



Technische Mitteilungen aus dem Bereich Bauelemente.

Für die Schaltungen wird keine Gewähr bezüglich Patentfreiheit übernommen.

Liefermöglichkeiten und technische Änderungen vorbehalten.

Nachdruck mit genauer Quellenangabe ist bei Einsendung von zwei Belegexemplaren gestattet.

Zuschriften zu den Technischen Mitteilungen sind zu richten an die nächstliegende Siemens-Geschäftsstelle oder an

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Bereich Bauelemente Vertrieb, Technisches Schrifttum  
8000 München 80, Balanstraße 73

U. Z. 76 (1)

# Integrierte Drehzahlregelschaltung TCA 955

von Alfred Hauenstein

Ing. (grad.) Alfred Hauenstein  
Siemens Aktiengesellschaft

Bereich Bauelemente  
Anwendungstechnik  
professionelle Industrie

1. **Einleitung**
2. **Übliche Gleichspannungs-Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors**
3. **Impulsbetrieb eines Gleichstrommotors mit der IS TCA 955**
4. **Regelungsprinzip der IS**
5. **Beschreibung der IS**
  - 5.1 Frequenz-Gleichspannungswandler
    - 5.1.1 Eingangsverstärker
    - 5.1.2 Frequenzverdoppler (Dimensionierung von  $C_1$ )
    - 5.1.3 Monostabiler Multivibrator
  - 5.2 Komparator und Tastverhältniswandler im Betrieb ohne Schaltfrequenzoszillator
  - 5.3 Komparator und Tastverhältniswandler im Betrieb mit dem Schaltfrequenzoszillator (Dimensionierung von  $R_2$  und  $C_4$ )
  - 5.4 Schaltstufe (Dimensionierung von  $R_4$ )
  - 5.5 Vorladeschaltung
  - 5.6 Spannungsstabilisierung
  - 5.7 Batteriestandsanzeige
6. **Regelgenauigkeit** (Dimensionierung von  $C_3$ )
  - 6.1 Bei Änderung der Motorlast und der Versorgungsspannung
    - 6.1.1 Im Betrieb ohne Schaltfrequenzoszillator
    - 6.1.2 Im Betrieb mit dem Schaltfrequenzoszillator (Dimensionierung von  $R_3$ )
  - 6.2 Drehzahlfehler in Abhängigkeit der Temperatur
7. **Drehzahleinstellung** (Dimensionierung von  $R_1$  und  $C_2$ )
8. **Betrieb der IS mit kleinen Versorgungsspannungen**
  - 8.1 Betriebsspannungsbereich +3,9 V bis +16 V
  - 8.2 Betriebsspannungsbereich +2,9 V bis +6,6 V
  - 8.3 Betriebsspannungsbereich +2,2 V bis +6 V
9. **Anwendungsbeispiele mit der IS TCA 955**
  - 9.1 Drehzahlregelung ohne Schaltfrequenzoszillator
    - 9.1.1 Gleichstrommotor 0,6 W mit 6poligem Tachogenerator
    - 9.1.2 Gleichstrommotor 4,2 W mit 72poligem Tachogenerator
  - 9.2 Drehzahlregelung mit Schaltfrequenzoszillator
    - 9.2.1 Gleichstrommotor 2,5 W mit 6poligem Tachogenerator
    - 9.2.2 Gleichstrommotor 50 W mit 180poliger Lichtschranke
  - 9.3 Getaktete Motorsteuerung mit Drehzahlmesser
10. **Drehzahlwertgeber, Ausführungs- und Anschlußbeispiele**
11. **Technische Daten zum Drehzahlregler TCA 955**

# 1. Einleitung

In elektronischen Antrieben, deren Drehzahl bei schwankender Versorgungsspannung sowie bei Belastungs- und Temperaturveränderungen konstant bleiben soll, werden bevorzugt Gleichstrommotore eingesetzt. Sie zeigen ein günstiges Betriebsverhalten und können vorteilhaft über die Ankerspannung geregelt werden.

Die neue integrierte Schaltung TCA 955 eignet sich für die Drehzahlregelung solcher Gleichstrommotore in Laufbildkameras, Projektoren, Kassettenrecordern, Tonbandgeräten, Plattenspielern wie auch für Motore größerer Leistung in Antrieben der Regel- und Steuerungstechnik.

Gegenüber herkömmlichen Regelschaltungen hat der neue Schaltkreis zwei wesentliche Vorteile.

- Die Drehzahlregelung erfolgt unabhängig von der Amplitude des Tachogenerators.
- Bei höheren Versorgungsspannungen wird ein besserer Wirkungsgrad der Regelung erreicht. Dadurch verlängern sich bei batteriebetriebenen Geräten die Betriebszeiten mit einem Batteriesatz.

Die technische Mitteilung beschreibt die Funktion der IS und ihre Anwendung in einigen Beispielen.

# 2. Übliche Gleichspannungs-Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors

**Bild 1** zeigt das vereinfachte Ersatzschaltbild eines Gleichstrommotors mit konstanter Felderregung durch Dauermagnete.  $U_q$  ist die ankerinduzierte, drehzahlproportionale Gegen-EMK. Der Motorstrom wird vom abgegebenen Drehmoment bestimmt. Damit ergibt sich bei konstanter Drehzahl und konstantem Drehmoment

$$U_M = U_q + I_M \cdot R_M \quad (1)$$

und eine an den Motor abgegebene Leistung

$$P_M = U_M \cdot I_M \quad (2)$$

Das Prinzip der Gleichspannungs-Drehzahlregelung ist im **Bild 2** dargestellt. Ist die Versorgungsspannung  $U_s$  größer als die erforderliche Motorspannung  $U_M$ , dann muß die Batteriespannung um  $U_v$  am Stellglied reduziert werden

$$U_v = U_s - U_M$$

Da der Motorstrom in dieser Regelschaltung dem Batteriestrom entspricht, wird ein Teil der Batterieleistung am Stellglied verbraucht

$$P_v = I_M (U_s - U_M)$$

Diese Leistung muß mit einem Kühlkörper vom Stellglied abgeführt werden und erhöht die Gerätetemperatur.

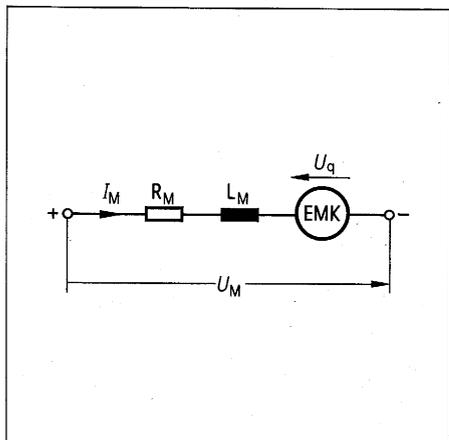
Der Batterie wird die Leistung  $P_{\text{auf}}$  entnommen.

$$P_{\text{auf}} = P_M + P_v = I_M \cdot U_s$$

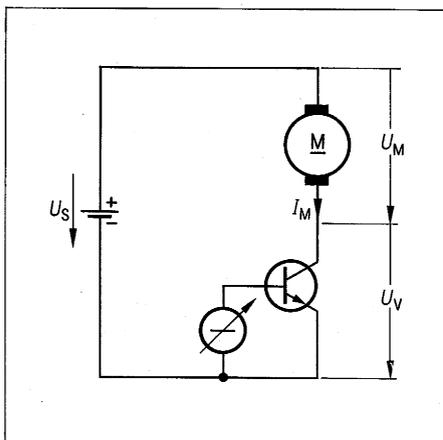
und der Wirkungsgrad beträgt

$$\eta = \frac{P_M}{P_{\text{auf}}} = \frac{U_M}{U_s}$$

**Bild 1** Ersatzschaltbild eines Gleichstrommotors



**Bild 2** Prinzip der Gleichstromregelung



# 3. Impulsbetrieb eines Gleichstrommotors mit der IS TCA 955

Das Regelprinzip der IS TCA 955 entspricht dem eines Gleichspannungswandlers, mit dem die Versorgungsspannung weitgehend verlustlos reduziert werden kann. **Bild 3** zeigt das Prinzip.

Der Wandler besteht aus einem periodisch leitenden Schalttransistor, dessen Tastverhältnis stetig veränderbar ist, und einer Freilaufdiode. Als Energiespeicher wird die Motorinduktivität benutzt, so daß keine zusätzliche Speicherinduktivität erforderlich ist.

Den Stromverlauf im Transistor, in der Diode und im Motor zeigt **Bild 4**.

Während der Einschaltzeit  $t_1$  wird die Motorinduktivität mit dem Strom  $i_c = i_s$  geladen und in der Impulspause  $T - t_1$  entlädt sich die Induktivität über die Freilaufdiode. Der Motorstrom  $i_M$  setzt sich aus den Strömen  $i_c$  und  $i_D$  zusammen. Ist die Schaltfrequenz-Periodenzeit  $T$  gleich oder kleiner als die elektrische Motorzeitkonstante

$$\tau_M = \frac{L_M}{R_M} \tag{3}$$

dann entsteht ein Motorstrom mit geringer Welligkeit und dem arithmetischen Mittelwert  $I_M$ . Während der Stromflußzeiten sind die arithmetischen Mittelwerte der Ströme gleich.

$$I_M = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} i_c dt = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} i_s dt = \frac{1}{T-t_1} \int_0^{t_1} i_D dt \tag{4}$$

Die Aufnahmeleistung der Regelschaltung beträgt

$$P_{auf} = I_M \cdot U_S \cdot v = P_M + P_V \tag{5}$$

mit dem Tastverhältnis

$$v = \frac{t_1}{T} \tag{6}$$

der an den Motor abgegebene Leistung  $P_M = I_M \cdot U_M$  und der Verlustleistung  $P_V$  am Stellglied.

Unter Berücksichtigung der Durchlaßverluste am Transistor mit der Restspannung  $U_{CERest}$  und an der Diode mit der Flußspannung  $U_D$  wird die Aufnahmeleistung

$$P_{auf} = I_M \cdot U_M + I_M \cdot U_D + I_M \cdot U_{CERest} \tag{7}$$

Aus den Gleichungen 5 und 7 kann das Tastverhältnis

$$v = \frac{U_M + U_D}{U_S + U_D - U_{CERest}} \tag{8}$$

der arithmetische Mittelwert des Batteriestromes

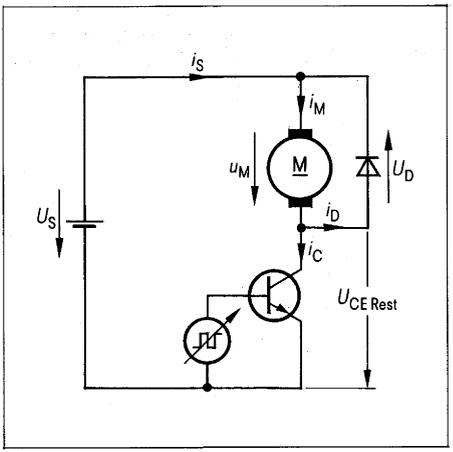
$$I_S = I_M \cdot \frac{U_M + U_D}{U_S + U_D - U_{CERest}} \tag{9}$$

und der Wirkungsgrad der Regelschaltung ermittelt werden

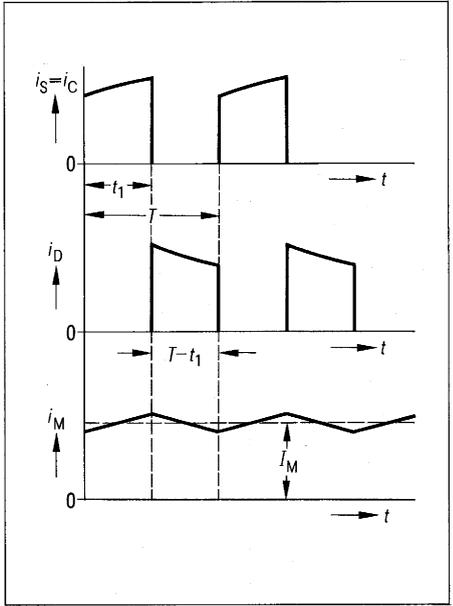
$$\eta = \frac{U_M}{U_S} \cdot \frac{U_S + U_D - U_{CERest}}{U_M + U_D} \tag{10}$$

Häufig beträgt  $U_{CERest} \approx U_D$ , so daß sich die Gleichungen entsprechend vereinfachen.

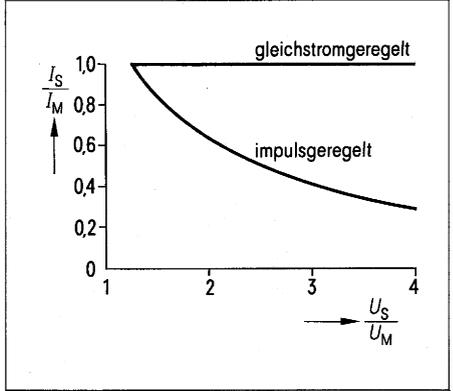
Im **Bild 5** ist die Reduktion des Batteriestromes im Impulsbetrieb gegenüber der Gleichstromregelung ersichtlich. Dadurch wird die Lebensdauer der Batterien wesentlich verlängert.



