden.

$$U_{Ballast} = U_{D27\,+\,D28} - 15\,V$$ (Oberer Schaltpunkt)

g) Impulsstrom-Normierung

Diese sei hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt; von einer Änderung sollte unbedingt Abstand genommen werden, da hiervon alle Geräteeigenschaften abhängen, die mit dem Ausgangsstrom zusammenhängen, z.B. Impulsstrom, Effektivstrom, Kommutierungsstrombegrenzung usw. mit Ausnahme der Schaltschwelle für die Überstromschutzschaltung. Eine Änderung all dieser Parameter sollte immer an den hierfür zuständigen Potentiometern oder Festwiderständen vorgenommen werden, nicht an der Gesamtnormierung.

$$R_{40} = R_{41} = \hat{I} \cdot R_S \cdot \frac{10\,K}{10\,V} - 100\,Ohm$$ R_S = Shunt im Grundgerät

h) sonstige Teile

$$R_{125} = \frac{U_{ANenn}}{8\,mA}$$

$$R_{148} = R_{149} = \frac{U_{ANenn} + 4\,V}{1{,}5\,mA}$$

$$R_{154} = R_{155} = \frac{U_{ANenn} - 80\,V}{15\,mA}$$

$$R_{189} = \frac{U_{ANenn} - 5\,V}{0{,}64\,mA}$$

4.3 Fehlersuche

a) Fehler-Meldekontakt
Der potentialfreie Reed-Kontakt zwischen den Klemmen 19, 20 ist nur bei betriebsbereitem Gerät geschlossen. Sobald die Schutzschaltung einen Fehler aufgespürt hat oder eine der Stromversorgungen ausfällt, öffnet dieser Kontakt. Eine Beeinflussung vom Disable-Eingang (Kl. 13, 14) findet jedoch nicht statt.

b) LED D26 (rot) - Überstrom
Das Ansprechen dieser Leuchtdiode ist während des normalen Betriebs nicht möglich, da die zugehörige Schaltschwelle einige Prozent über dem maximal möglichen Impulsstrom liegt (Die Einstellung hierfür wird bereits werkseitig am Poti P12 vorgenommen). Nur wenn infolge eines Anschluss-, Motor-oder Gerätefehlers ein höherer Strom fließt, wird die Überstromschutzschaltung getriggert, die Endstufe innerhalb kürzester Zeit abgeschaltet und die LED D26 angesteuert.
Trotz dieser Schaltung sind die Geräte nicht bedenkenlos kurzschlußfest. Wenn z.B. erst während des Betriebs ein Masseschluß am Ausgang auftritt, ist die Abschaltzeit der dann gesättigt arbeitenden Endstufe so groß, dass eine Beschädigung des Ausgangstransistors meist nicht zu vermeiden ist. Dagegen arbeitet die Schaltung sehr zuverlässig, wenn der Fehler schon beim Einschalten vorhanden war; es leuchtet dann direkt nach dem Anlegen der Betriebsspannungen die LED D26 auf. Allerdings sollte dieser Vorgang nicht allzu häufig vorgenommen werden, da hierbei extrem starke Stromimpulse in den Transistoren fließen (bis zu 300 A bei gleichzeitig voller Betriebsspannung!), was zu Alterungserscheinungen führen kann.
Wenn beim Aufleuchten von D26 der Verdacht auf eine defekte Endstufe besteht, kann dies leicht nach folgendem Schema überprüft werden. Hierzu ist zunächst das Gerät an den Klemmen 26 - 29 abzuklemmen und zu Beseitigung von Restladungen mindestens 10 Minuten stehen zu lassen. Dann läßt sich mit

einem Ohmmeter (niederohmigen Bereich einschalten) die Endstufe überprüfen. Hierbei muß jede der u.g. Kombinationen in beiden Polaritäten geprüft werden; in einer Richtung muß stets der Spannungsabfall einer in Durchlaßrichtung gepolten Siliziumdiode meßbar sein. (Zeigerausschlag ca. 2/3), während beim Umpolen des Ohmmeters der Zeigerausschlag nach einem kurzen Impuls wieder fast bis auf Null zurückfallen muß. Der Impuls rührt vom Umladen des Ladeelkos her, während der Restausschlag (ca. 1 kOhm) von der Belastung durch die Elektronik verursacht wird. Die Höhe der Ausschläge muß bei allen vier Kombinationen gleich sein.