**Bild 3** Prinzip der Impulsregelung



**Bild 4** Stromverlauf in der Schaltstufe

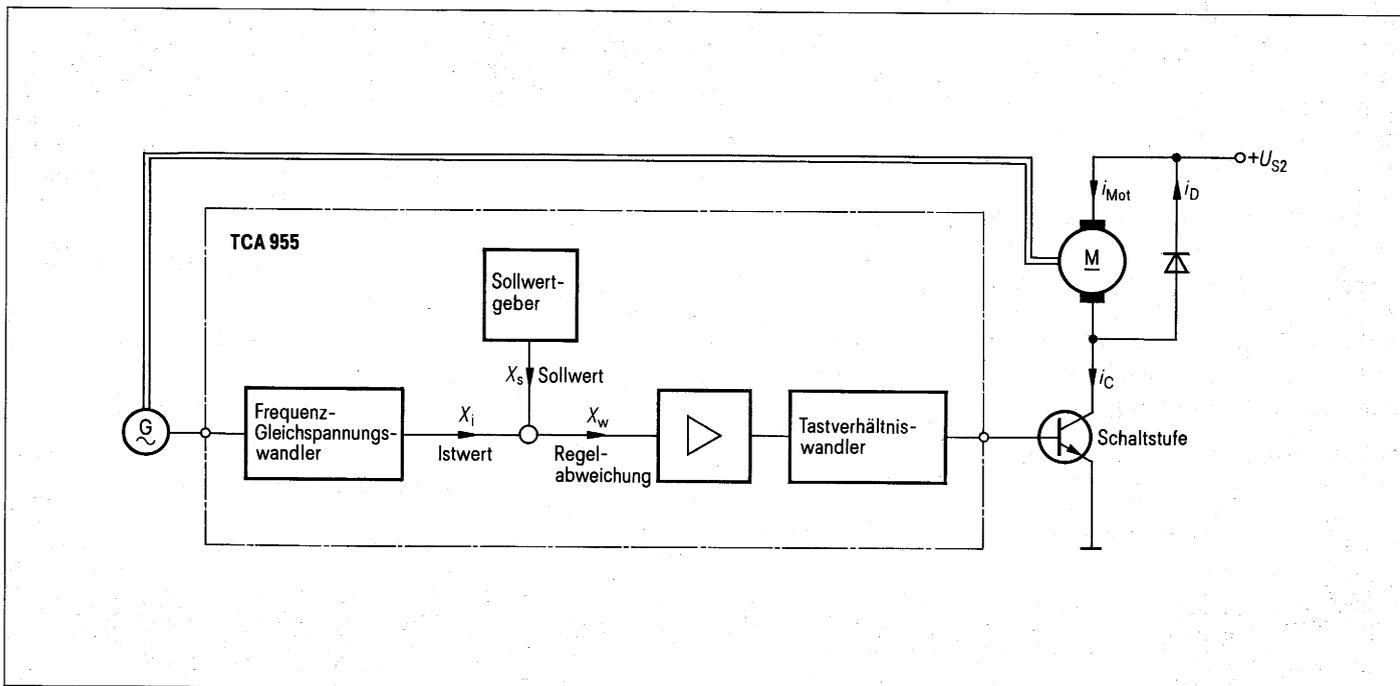


**Bild 5** Vergleich der Stromaufnahme und des Wirkungsgrades bei Impuls- und Gleichstromregelung

$$U_D = U_{CERest}; \frac{U_D}{U_M} = \frac{1}{4}$$

In der Praxis treten noch die mathematisch schwer erfassbaren Umschaltverluste am Schalttransistor und an der Diode auf, die den Wirkungsgrad noch etwas reduzieren bzw. den Batteriestrom erhöhen.

# 4. Regelungsprinzip der IS TCA 955



**Bild 6** zeigt das Prinzipschaltbild der IS. Die vom Drehzahlwertgeber zum Beispiel Tachogenerator kommenden Impulse werden im Frequenz-Gleichspannungswandler in eine der Drehzahl proportionale Gleichspannung umgewandelt.

Diese Spannung wird mit dem internen Sollwert verglichen. Die Regelabweichung wird verstärkt und bestimmt das Tastverhältnis im nachfolgenden Tastverhältniswandler. Der Regelkreis schließt sich über die externe Schaltstufe, den Motor und den Drehzahlwertgeber.

**Bild 6** Prinzipschaltung der Regelung mit der IS TCA 955

# 5. Beschreibung der IS TCA 955

Im **Bild 7** ist die Blockschaltung der IS dargestellt.

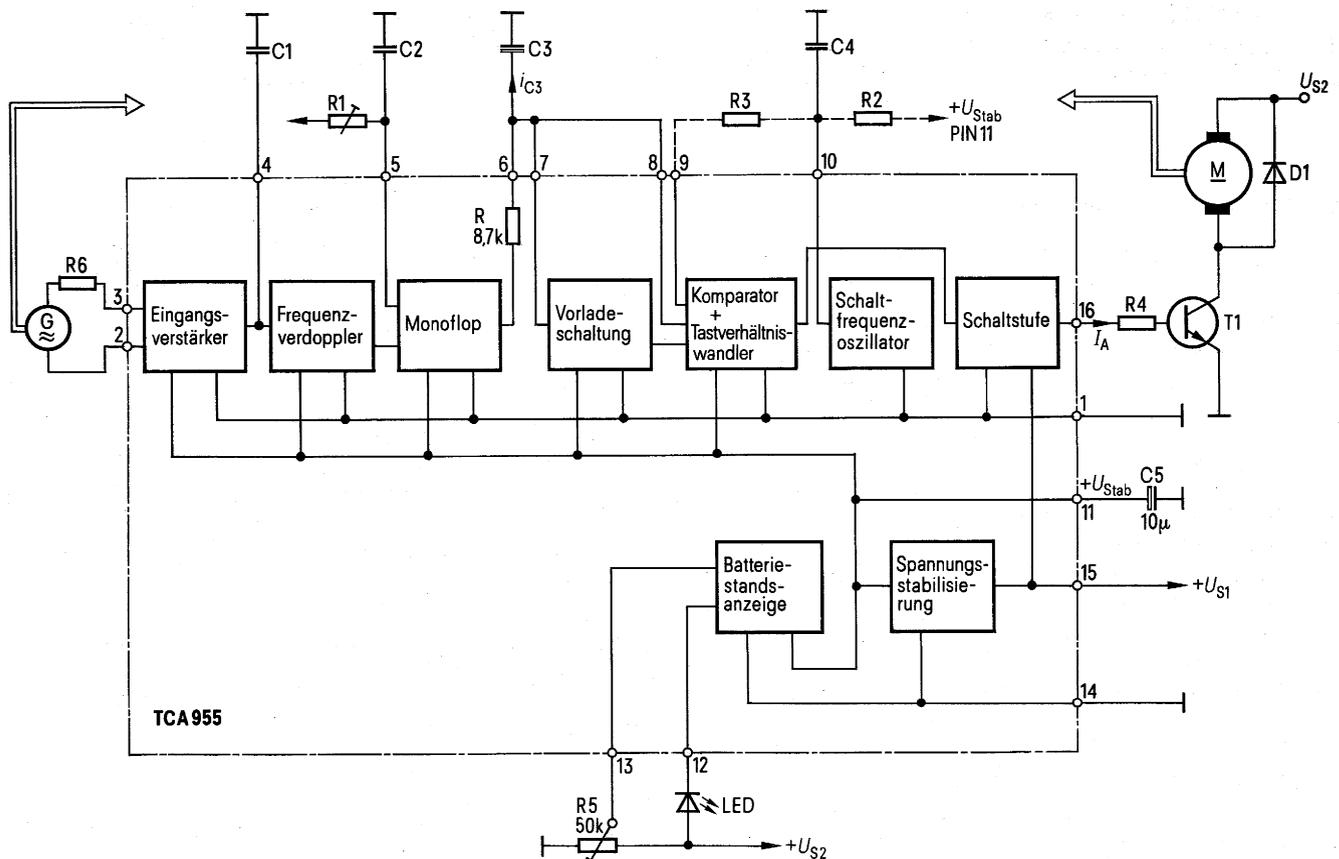
## 5.1 Frequenz-Gleichspannungswandler

Das Impulsdigramm des Frequenz-Gleichspannungswandlers zeigt **Bild 8**.

### 5.1.1 Eingangsverstärker

Der Eingangsverstärker besitzt eine hohe Gleichspannungsverstärkung von etwa 80 dB und einen Differenzeingang gemäß **Bild 9**. Kleinste Differenzeingangssignale führen bereits zur Begrenzung am Verstärkerausgang PIN 4, so daß er praktisch im Nulldurchgang der Eingangswechselspannung schaltet (**Bild 9b**).

**Bild 7** Blockschaltbild der Drehzahlregelschaltung TCA 955



C1, C2, C4 MKM-Schichtkondensatoren B32540  
C3, C5 Tantal-Elektrolytkondensatoren B45181

Die Eingangsspannung von  $< 10\text{ mV}$  zwischen PIN 2 und 3 erfordert jedoch eine Eingangswchelspannung von  $\geq 30\text{ mV}$ , um symmetrische Ausgangsimpulse zu erhalten.

Bei Steuerung am PIN 3 gegen Masse erzeugt der Transistor T10 eine Hysterese. Die Schaltspannungen sind dann:

$$U_{3, \text{ein}} > 0,51 \cdot U_{\text{Stab}}, U_{3, \text{aus}} < 0,485 \cdot U_{\text{Stab}}$$

Der Eingangsverstärker ist mittels Dioden gegen Überspannungen geschützt. Um den Funktionsbereich des Verstärkers nicht zu überschreiten, sollte mit dem Vorwiderstand  $R_6$  der Eingangsstrom auf  $I_e \leq 0,2\text{ mA}$  begrenzt werden.

### 5.1.2 Frequenzverdoppler

Über einen Widerstand von etwa  $4\text{ k}\Omega$  integriert der Kondensator  $C_1$  am PIN 4 die Ausgangsimpulse des Eingangsverstärkers. Während der ansteigenden und abfallenden Flanke wird vom Frequenzverdoppler ein Nadelimpuls erzeugt (Bild 8 c).

Der Kondensator  $C_1$  bewirkt zusätzlich die Unterdrückung von kurzzeitigen Störimpulsen am Verstärkereingang. Seine Kapazität sollte etwa  $0,2$  bis  $10\text{ nF}$  betragen und dem Produkt  $p \cdot n$  angepaßt werden.

### 5.1.3 Monostabiler Multivibrator

Die Nadelimpulse vom Frequenzverdoppler steuern den Monoflop. Er erzeugt an seinem Gegentaktausgang Rechteckimpulse mit einer konstanten, vom Glied  $R_1, C_2$  vorgegebenen Zeitdauer  $t_0$ .

$$t_0 = 0,89 \cdot R_1 \cdot C_2 \quad (11)$$

und der doppelten Folgefrequenz des Drehzahlwertgebers

$$T = \frac{30}{n \cdot p} \quad (12)$$

mit  $n = \text{U/min}$ ,  $p = \text{Polpaare des Drehzahlwertgebers}$  (Bild 8 d). Der Gegentaktausgang lädt über den internen Widerstand  $R = 8,7\text{ k}\Omega$  den Kondensator  $C_3$  am PIN 6. An ihm entsteht die Spannung  $u_{C3}$  mit einem der Drehzahl proportionalen Gleichspannungsanteil  $U_{C3}$

$$\frac{U_{C3}}{U_{\text{Stab}}} = \frac{t_0}{T} = \frac{t_0 \cdot n \cdot p}{30} \quad (13)$$

und eine dreieckförmige Wechselfpannung, deren Amplitude  $U_{C3SS}$  von der Motordrehzahl und der Siebzeitkonstante  $\tau = R \cdot C_3$  abgehängt (Bild 8 e).

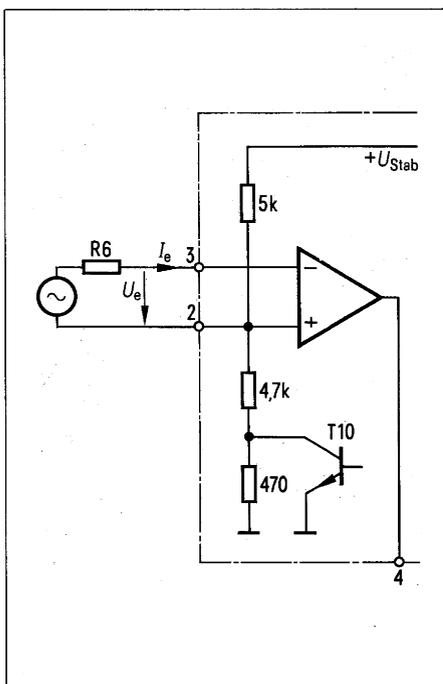
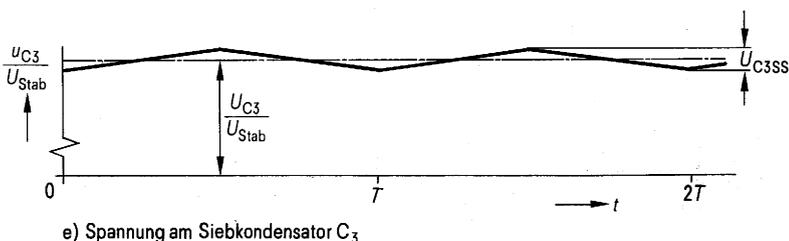
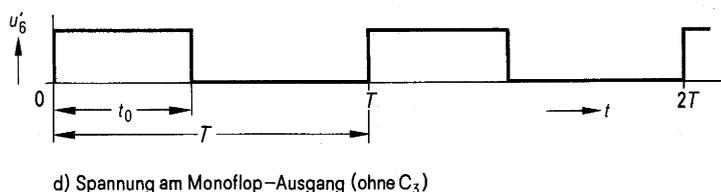
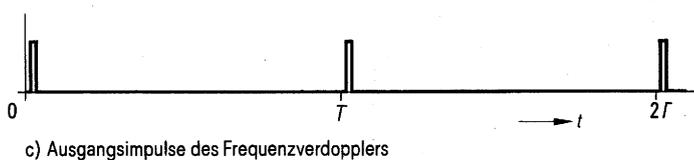
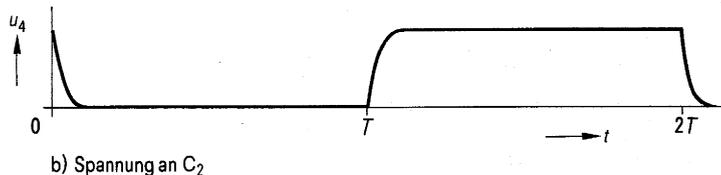
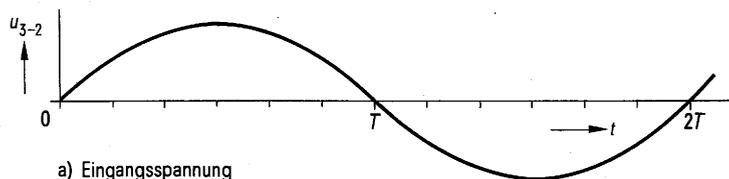


Bild 9 Eingangsschaltung des Eingangsverstärkers

Bild 8 Impulsdiagramm des Frequenz-Gleichspannungswandlers



**5.2 Komparator und Tastverhältniswandler im Betrieb ohne Schaltfrequenzoszillator**

Der nachfolgende Komparator vergleicht die intern eingestellte Sollspannung

$$U_{\text{Soll}} = 0,44 U_{\text{Stab}} \tag{14}$$

am PIN 9 mit der Istspannung  $U_{C3}$  am PIN 8 und steuert die Schaltstufe an, wenn die Istspannung kleiner als die Sollspannung ist. Nachdem der Komparator eine hohe Empfindlichkeit aufweist, schaltet er im Rhythmus der Dreieckwechselspannung mit der Periodenzeit  $T$ .

Entsprechend der Versorgungsspannung und den Belastungsverhältnissen am Motor stellt sich dabei ein bestimmtes Tastverhältnis

$$v = \frac{t_1}{T} \tag{15}$$

ein, wie es im **Bild 10** dargestellt ist.

**5.3 Komparator und Tastverhältniswandler im Betrieb mit dem Schaltfrequenzoszillator**

Ist die Frequenz am Drehzahlindikator so klein, daß keine Leistungersparris eintritt, kann der Schaltfrequenzoszillator zugeschaltet werden. Er erzeugt am PIN 10 eine Sägezahnspannung

$$\frac{\Delta U_{\text{soll}}}{U_{\text{stab}}} = 0,2 \tag{16}$$

mit einem Gleichspannungsmittelwert von  $0,5 U_{\text{stab}}$ . Seine Frequenz wird mit dem externen Zeitglied  $R_2, C_4$  bestimmt

$$f_{\text{schalt}} \approx \frac{1}{0,4 \cdot R_2 \cdot C_4} \tag{17}$$

und mit dem Widerstand  $R_3$  dem Sollwert überlagert, so daß nun Ausgangsimpulse mit hoher Frequenz bis zu 60 kHz entstehen. Die Tastverhältniswandlung zeigt **Bild 11**.

Um den Einfluß der niederfrequenten Spannung  $U_{C3SS}$  klein zu halten, sollte  $\Delta U_{\text{Soll}} \geq 3 U_{C3SS}$  sein.

**5.4 Schaltstufe**

Die Schaltstufe verstärkt die vom Tastverhältniswandler kommenden Impulse. Sie schaltet gegen  $+U_S$  mit einer Restspannung  $U_{CE \text{ Rest}} < 1 \text{ V}$  bei einem Ausgangsstrom von 50mA. Diese Anordnung ermöglicht den einfachen Anschluß eines zusätzlichen npn-Leistungsschalttransistors über den Vorwiderstand  $R_4$ , der so bemessen wird, daß der maximale Ausgangsstrom der IS nicht überschritten wird.

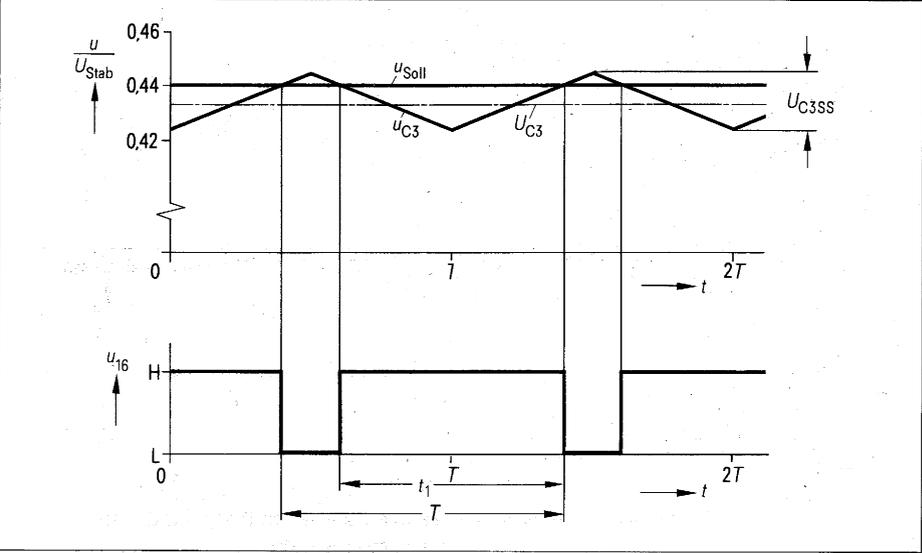
$$R_4 \leq \frac{U_S - U_{CE \text{ Rest}} - U_{\text{BET1}}}{I_{\text{Amax}}} \tag{18}$$

**5.5 Vorladeschaltung**

Beim Einschalten des Motors wird durch das Siebglied  $R \cdot C_3$  der Istwert verzögert aufgebaut, so daß bei schnell anlaufenden Motoren die Drehzahl ein Überschwingen zeigen kann. In solchen Fällen sollte die Vorladeschaltung durch Verbindung der Anschlüsse 7 und 8 eingeschaltet werden. Dadurch wird der Kondensator  $C_3$  in kurzer Zeit auf

$$U_V = 0,81 \cdot U_{\text{Soll}} \tag{19}$$

aufgeladen und das Überschwingen der Drehzahl erheblich reduziert.



**Bild 10** Soll-Istwertvergleich und Tastverhältniswandlung ohne Schaltfrequenzoszillator

### 5.6 Spannungsstabilisierung

Die Regelschaltung wird von einem internen, längsgerichteten Spannungsstabilisator mit etwa  $U_{\text{Stab}} = 3 \text{ V}$  versorgt. Da die minimale Restspannung des Längsreglers zwischen den Anschlüssen 15 und 11  $\approx 1,7 \text{ V}$  beträgt, muß die Versorgungsspannung für den stabilisierten Betrieb  $\geq 4,8 \text{ V}$  sein. Die Regelschaltung kann am PIN 11 zusätzlich mit etwa  $5 \text{ mA}$  belastet werden.

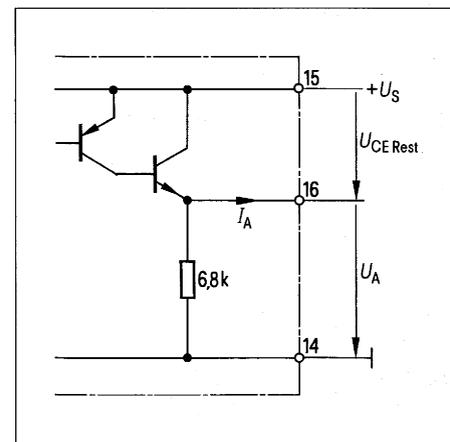
Im Abschnitt 7 werden Möglichkeiten der Spannungsversorgung bei  $U_s < 4,8 \text{ V}$  gezeigt.

### 5.7 Batteriestandsanzeige

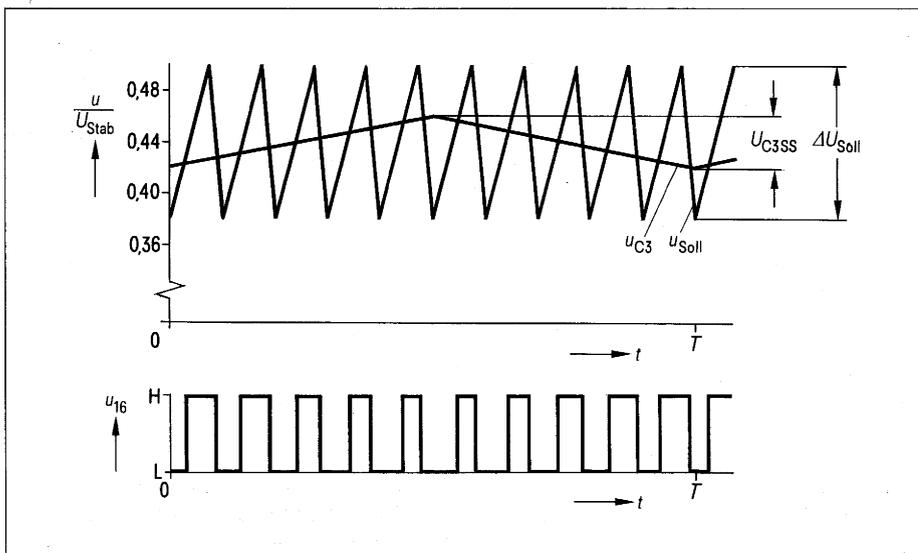
Mit der von einem Schwellwertschalter angesteuerten LED erfolgt eine optische Batteriestandsanzeige.

Unterschreitet die Eingangsspannung am PIN 13  $1,1 \text{ V}$ , wird die LED ausgeschaltet und bei  $\geq 1,3 \text{ V}$  wieder eingeschaltet. Die Hysterese beträgt also  $0,2 \text{ V}$ . Die Eingangsschaltspannung ist mit einem TK von ca.  $-3 \cdot 10^{-3}/\text{K}$  behaftet.

Dem Kollektor des npn-Ausgangstransistors ist ein Widerstand von  $500 \Omega$  in Serie geschaltet, der zum PIN 12 führt und den LED-Strom begrenzt. Werden kleinere LED-Ströme gefordert, kann ein externer Reihenwiderstand zugefügt werden.



**Bild 12** Schaltstufe oder IS



**Bild 11** Soll-Istwertvergleich und Tastverhältniswandler mit Schaltfrequenzoszillator

# 6. Regelgenauigkeit

## 6.1 Bei Änderung der Motorbelastung und der Versorgungsspannung

### 6.1.1 Im Betrieb ohne Schaltfrequenzoszillator

In dieser Betriebsart erzielt man die größte Regelgenauigkeit. Sie beträgt

$$F = \frac{\Delta n}{n_{\text{soll}}} \cdot 100 [\%] \quad (20)$$

Nachdem  $U_{C_3}$  proportional der Drehzahl ist (Gleichung 13) und die Sollfrequenz  $n_{\text{soll}}$  der Sollspannung  $U_{\text{soll}}$  entspricht, gilt

$$F = \frac{\Delta U_{C_3}}{U_{\text{soll}}} \cdot 100 [\%]$$

Um das Tastverhältnis  $v = \frac{t_1}{T}$  über den vollen Bereich von 0 bis 1 zu regeln, ist eine Änderung der Istspannung von  $\Delta U_{C_3} = U_{C_3 \text{ SS}}$  erforderlich. Dann wird der maximale Fehler im aktiven Regelbereich

$$F_{\text{max}} = \frac{U_{C_3 \text{ SS}}}{U_{\text{soll}}} \cdot 100 [\%] \quad (21)$$

Im allgemeinen ist ein kleinerer Tastverhältnis-Regelbereich erforderlich. Dann berechnet sich die Regelgenauigkeit zu

$$F = (v_1 - v_2) \frac{U_{C_3 \text{ SS}}}{U_{\text{soll}}} \cdot 100 [\%] \quad (22)$$

$v_1 =$  Tastverhältnis der Schaltstufe bei kleinster Betriebsspannung und größter Last.