	26	27
28	links hinten	links vorn
29	rechts hinten	rechts vorn

Meßschema bei Serie 2800

	26	27
28	links oben	links unten
29	rechts oben	rechts unten

Meßschema bei Serie 5000

Die in den Tabellen genannten Lagebezeichnungen beziehen sich auf die jeweils betroffenen Transistoren. Die Endtransistoren sitzen bei den Geräten der Serie 2800 auf Steckfassungen und können ohne Lötarbeit leicht von außen gewechselt werden. Beim Austausch ist vor allem auf einen guten Sitz der Anschlüsse in der Fassung zu achten, die hierfür notfalls nachjustiert werden muß. Bei den großen Geräten (Serie 5000) ist wegen der Parallelschaltung von Endtransistoren der Einsatz von Fassungen nicht möglich. Das Gerät muß deshalb bei Reparaturen an der Endstufe geöffnet werden. Innerhalb eines Quadranten dürfen nur Transistoren einer Kennfarbe verwendet werden.

c) LED D32 (gelb) - Überspannung
Das Ansprechen dieser Diode kann normalerweise nur bei Geräten der Serie 2800 vorkommen, wenn diese ohne Ballastschaltung laufen. In diesem Fall kann die Betriebsspannung beim Bremsen des Motors so hohe Werte erreichen, dass der Betrieb abgebrochen werden muß, weil sonst die Endstufe gefährdet wäre. Abhilfe bringt die Installation einer Ballastschaltung.

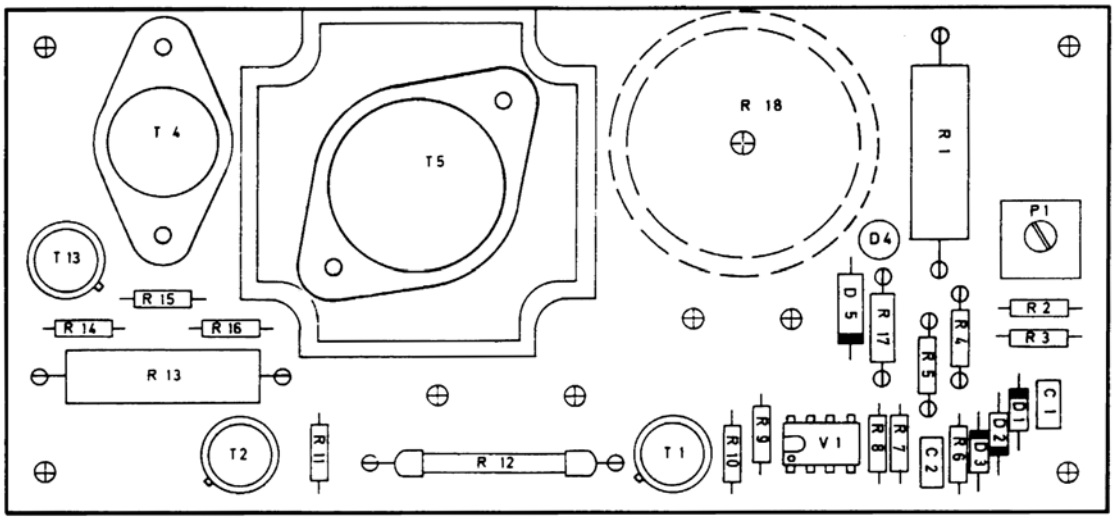
d) Beide LED s D26 + D32 - Unterspannung oder Übertemperatur
Diese Anzeige erfolgt z.B. wenn die Stromversorgung für die Endstufe fehlt oder die Spannungshöhe nicht ausreicht. Falls ein Fehler in der Stromversorgung vorhanden ist (z.B. Ausfall von einer der drei Phasen), kann sich dies auch durch nur kurzzeitiges Aufblinken während des Hochlaufs bemerkbar machen.
Ein Ansprechen wegen Übertemperatur sollte eigentlich nicht vorkommen, denn die Belüftung ist so reichlich; dass die Abschalttemperatur unter normalen Betriebsbedingungen niemals erreicht wird; diese beträgt 95 C an den Kühlkörpern. Trotz dieses hohen Grenzwertes sollte durch eine gute Belüftung des Schaltschranks dafür gesorgt werden, dass er nicht ausgeschöpft wird, denn die Halbleiter altern hierbei sehr stark.