$v_2 =$  Tastverhältnis der Schaltstufe bei größter Betriebsspannung und kleinster Last.

Im aktiven Regelbereich beträgt der Gleichspannungsmittelwert

$$U_{C_3} \approx U_{\text{soll}} = 0,44 U_{\text{Stab}} \quad (23)$$

und die Einschaltzeit des Monoflops

$$\frac{t_o}{T} \approx 0,44. \quad (24)$$

Dann wird

$$\begin{aligned} U_{C_3 \text{ SS}} &= i_{C_3} \frac{t_o}{C_3} \approx \frac{U_{\text{Stab}} - U_{C_3}}{R} \cdot \frac{t_o}{C_3} = \\ &= \frac{U_{\text{Stab}} - 0,44 U_{\text{Stab}}}{R} \cdot \frac{0,44 T}{C_3} \end{aligned} \quad (25)$$

Mit der Periodenzeit  $T = \frac{30}{n \cdot p}$ , den Gl. 14 und 21 wird

$$F_{\text{max}} = \frac{U_{C_3 \text{ SS}}}{U_{\text{soll}}} = \frac{16,8}{n \cdot p \cdot R \cdot C_3} \quad (26)$$

und mit dem internen Widerstand  $R = 8,7 \text{ k}\Omega$  berechnet sich der tatsächliche Fehler zu

$$F = (v_1 - v_2) \cdot F_{\text{max}} = (v_1 - v_2) \frac{1,93 \cdot 10^5}{n \cdot p \cdot C_3} [\%] \quad (27)$$

$n$  in U/min;  $p =$  Polpaarzahl des Tachos;  $C_3$  in  $\mu\text{F}$ ;  $v_1 - v_2 \leq 1$

Der Drehzahlfehler wird also mit steigender Drehzahl kleiner. Bei einem vorgegebenen Drehzahlfehler  $F$  und einer zu erwartenden Tastverhältnisdifferenz  $v_1 - v_2$  (in der Praxis meist  $\approx 0,5$ ) kann der max. Fehler  $F_{\text{max}}$  ermittelt werden,

$$F_{\text{max}} = \frac{F}{v_1 - v_2}$$

Die erforderliche Größe des Siebkondensators  $C_3$  kann dann dem Diagramm Bild 13 bei dem Produkt  $n \cdot p$  entnommen werden.

Der Kondensator  $C_3$  kann in einem Regelkreis jedoch nicht beliebig vergrößert werden, da er mit dem Widerstand  $R$  ein Verzögerungsglied darstellt und deshalb Regelschwingungen auftreten können. Hier kann ein zusätzliches Trägheitsmoment auf der Motorachse Abhilfe schaffen. Vorteilhafter ist jedoch die Verwendung hochpoliger Drehzahl-Istwertgeber.

In der praktischen Anwendung der IS konnten Drehzahlfehler von  $< 0,5 \%$  erreicht werden bei Spannungs- und Laständerungen am Motor von je  $\pm 30 \%$

und dem Produkt  $n \cdot p = 28000 \frac{1}{\text{min}}$ .

### 6.1.2 Im Betrieb mit dem Schaltfrequenzoszillator

Um den Einfluß der niederfrequenten Dreiecksspannung  $U_{C_3}$  mit der Amplitude  $U_{C_3 \text{ SS}}$  bei der Tastverhältniswandlung mit dem Schaltfrequenzoszillator

klein zu halten, sollte  $\frac{\Delta U_{\text{soll}}}{U_{C_3 \text{ SS}}} = a \geq 3$  sein (siehe Abschnitt 5.3 und Bild 11).

Entsprechend erhöht sich in dieser Betriebsart auch der Drehzahlfehler  $F_{\text{schalt}}$

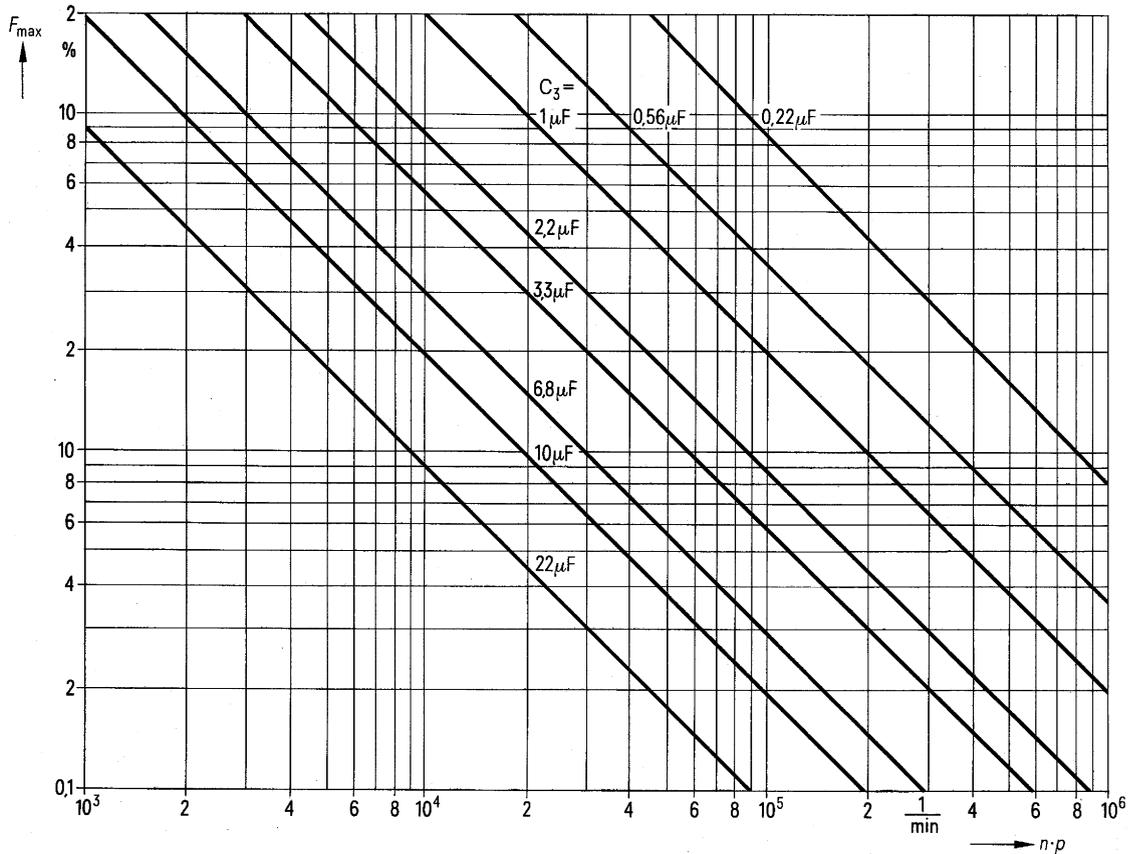
$$F_{\text{schalt max}} \approx \frac{\Delta U_{\text{soll}}}{U_{C_3 \text{ SS}}} \cdot 100 [\%] \quad (28)$$

Nachdem  $\Delta U_{\text{soll}}$  konstant ist, bleibt auch der Drehzahlfehler konstant und unabhängig von der Drehzahl.

$$F_{\text{schalt}} \approx (v_1 - v_2) F_{\text{schalt max}} \quad (29)$$

Die Schaltfrequenzamplitude  $U_{\text{soll}}$  am PIN 9 wird mit dem Widerstand  $R_3$  eingestellt und berechnet sich zu

$$\frac{\Delta U_{\text{soll}}}{U_{\text{soll}}} \approx \frac{0,455}{1 + R_3 \cdot 0,41 \cdot 10^{-3}} \quad (30)$$



Im **Bild 14** ist der Zusammenhang von  $F_{\text{schalt max}}$  und dem Widerstand  $R_3$  dargestellt.

Der Kondensator  $C_3$  muß nun so dimensioniert werden, daß bei der min.

Drehzahl die Spannung  $U_{C3SS} \leq \frac{\Delta U_{\text{soll}}}{a}$

ist. Die Dimensionierung kann mit der Gleichung 31 durchgeführt werden.

$$F_{\text{schalt max}} = a \cdot \frac{1,93 \cdot 10^5}{n_{\text{min}} \cdot p \cdot C_3} [\%] \quad (31)$$

mit  $a = \frac{\Delta U_{\text{soll}}}{U_{C3SS}} \geq 3$ ;  $n$  in U/min;  $C_3$  in  $\mu\text{F}$

Die graphische Ermittlung von  $C_3$  ist mit dem **Bild 13** möglich.

Der Zusammenhang von  $F_{\text{schalt max}}$  und  $F_{\text{max}}$  ergibt sich aus den Gleichungen 26 und 28 zu

$$\frac{F_{\text{schalt max}}}{F_{\text{max}}} = \frac{\Delta U_{\text{soll}}}{\Delta U_{C3SS}} = a \quad (32)$$

Ein Dimensionierungsbeispiel zeigt den Umgang mit den Diagrammen.

Gegeben:  $n \cdot p = 20000$ ;  $F_{\text{schalt}} \leq 5\%$ ;

Gesucht:  $C_3, R_3$

Annahme:  $a = 3$ ;  $v_1 - v_2 = 0,5$

$$F_{\text{schalt max}} = \frac{F_{\text{schalt}}}{v_1 - v_2} = 10\%$$

Aus **Bild 14** erhält man  $R_3 = 8,2 \text{ k}\Omega$  bei

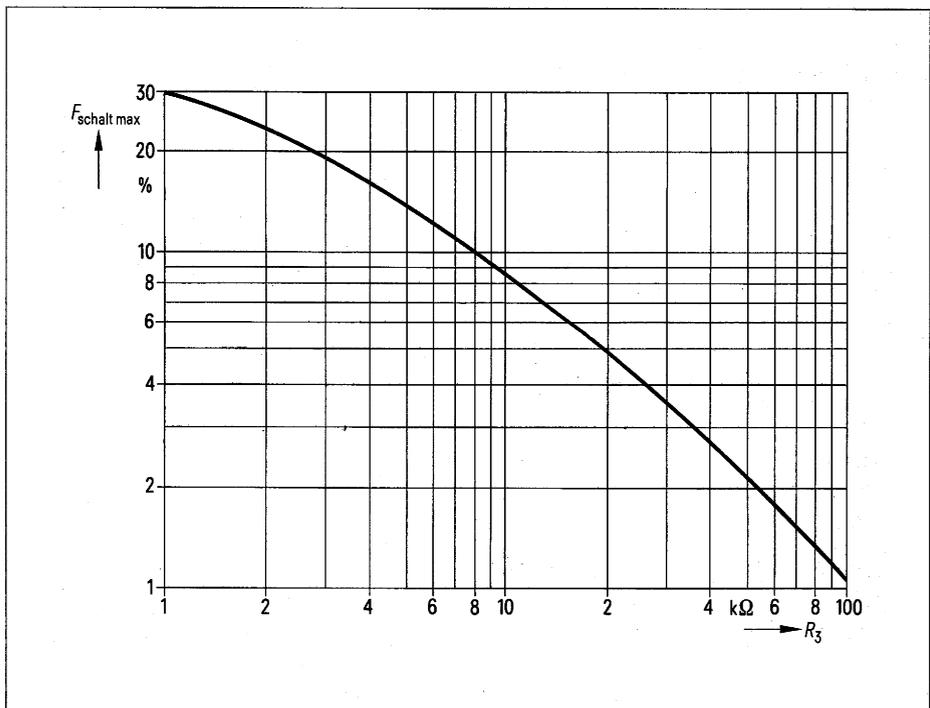
$$F_{\text{schalt max}} = 10\%. \text{ Mit } F_{\text{max}} = \frac{F_{\text{schalt max}}}{a}$$

$$= \frac{10\%}{3} = 3,33\% \text{ und } n \cdot p = 20000$$

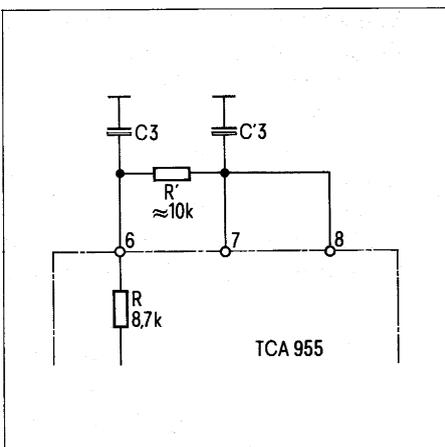
erhält man in **Bild 13** den Kondensator  $C_3 \approx 3 \mu\text{F}$ .

**Bild 13** Maximaler Drehzahlfehler in Abhängigkeit vom  $n \cdot p$ , Parameter  $C_3$  ohne Schaltfrequenzoszillator

**Bild 14** Maximaler Drehzahlfehler in Abhängigkeit von  $R_3$ , mit Schaltfrequenzoszillator



# 7. Drehzahl-einstellung



**Bild 15** Siebglied 2. Ordnung im Betrieb mit dem Schaltfrequenzoszillator

Eine Reduktion des Drehzahlfehlers und eine Verbesserung der Regelzeitkonstante kann mit einem Siebglied 2. Ordnung nach **Bild 15** erzielt werden.

## 6.2 Drehzahlfehler in Abhängigkeit von der Temperatur

Der Drehzahlfehler wird vorwiegend bestimmt vom TK der IS und vom TK der Zeitkonstante  $\tau_o = R_1 \cdot C_2$ , nachdem gemäß Gleichung 33 im Kapitel 7 die Drehzahl unmittelbar von der Zeitkonstante  $R_1 \cdot C_2$  bestimmt ist.

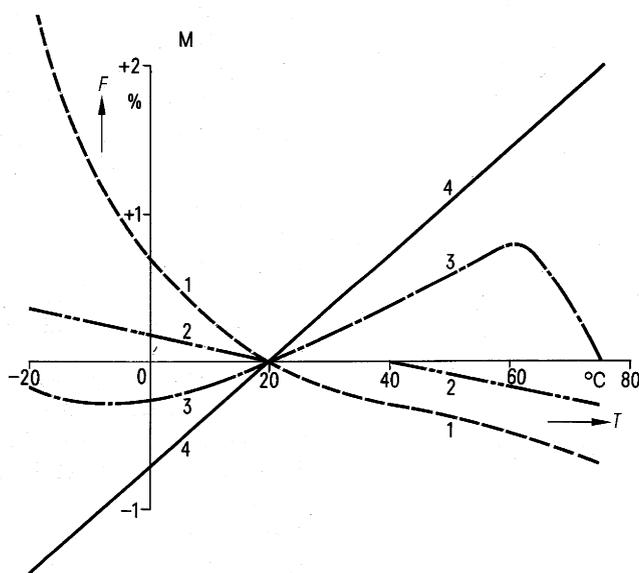
Die Temperaturdrift der IS beträgt etwa  $-45 \text{ ppm/K}$  im Bereich von  $-20^\circ\text{C}$  bis  $+60^\circ\text{C}$  und kann in den meisten Fällen vernachlässigt werden.

Besondere Sorgfalt ist deshalb bei der Auswahl der Bauteile  $R_1$  und  $C_2$  erforderlich. Es ist darauf zu achten, daß sich ihre TK weitgehend kompensieren.

**Bild 16** zeigt den Temperaturfehler verschiedener Kombinationen  $R_1$ ,  $C_2$  zusammen mit der IS.

Den geringsten Fehler ergibt die Kombination eines Metallschichtwiderstandes mit einem MKM-Schichtkondensator.

**Bild 16** Drehzahlfehler in Abhängigkeit von der Temperatur mit verschiedenen Kombinationen  $R_1 - C_2$  und der IS TCA 955



Kurve	$C_2$	$R_1$
1	MKL-B 32110	Schicht-Widerstand B 51371
2	MKM-B 32540	Metallschicht-Widerstand B 54 321
3	MKH-B 32231	Schicht-Widerstand B 51371
4	MKM-B 32540	Schicht-Widerstand B 51371

Der Motor wird so lange nachgeregelt, bis der Istwert  $U_{C3} \approx U_{\text{soll}} = 0,44 U_{\text{Stab}}$  ist, dann ist am Monoflop-Ausgang

PIN 6 das Tastverhältnis  $v_o \approx \frac{t_o}{T} = 0,44$ .

Mit  $T = \frac{30}{n \cdot p}$  und  $t_o = 0,89 \cdot R_1 \cdot C_2$

(Gleichung 11) wird

$$R_1 \cdot C_2 = \frac{0,44 \cdot 30}{n \cdot p \cdot 0,89} = \frac{14,8}{n \cdot p} \left[ \frac{1}{s} \right] \quad (33)$$

$4,7 \text{ k} < R_1 < 50 \text{ k}$ .

$n$  in U/min,  $p$  = Polpaare des Tachos.

Die erforderliche Drehzahl kann mit  $R_1$  einfach abgeglichen werden.

# 8. Betrieb der IS mit kleinen Versorgungsspannungen

Im Betrieb mit wirksamer interner Stabilisierung beträgt der Versorgungsspannungsbereich +4,8 bis +16 V. Kleinere Versorgungsspannungen als 4,8 V sind im ungestabilisierten Betrieb möglich. Voraussetzung für den einwandfreien Betrieb ist jedoch, daß die Spannung am PIN 11 keine kurzzeitigen Schwankungen und Störungen aufweist.

Aus den Gleichungen 27 und 31 geht hervor, daß die Regelgenauigkeit unabhängig von der Spannung  $U_{\text{Stab}}$  ist, so daß die Regelschaltung auch ungestabilisiert betrieben werden kann.

## 8.1 Betriebsspannungsbereich $U_S$ = +3,9 bis +16 V (mit interner Stabilisierungsschaltung)

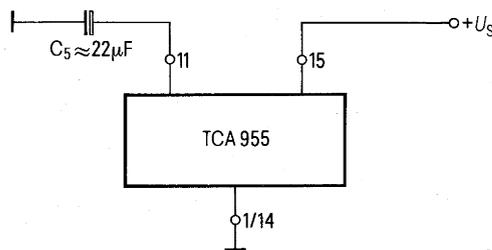
Wenn die Versorgungsspannung unter +4,8 V absinkt, wird der interne Längsregler bis zu einer minimalen Restspannung von etwa 1,7 V durchgeschaltet. Die minimale Versorgungsspannung beträgt dann  $2,2 \text{ V} + 1,7 \text{ V} = 3,9 \text{ V}$ . In dieser Betriebsart (**Bild 17a**) versorgt der Kondensator  $C_5$  die Regelschaltung bei kurzzeitigen Einbrüchen der Versorgungsspannung. Bei Spannungen über 4,8 V setzt die Stabilisierung wieder ein, so daß der Versorgungsspannungsbereich +3,9 bis +16 V beträgt.

## 8.2 Betriebsspannungsbereich $U_S$ = +2,9 bis +6,6 V (mit gestörter Versorgungsspannung)

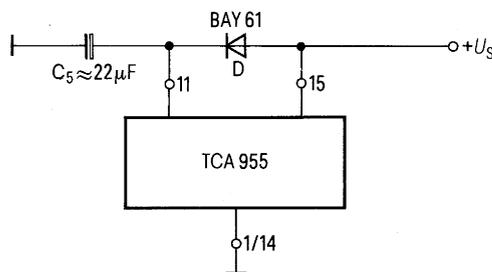
Hier überbrückt die Diode D den internen Längsregler zwischen den Anschlüssen 11 und 15 (**Bild 17b**). Damit kann die IS mit einer minimalen Speisespannung von +2,9 V betrieben werden. Die maximal zulässige Spannung am PIN 11 beträgt +6 V, so daß die Speisespannung  $\leq 6,6 \text{ V}$  bleiben muß. Die Diode verhindert die Entladung des Kondensators  $C_5$  bei kurzzeitigen Einbrüchen der Speisespannung.

## 8.3 Betriebsspannungsbereich $U_S$ = +2,2 bis +6 V (mit ungestörter Versorgungsspannung)

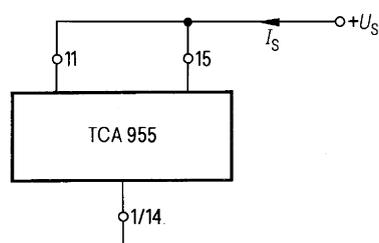
Bei ungestörter Versorgungsspannung können die Anschlüsse 11 und 15 kurzgeschlossen werden (**Bild 17c**). Der Spannungsbereich beträgt dann +2,2 V bis +6 V. Die typische Stromaufnahme der IS steigt bei  $U_S = 6 \text{ V}$  auf etwa 16 mA an.



a)  $U_S = +3,9 \text{ V bis } +16 \text{ V}$



b)  $U_S = +2,9 \text{ V bis } +6,6 \text{ V}$



c)  $U_S = +2,2 \text{ V bis } +6 \text{ V (bei ungestörter Spannung } U_S)$

**Bild 17** Betrieb der IS TCA 955 mit kleinen Versorgungsspannungen

# 9. Anwendungsbeispiele mit der IS TCA 955

## 9.1 Drehzahlregelung ohne Schaltfrequenzoszillator

### 9.1.1 Gleichstrommotor 0,6 W mit 6poligem Tachogenerator

Dieses Beispiel zeigt eine Drehzahlregelung für einen Gleichstrommotor (Nennspannung 4,5 V, Drehmoment 0,2 Ncm, Leistungsaufnahme 0,6 W, Ankerwiderstand 6  $\Omega$ , Tachogenerator 6polig), dessen elektrische Motorzeit-

konstante  $\tau_{\text{Mot}} > \frac{30}{n \cdot p}$  bei der Soll-drehzahl von 2200 U/min ist, so daß der Schaltfrequenzoszillator nicht benötigt wird. Der externe Beschaltungsaufwand ist dabei minimal (**Bild 18**). Das **Bild 19** zeigt die Regelgenauigkeit und die Stromersparnis in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung.

### 9.1.2 Gleichstrommotor 4,2 W mit 72poligem Tachogenerator

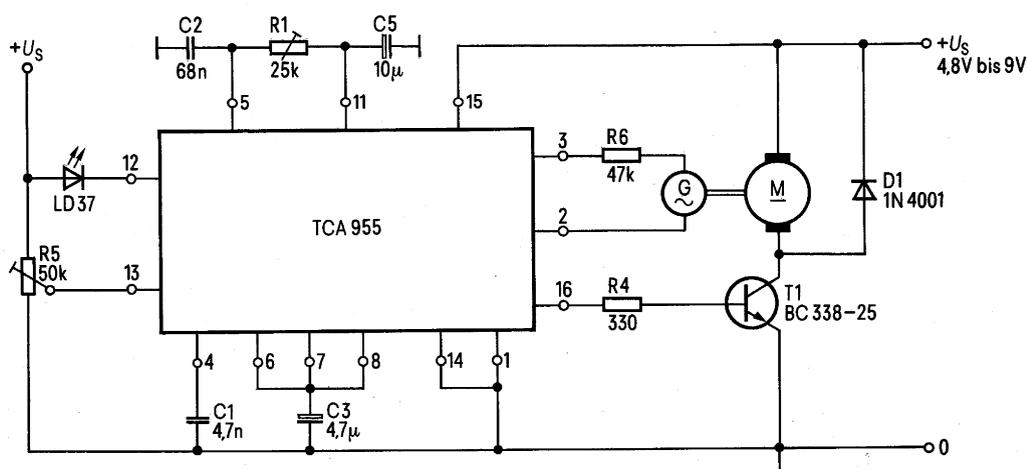
Nennenden des Motors: Nennspannung 24 V, Drehmoment 1 Ncm, Leistungsaufnahme  $\leq 4,2$  W, Ankerwiderstand 24  $\Omega$ , Tachogenerator 72polig. Bei der Solldrehzahl von 1500 U/min konnte die IS ohne Schaltfrequenzoszillator nach Bild 18 mit folgenden externen Bauteilen verwendet werden:

$C_1 = 1$  nF,  $C_2 = 4,7$  nF,  $C_3 = 1$   $\mu$ F,  
 $C_5 = 10$   $\mu$ F,  
 $R_1 = 25$ -k $\Omega$ -Trimmer,  $R_4 = 390$   $\Omega$ ,  
 $R_6 = 47$  k $\Omega$   
 $T_1 =$  BD 435,  $D_1 =$  1N4001.

Die Motor-Schaltstufe wurde mit einer eigenen Versorgungsspannung  $U_{S2}$  betrieben. Der Schaltkreis wurde am PIN 15 mit  $U_S = 12$  V versorgt, da die Motorspannung höher als die maximal zulässige Betriebsspannung war.

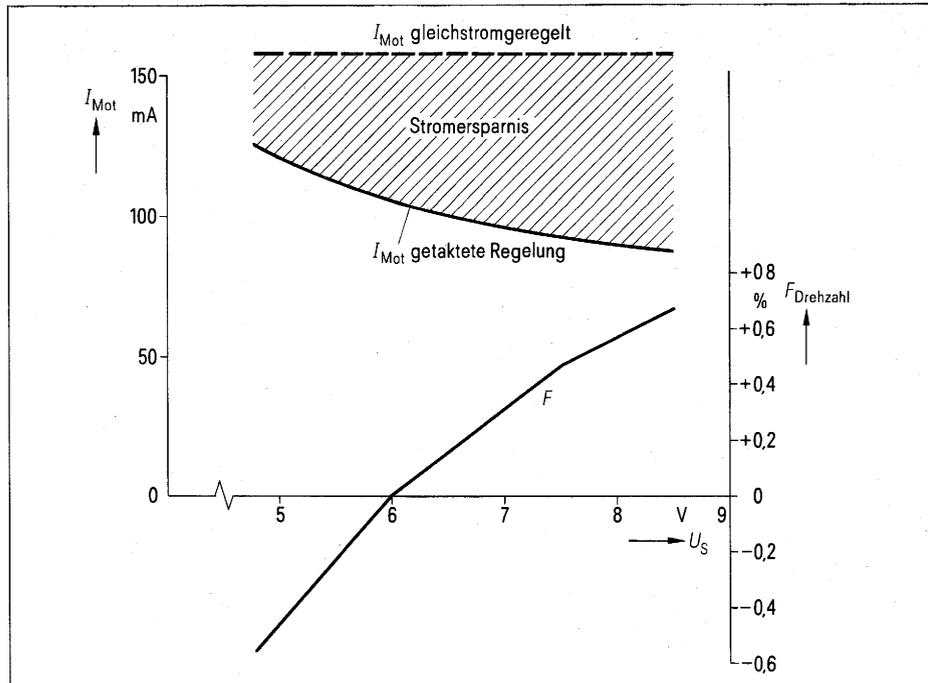
Im **Bild 20** ist der Drehzahlfehler in Abhängigkeit vom Drehmoment und von der Versorgungsspannung dargestellt.