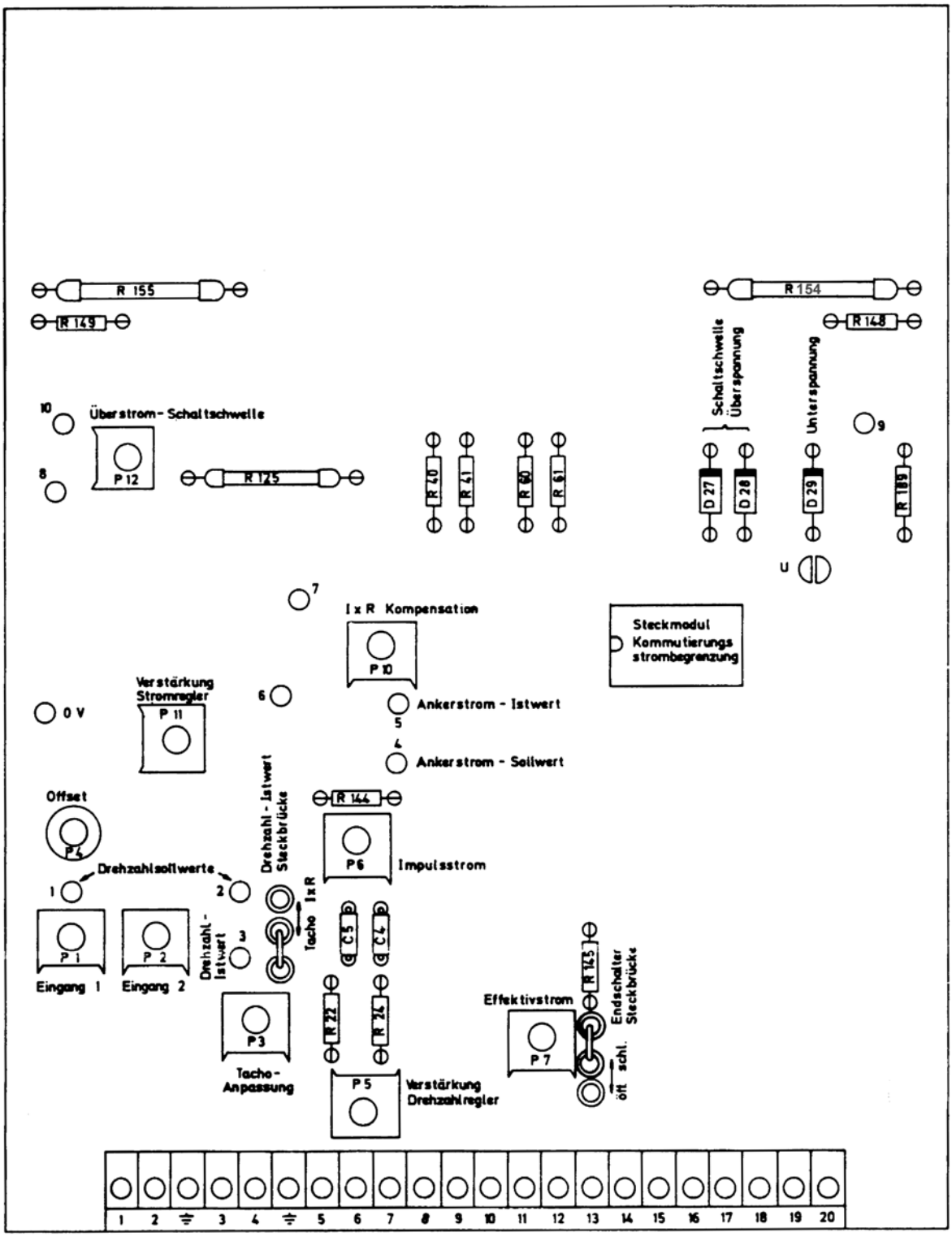
e) LED D7 (rot) - Effektivstrom

Diese Diode signalisiert das Erreichen der Grenzlast des Gerätes. Hierbei wird allerdings nicht abgeschaltet, sondern das Gerät reduziert selbsttätig den Impulsstrom genau soweit, dass der Effektivwert nicht überschritten wird.
Wenn man bei der Inbetriebnahme (besonders bei leistungsmäßig sehr knapp kalkulierten Antrieben) nach einiger Laufzeit das gelegentliche Aufleuchten dieser Diode bemerkt, kann man sich sehr oft dadurch behelfen, dass man den Impulsstrom (Poti P6) etwas reduziert. Man erhält hierdurch zwar etwas verlängerte Hochlauf- und Bremszeiten, doch sind die Zeiten für den gesamten Zyklus bei gleichem Effektivstrom trotzdem besser. Man sollte deshalb ein möglichst dreieckförmiges Drehzahl-Zeitdiagramm anstreben.

f) LED D4 (grün) - Ballastschaltung

Die Diode D4 signalisiert das Arbeiten der Ballastschaltung, d.h. es wird angezeigt, zu welchem Zeitpunkt gerade überschüssige Energie abgeleitet wird. Diese stammt in der Regel aus den rotierenden Massen an der Motorwelle, wobei beim Bremsen diese Rotationsenergie im Motor in elektrische Energie zurück gewandelt wird. Da die Energie aber nicht mehr ins Netz zurückgespeist werden kann, wird sie in einem besonderen Ballastwiderstand in Wärme umgesetzt.
D4 darf daher nur beim Abbremsen des Motors aus hohen Drehzahlen leuchten, eventuell auch noch am Ende eines Hochlaufvorgangs (Überschwingen!), jedoch niemals bei stehendem Motor. Dies läßt auf zu hohe Betriebsspannung schliessen und überlastet den Ballastwiderstand.




R 155
R 149
R 154
R 148
Überstrom- Schaltschwelle
P 12
R 125
R 40
R 41
R 60
R 61
Schaltschwelle Überspannung
Unterspannung
D 27
D 28
D 29
R 189
I x R Kompensation
P 10
Steckmodul Kommutierungs strombegrenzung
Verstärkung Stromregler
P 11
0 V
Ankerstrom - Istwert
Ankerstrom - Sollwert
Offset
P 4
Drehzahl - Istwert Steckbrücke
R 144
P 6
Impulsstrom
Drehzahlsollwerte
I x R
Tacho
C 5
C 4
P 1
P 2
Eingang 1
Eingang 2
Drehzahl - Istwert
R 143
Endschalter Steckbrücke
Effektivstrom
R 22
R 24
P 3
Tacho- Anpassung
P 5
Verstärkung Drehzahlregler
P 7
öff. schl.

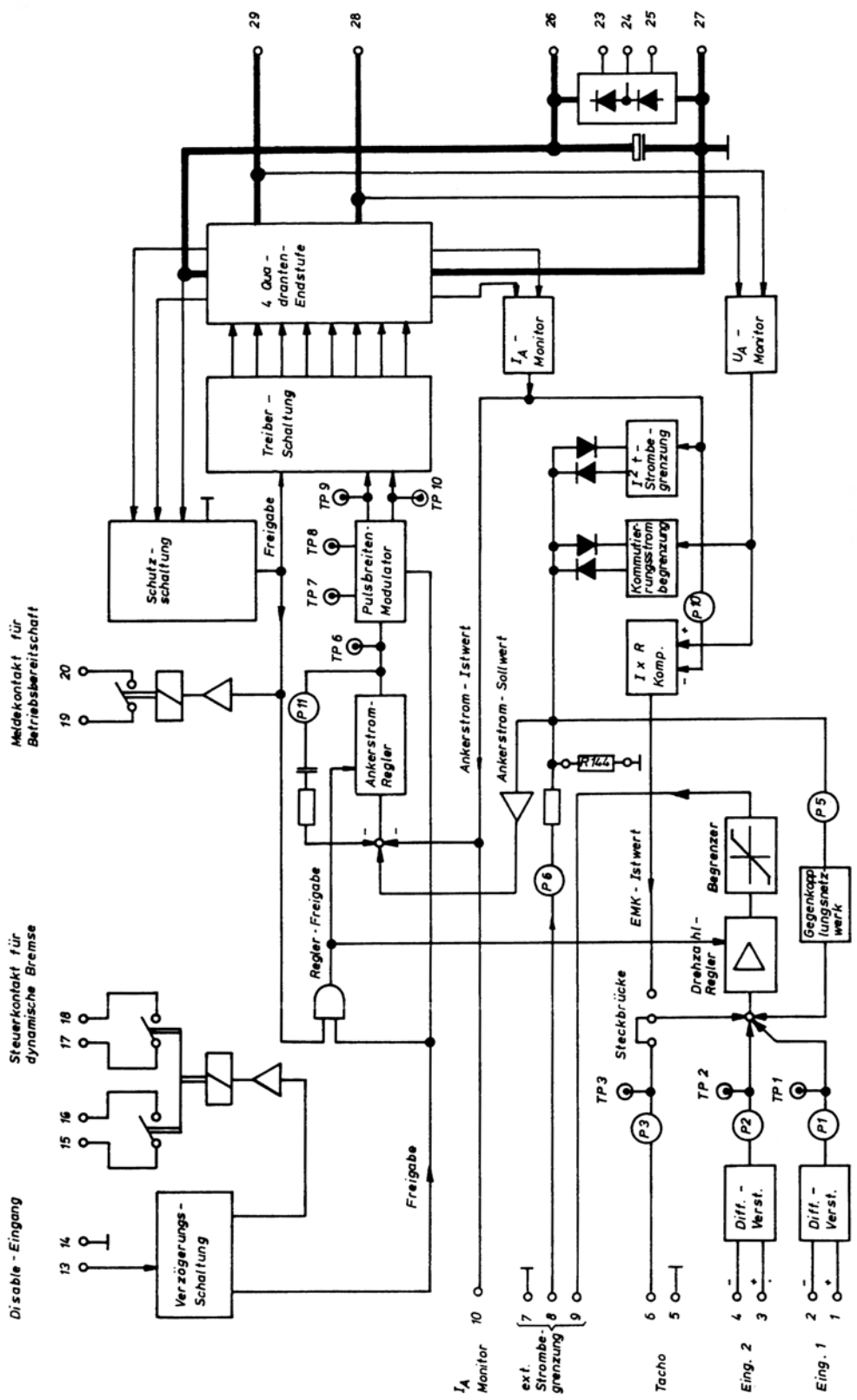


Bild 7: Prinzipschaltbild

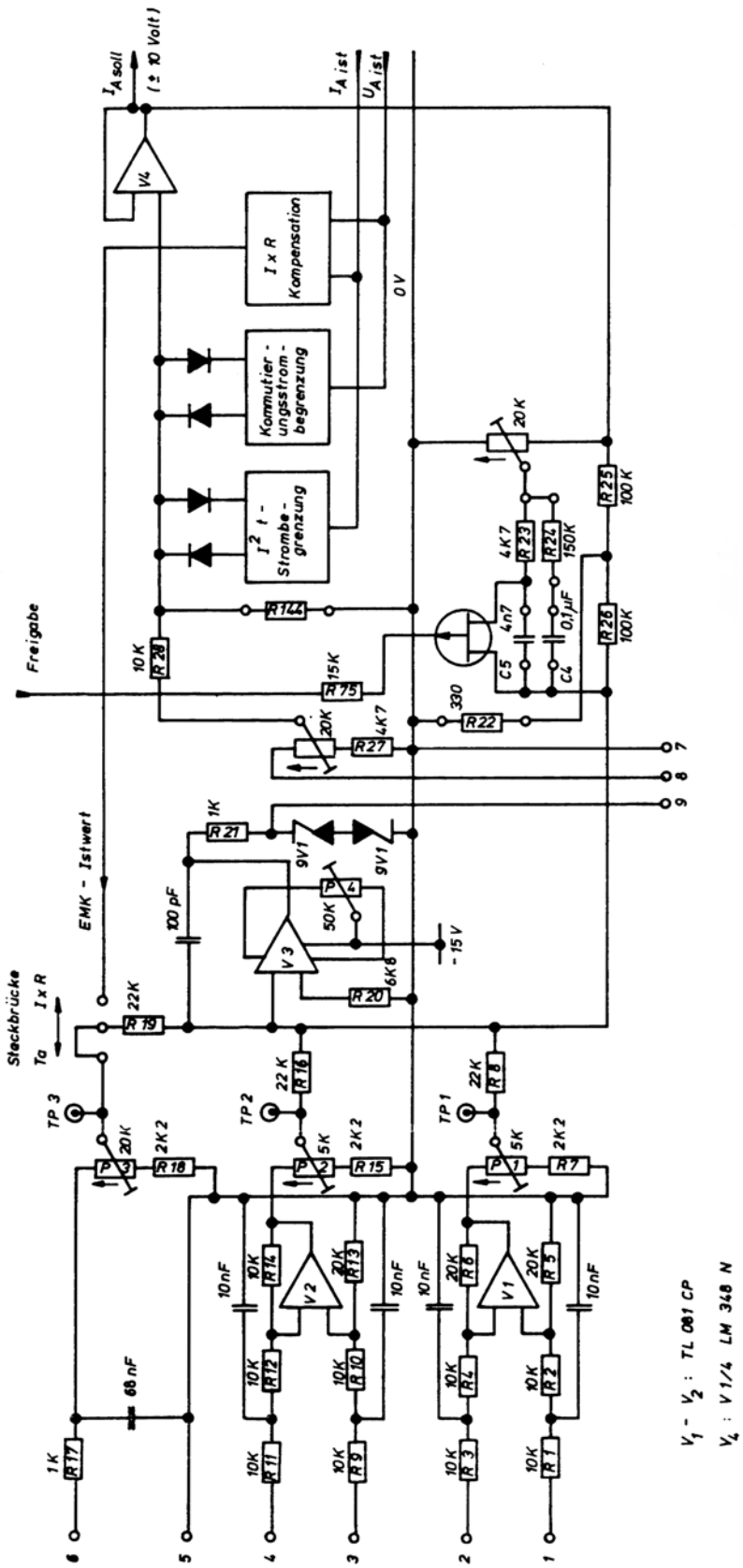
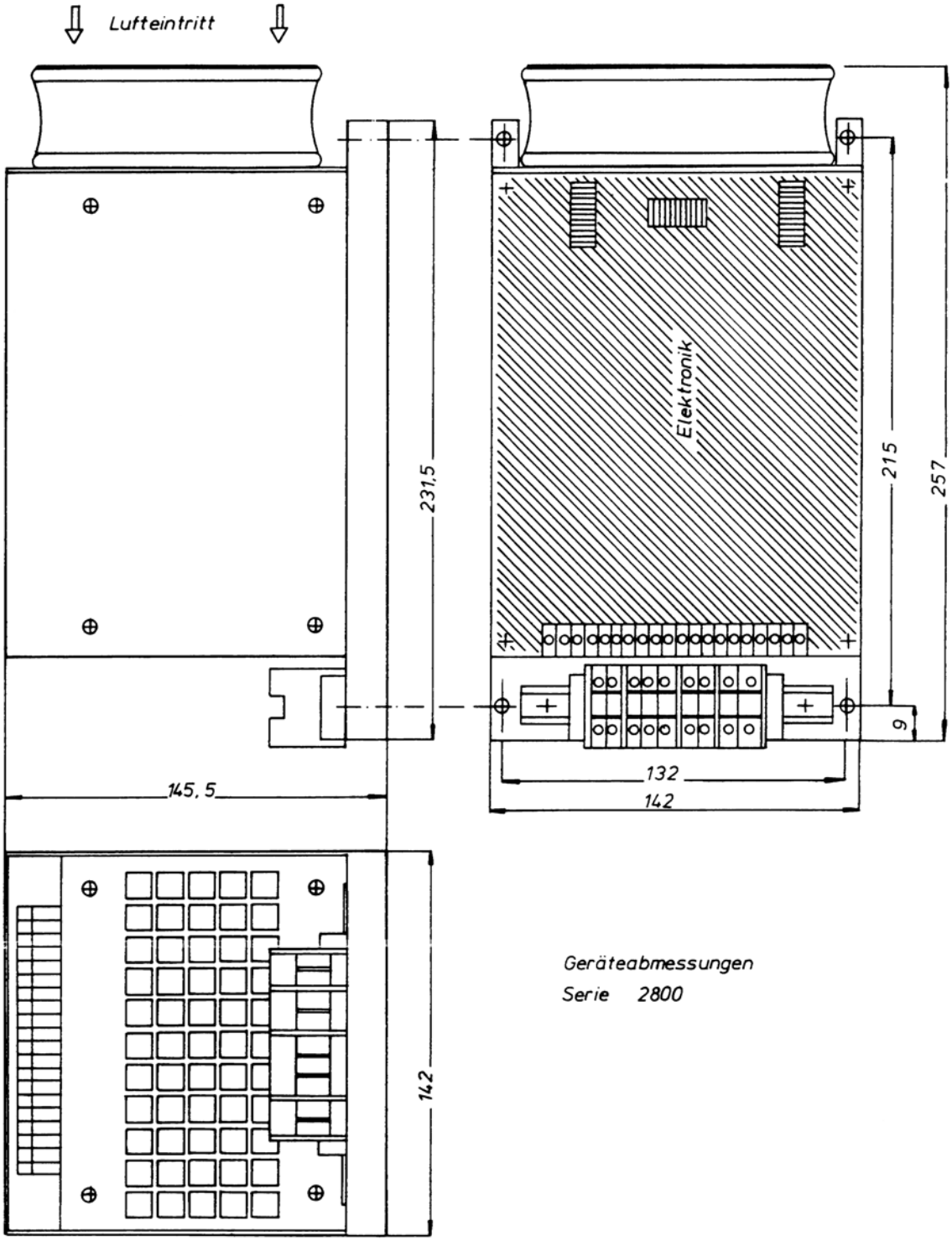
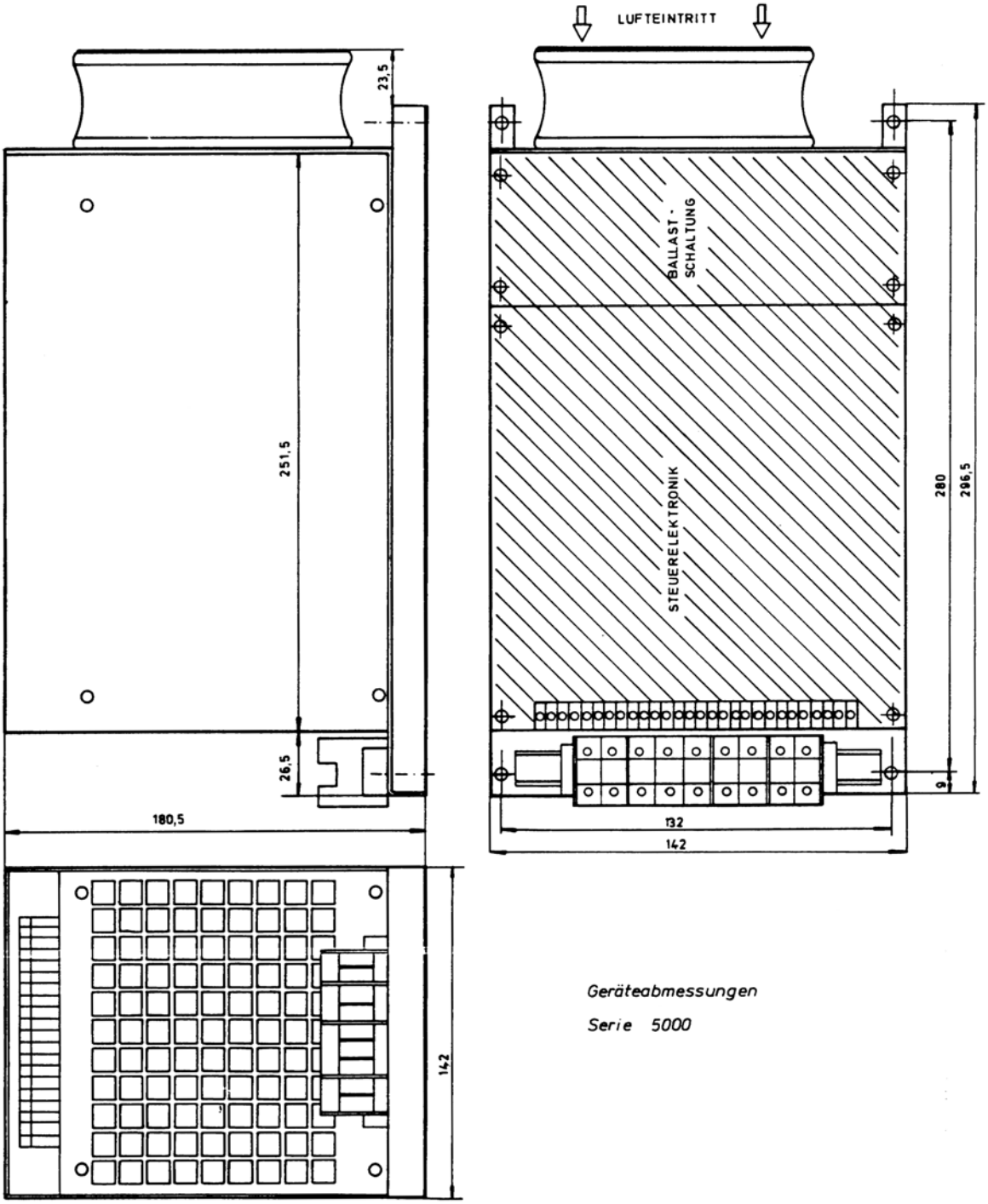