**Bild 18** Drehzahlregelschaltung ohne Schaltfrequenzoszillator



C1, C2 MKM - Schichtkondensatoren B 32 540  
 C3, C5 Tantal - Elektrolytkondensatoren B 45 181

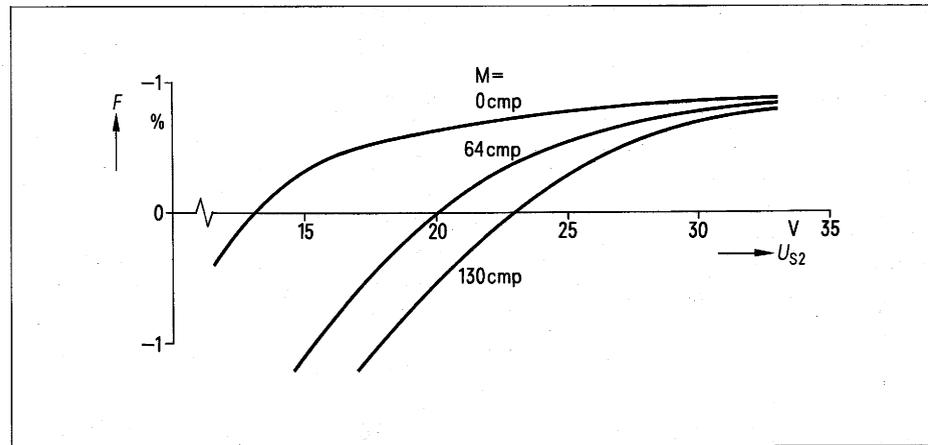
**Bild 19** Drehzahlfehler und Stromaufnahme in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung  
 $n_{\text{Nenn}} = 2200 \text{ U/min}$ ;  $M = 0,1 \text{ Ncm}$



## 9.2 Drehzahlregelung mit Schaltfrequenzoszillator

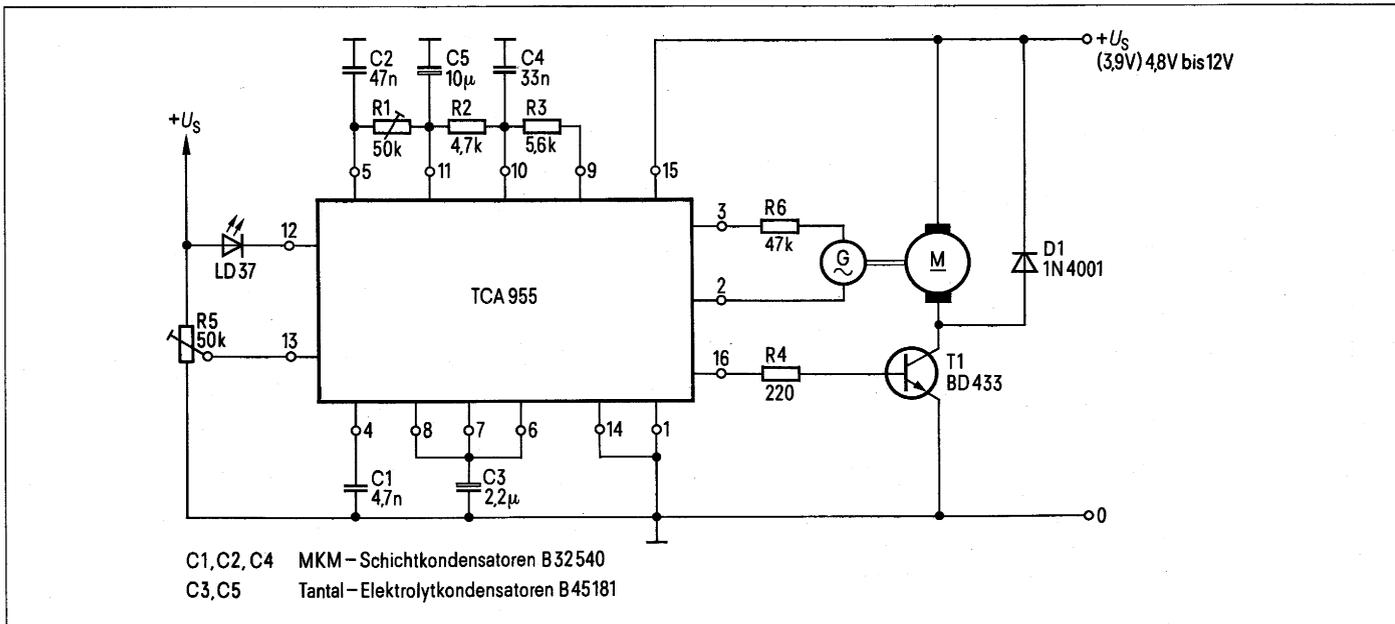
### 9.2.1 Gleichstrommotor 2,5 W mit 6poligem Tachogenerator

Mit einem Gleichstrommotor kleiner elektrischer Zeitkonstante  $T_{\text{Mot}} \approx 105 \mu\text{s}$  wurde eine Drehzahlregelschaltung aufgebaut. Die Nenndaten des Motors sind: Nennspannung 6 V, Drehmoment 0,35 Ncm, Leistungsaufnahme  $\leq 2,5 \text{ W}$ , Ankerwiderstand  $2 \Omega$ , Tachogenerator 6polig. Bei der erforderlichen Nenn-drehzahl von 1800 U/min, dem nur 6poligen Tachogenerator und der kleinen Motorzeitkonstante mußte der Schaltfrequenzoszillator zugeschaltet werden, um eine Stromersparnis zu erreichen. Die Schaltfrequenz beträgt  $\approx 16 \text{ kHz}$ . Die externe Beschaltung der IS ist im **Bild 21**, die Drehzahlabweichung und die Stromersparnis sind im **Bild 22** ersichtlich.

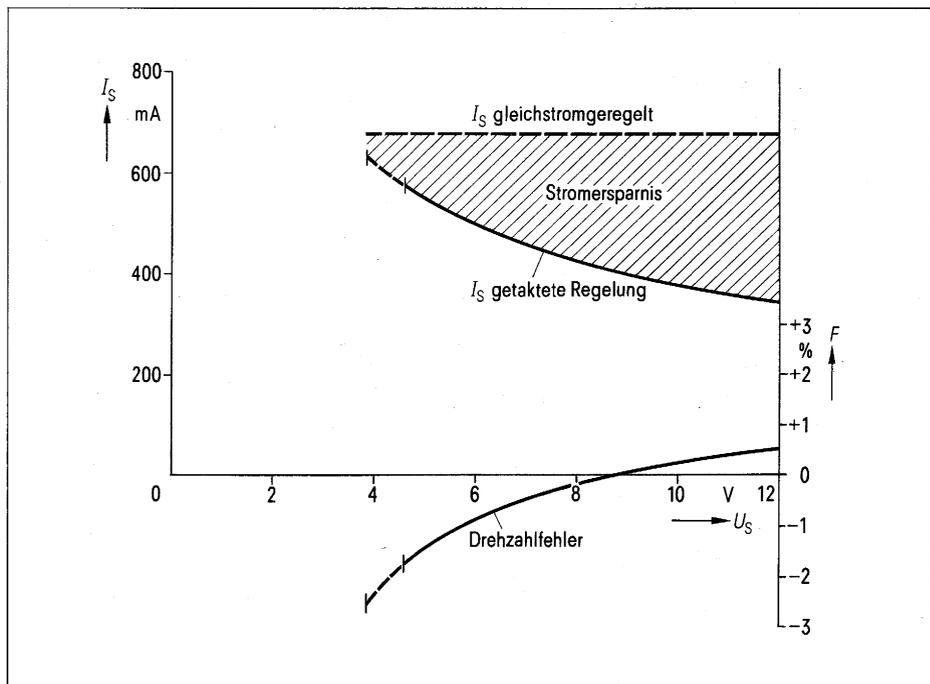


**Bild 20** Drehzahlfehler in Abhängigkeit von der Betriebsspannung  
 $n = 1500 \text{ U/min}$ ; Parameter:  $M$

**Bild 21** Drehzahlregelschaltung mit Schaltfrequenzoszillator für einen 2,5-W-Motor



**Bild 22** Drehzahlfehler und Stromaufnahme in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung  
 $n_{\text{soll}} = 1800 \text{ U/min}; M = \text{konst.}$



### 9.2.2 Gleichstrommotor 50 W mit 180poliger Lichtschranke

Die Regelung (Bild 23) arbeitet mit einer Schaltfrequenz von 3 kHz. Bei dieser Frequenz konnten die preisgünstigen, einfachdiffundierten Leistungstransistoren 2N3055 in der Schaltstufe eingesetzt werden. Um den hohen Anlaufstrom zu schalten, mußten drei gepaarte Transistoren parallel geschaltet werden. Bei der getakteten Regelung ergab sich eine erhebliche Reduktion der Aufnahmeleistung (Bild 24) und der Verlustleistung am Stellglied (Bild 25).

Als Drehzahlwertgeber wurde eine 180polige Lichtschranke vorgesehen. Zur Siebung der Monoflop-Ausgangsimpulse wurde ein Siebglied 2. Ordnung verwendet. Die Vorladeschaltung wird wegen der kleinen Zeitkonstante des Siebgliedes nicht benötigt.

Motor-Nennaten:  $U_N = 24 \text{ V}, P_N = 50 \text{ W}, R_A = 0,56 \Omega, L_A = 0,9 \text{ mH}, n_N = 3000 \text{ U/min.}$

### 9.3 Getaktete Motorsteuerung mit Drehzahlmesser

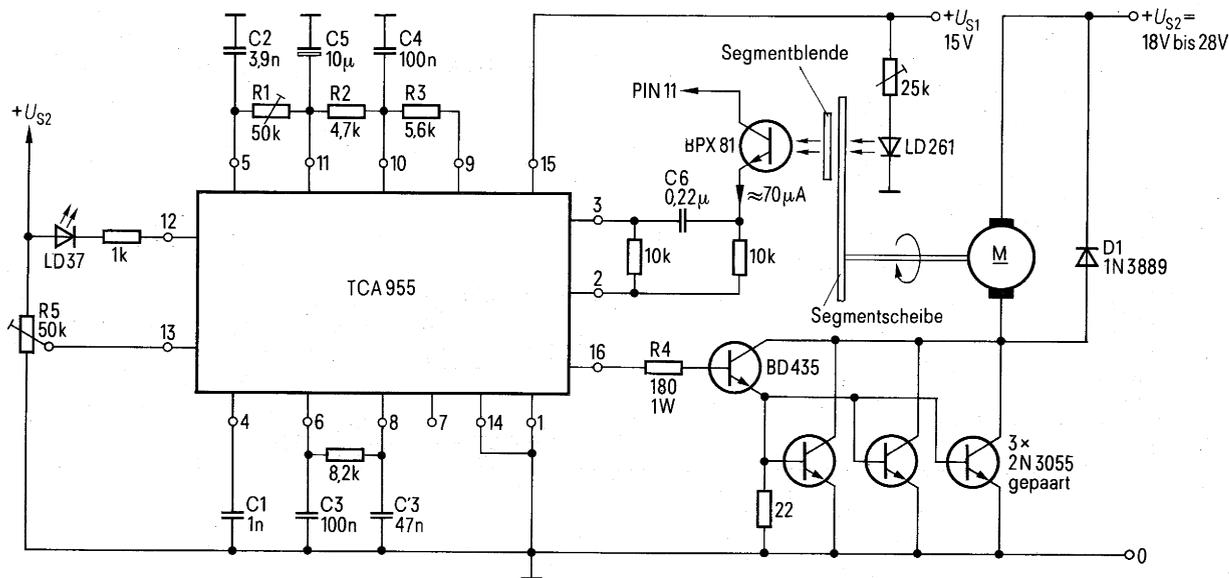
Eine getaktete Steuerung ist in Antrieben mit Batterieversorgung (Fahrzeugantriebe) wegen der möglichen Stromersparnis interessant. In diesem Bei-

spiel ist die Endstufe für die Steuerung eines 12-V/15-W-Motors ausgelegt (Bild 26).