Bild 8: Stromlaufplan Vorverstärker

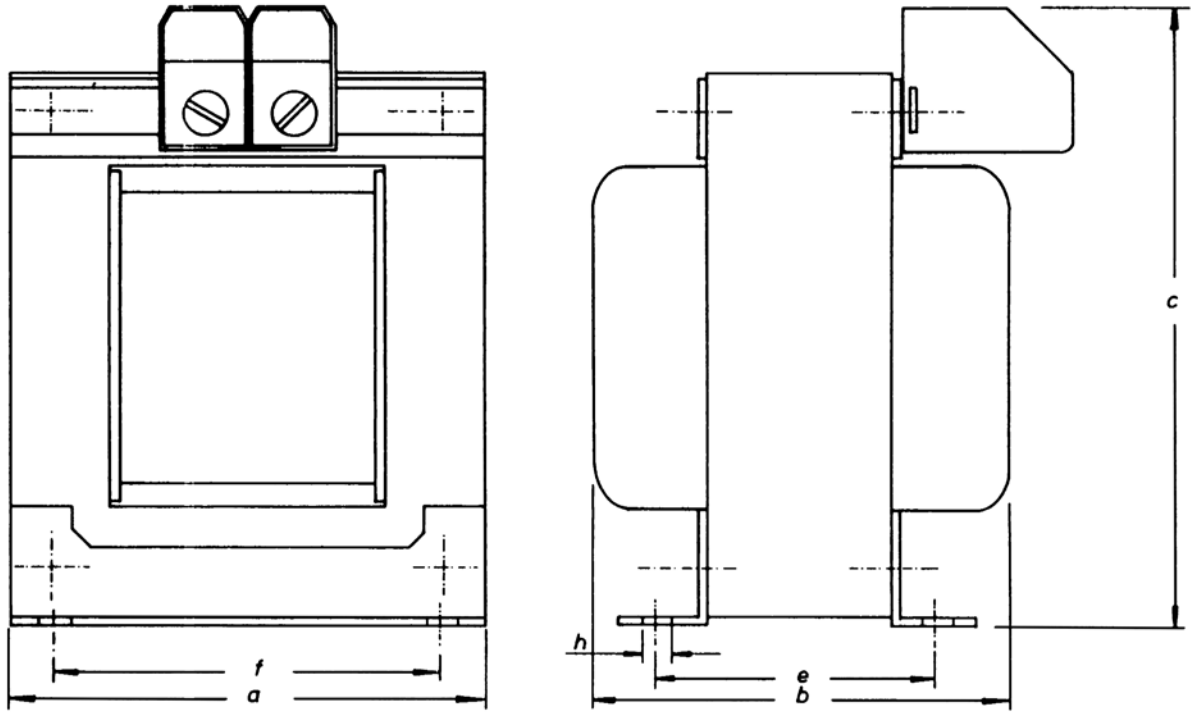


Geräteabmessungen
Serie 2800



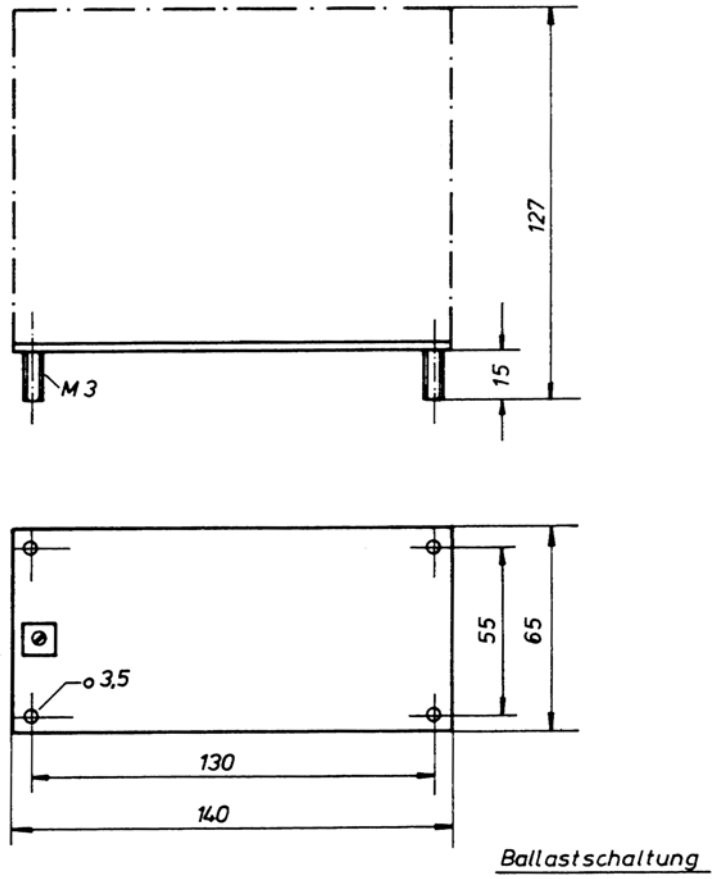
Geräteabmessungen

Serie 5000

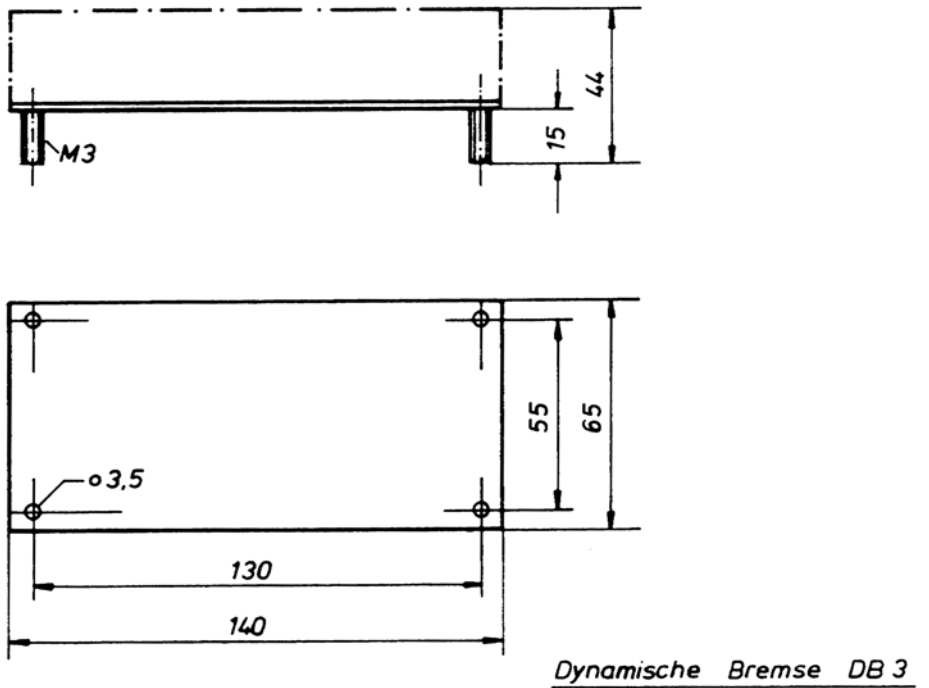


Maßtabelle für Speicherdrosseln

Drossel-Bezeichnung	Drossel-Kerngröße	a	b	c	e	f	h
D 0,9-18-6	EJ 66 a	57	47	73	38	44	3,5
D 1,5-18-6	EJ 66 a	57	47	73	38	44	3,5
D 2,6-18-6	EJ 66 b	56	58	74	50	44	3,5
D 0,32-50-17	EJ 66 B	56	58	74	50	44	3,5
D 0,55-50-17	EJ 84 a	73	65	92	47	56	5
D 0,9-50-17	EJ 84 b	71	74	92	62	56	5
D 0,22-85-25	EJ 78	67	58	87	45	50	5
D 0,38-85-25	EJ 84 b	71	74	92	62	56	5
D 0,6-85-25	EJ 96 b	85	80	114	63	64	5
D 0,14-130-40	EJ 84 b	71	74	92	62	56	5
D 0,23-130-40	EJ 96 b	85	80	114	63	64	5
D 0,38-130-40	EJ120 a	107	88	139	67	84	5



Ballastschaltung



Dynamische Bremse DB 3