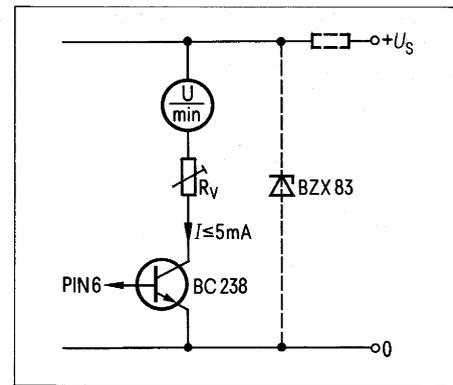
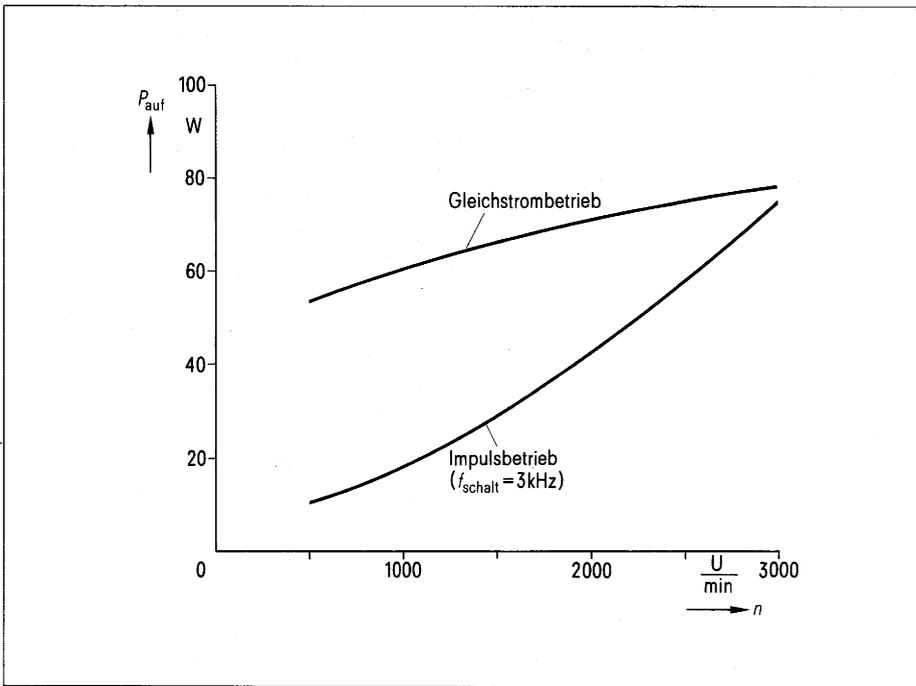
Mit dem Potentiometer  $R_8$  kann das Tastverhältnis der Ausgangsimpulse und damit die Motordrehzahl eingestellt werden.

Die Schaltfrequenzamplitude liegt ungedämpft am Sollwerteingang und wird mit der Gleichspannung am Potentiometer  $R_8$  vom Komparator verglichen. Der Ausgang PIN 16 erzeugt Rechteckimpulse mit der Frequenz des Schaltfrequenzoszillators von etwa 8 kHz.

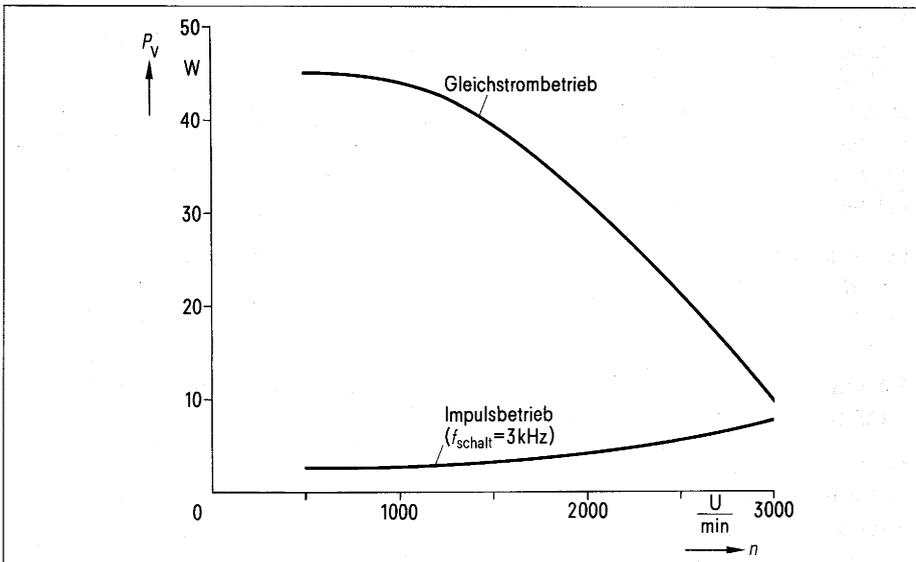
**Bild 23** Drehzahlregelschaltung mit Schaltfrequenzoszillator für einen 50-W-Motor



C1 bis C4, C6 MKM-Schichtkondensatoren B 32540  
 C5 Tantal-Elektrolytkondensator B 45 181



**Bild 27** Schaltstufe für unempfindliches Drehpulinstrument

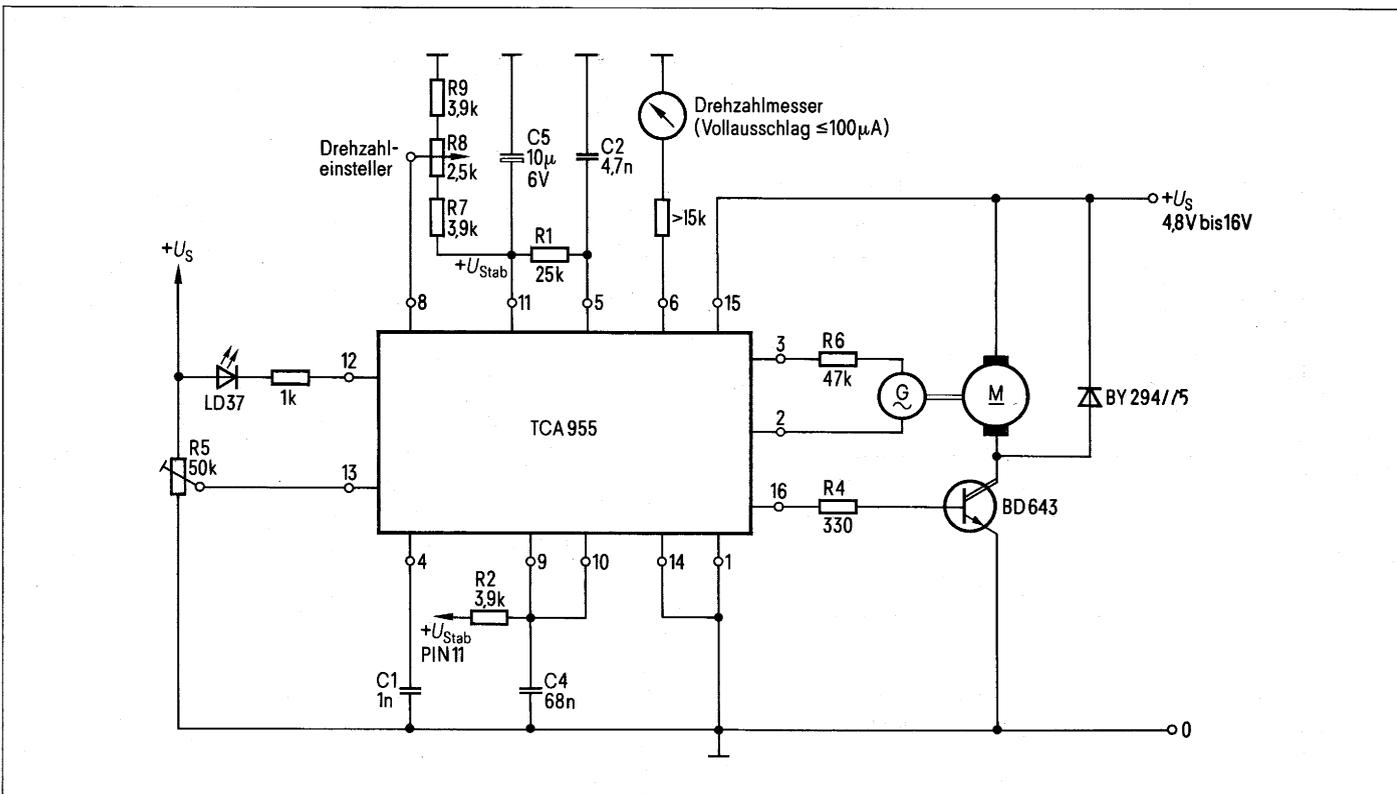


**Bild 24** Aufnahmeleistung der Regelung in Abhängigkeit von der Drehzahl

Der Frequenz-Gleichspannungswandler der IS wird von dem 72poligen Tachogenerator des Motors angesteuert und dient als Drehzahlmesser. Am PIN 6 kann über einen Vorwiderstand ein Drehpulinstrument mit max.  $100\mu A$  Vollausschlag angeschlossen werden. Unempfindlichere Instrumente erfordern eine zusätzliche Schaltstufe nach **Bild 27**, die bei hoher Genauigkeitsforderung mit stabilisierter Spannung versorgt wird.

**Bild 25** Verlustleistung am Stellglied in Abhängigkeit von der Drehzahl

**Bild 26** Getaktete Motorsteuerung mit Drehzahlmesser



# 10. Drehzahlwertgeber, Ausführungs- und Anschlußbeispiele

Bei der mechanischen Ausführung der Drehzahlwertgeber ist auf hohe Symmetrie zu achten, um einen guten Motorgleichlauf zu erhalten.

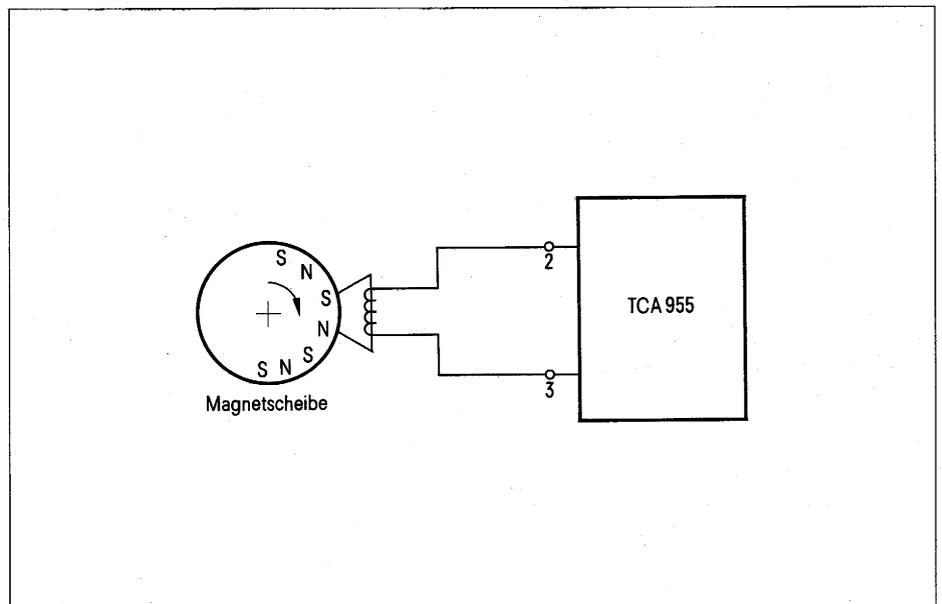
## 10.1 Induktiver Geber (potentialfrei)

Er besteht aus einer Magnetscheibe mit mehreren Polpaaren und einer Induktionsspule.

## 10.2 Magnetischer Geber mit Differentialfeldplatte

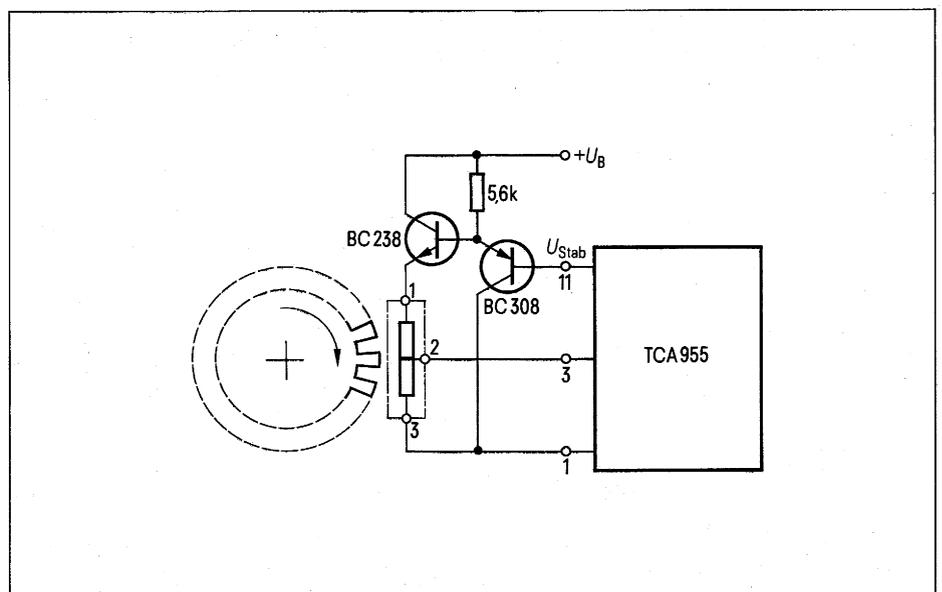
Die Differentialfeldplatte erfordert bei hohen Umgebungstemperaturen und einer Spannung von  $U_{\text{Stab}} = 3 \text{ V}$  einen Strom von ca. 10 mA. Dieser Strom kann nicht mehr von der internen Stabilisierungsschaltung der TCA955 aufgebracht werden.

Der Transistor BC238 übernimmt hier die Stromversorgung, der Transistor BC308 kompensiert seine Basis-Emitter-Schwelle, so daß an der Feldplatte wieder die Spannung  $U_{\text{Stab}}$  liegt.



**Bild 28** Induktiver Drehzahlwertgeber

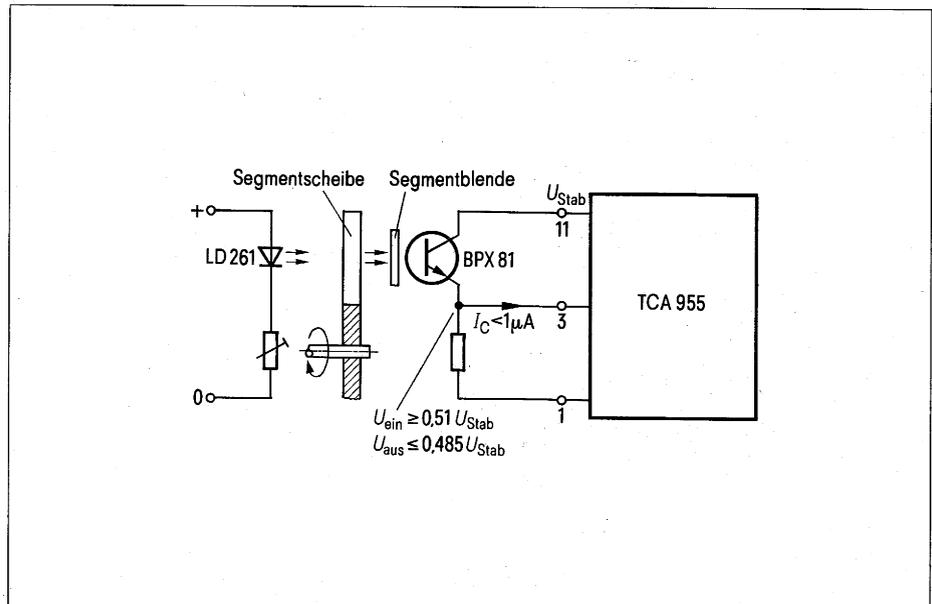
**Bild 29** Magnetischer Drehzahlwertgeber



### 10.3 Optische Geber

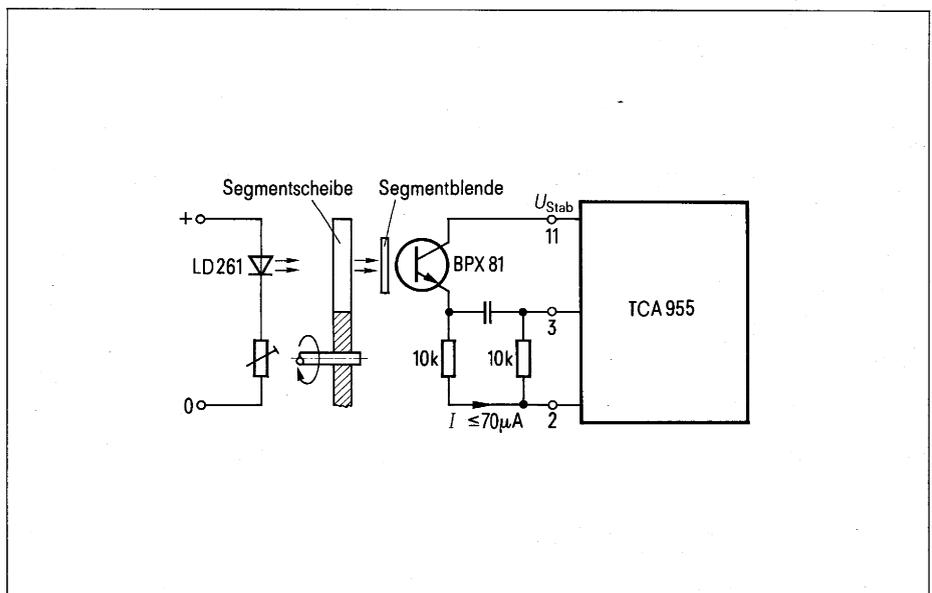
Der optische Geber besteht aus einer Lichtschranke und einer Segmentscheibe. Präzise, hochpolige Segmentscheiben ( $> 100$  Segmente) können vorteilhaft aus entsprechend belichtetem Filmmaterial hergestellt werden. Die Empfindlichkeit der Lichtschranke wird erheblich gesteigert, wenn vor dem Fotoempfänger eine gleichartige Segmentblende angeordnet wird.

Für Anwendungen, in denen ein relativ hoher, instabiler Gleichlichtanteil und ein geringer Wechsellichtanteil vorhanden ist, kann eine kapazitive Kopplung vorteilhaft sein.



**Bild 30** Optischer Drehzahlwertgeber (galvanisch gekoppelt)

**Bild 31** Optischer Drehzahlwertgeber (kapazitiv gekoppelt)





## Zweigniederlassungen in der Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West)

**1000 Berlin 61**  
Schöneberger Straße 2-4  
Postanschrift:  
1000 Berlin 11, Postfach  
Tel. 255-1, Telex 1 83 766

**2800 Bremen 1**  
Contrescarpe 72  
Postfach 127  
Tel. 3 64-1  
Telex 2 45 451

**4600 Dortmund 1**  
Märkische Straße 8-14  
Postfach 658  
Tel. 5 48-1  
Telex 8 22 312

**4000 Düsseldorf 1**  
Lahnweg 10  
Postfach 1115  
Tel. 30 30-1  
Telex 8 581 301

**4300 Essen 1**  
Kruppstraße 16  
Postfach 22  
Tel. 20 13-1  
Telex 8 57 437

**6000 Frankfurt (Main) 1**  
Gutleutstraße 31  
Postfach 41 83  
Tel. 2 62-1  
Telex 4 14 131

**2000 Hamburg 1**  
Lindenplatz 2  
Tel. 2 82-1  
Telex 21 82 721

**3000 Hannover 1**  
Am Maschpark 1  
Postfach 53 29  
Tel. 1 99-1  
Telex 9 22 333

**5000 Köln 1**  
Franz-Geuer-Str. 10  
Postfach 10 16 88  
Tel. 5 76-1  
Telex 8 881 005

**6800 Mannheim 1**  
N 7 18  
Postfach 20 24  
Tel. 2 96-1  
Telex 4 62 261

**8000 München 80**  
Richard-Strauss-Straße 76  
Postanschrift:  
8000 München 2  
Postfach 20 21 09  
Tel. 92 21-1  
Telex 5 29 421

**8500 Nürnberg 1**  
Von-der-Tann-Straße 30  
Postfach 24 29  
Tel. 6 54-1  
Telex 6 22 251

**6600 Saarbrücken 3**  
Martin-Luther-Straße 25  
Postfach 359  
Tel. 30 08-1  
Telex 4 421 431

**7000 Stuttgart 1**  
Geschwister-Scholl-Straße 24  
Postfach 120  
Tel. 20 76-1  
Telex 7 23 941

## Siemens-Landesgesellschaften und -Vertretungen

### Europa

#### Belgien

Siemens Société Anonyme  
Chaussée de Charleroi 116  
**B-1060 Bruxelles**  
Tel. 5 37 3100, Telex 21 347

#### Bulgarien

RUEN  
Technisches Beratungsb uro  
der Siemens AG  
uliza Nikolai Gogol 5/  
Boulevard Lenin  
**BG-1504 Sofia 4**  
Tel. 45 70 82, Telex 22 763

#### Dänemark

Siemens Aktieselskab  
Borupvang 3  
**DK-2750 Ballerup**  
Tel. 65 65 65, Telex 35 313

#### Finnland

Siemens Osakeyhti   
Mikonkatu 8  
**SF-00101 Helsinki 10**  
(PL 8)  
Tel. 1 07 14, Telex 12 465

#### Frankreich

Siemens S.A.  
B.P. 109  
**F-93203 Saint-Denis CEDEX 1**  
Tel. 8 20 61 20, Tx. 62 853

#### Griechenland

Siemens Hellas E.A.E.  
Vouli 7  
**Athen 125** (P.O.B. 601)  
Tel. 32 93-1, Telex 216 291

#### Gro britannien

Siemens Ltd.  
Great West House,  
Great West Road  
**Brentford TW8 9DG**  
Tel. 5 68 91 33, Telex 23 176

#### Irland

Siemens Ltd.  
8, Raglan Road  
**Dublin 4**  
Tel. 68 47 27, Telex 5341

#### Island

Smith & Norland H/F  
N at n 4,  
**Reykjavik** (P.O.B. 519)  
Tel. 3 83 20, Telex 20 55

#### Italien

Siemens Elettra S.p.A.  
Via Vittor Pisani, 20  
**I-20124 Milano**  
(Casella Postale 4183)  
Tel. 62 48, Telex 36 261

#### Jugoslawien

Generalexport  
Masarikova 5/XV  
**YU-11000 Beograd**  
(YU-1101 Beograd  
Poštanski fah 223)  
Tel. 6 84-866, Telex 11 287

#### Luxemburg

Siemens Société Anonyme  
Rue Glesener 17  
**Luxembourg** (P.B. 1701)  
Tel. 49 711-1, Telex 3430

#### Niederlande

Siemens Nederland N.V.  
Prinses Beatrixlaan 26  
**Den Haag 2077**  
(Postbus 1068)  
Tel. 78 27 82, Telex 31 373

#### Norwegen

Siemens A/S  
 stre Aker Vei 90  
**N-050 Oslo 5**  
(Postboks 10, Veitvet)  
Tel. 15 30 90, Telex 18 477

#### Österreich

Siemens Aktiengesellschaft  
Österreich  
**A-1030 Wien**  
Apostelgasse 12  
(A-1031 Wien, Postfach 326)  
Tel. 72 93-0, Telex 11 866

#### Polen

PHZ Transactor S.A.  
**PL-00-950 Warszawa**  
(P.O.B. 30)  
Tel. 49 72 62, Telex 813 288

#### Portugal

Siemens S.A.R.L.  
Av. Almirante Reis, 65  
**Lisboa-1** (Apartado 1380)  
Tel. 53 88 05, Telex 12 563

#### Rumänien

Siemens Birou  
de consultatii tehnice  
Str. Jules Michelet 15-17  
par. abt. 5  
**R-7 Bucuresti 1**  
Tel. 15 18 25, Telex 11 473

#### Schweden

Siemens AB  
Norra Stationsgatan 63-65  
**Stockholm**  
(Fack, S-10435 Stockholm 23)  
Tel. 22 96 80, Telex 1880/81

#### Schweiz

Siemens-Albis AG  
**CH-8001 Zürich**  
(CH-8021 Zürich,  
Postfach 605)  
L wenstra e 35  
Tel. 23 03 52, Telex 52 131

#### Spanien

Siemens S.A.  
Orense, 2  
**Madrid-20** (Apartado 155)  
Tel. 4 55 25 00, Telex 27 769

#### Tschechoslowakei

EFEKTIM  
Vertretung ausländischer  
Gesellschaften in der CSSR  
V clavsk  n m sti 1  
**CS-11000 Praha 1**  
(P.O.B. 457)  
Tel. 25 84 17, Telex 122 389

#### Türkei

Simko Ticaret ve Sanayi A.S.  
Meclisi Mebusan Cad. 55/35  
**Istanbul** (Fındıklı)  
(P.K. 64 Tophane)  
Tel. 45 20 90, Telex 22 290

#### Ungarn

INTERCOOPERATION AG  
Siemens-Kooperations-  
abteilung  
B sz rmenyi  t 9-11  
**H-1126 Budapest**  
(P.O.B. 1525)  
Tel. 15 49 70, Telex 224 133

#### Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken

Siemens B ro  
Kalantschjevskaja Str. 21/40,  
Hotel Leningradskaja  
Zimmer 301  
**SU-Moskau**  
Tel. 2 23 52 57, Telex 7413

### Afrika

####  gypten

Siemens Resident Engineers  
P.O.B. 775, Zamalek  
**Cairo/Egypt**  
Tel. 3 56 61, Telex 321

#### Algerien

Siemens Algérie S.A.R.L.  
3, Viaduc du Duc des Cars  
**Alger** (B.P. 224, Alger-Gare)  
Tel. 63 95 47, Telex 52 817

###  thiopien

Siemens Ethiopia Ltd.  
Ras Bitwoded Makonen  
Building  
**Addis Ababa** (P.O.B. 5505)  
Tel. 15 15 99, Telex 21052

### Libyen

Assem Azzabi, Tariq Building  
1, Septembar Street  
**Tripoli** (P.O.B. 2583)  
Tel. 4 15 34

### Marokko

SETEL  
Société Electrotechnique  
et de Télécommunications S.A.  
Rue Lafuente  
**Casablanca**  
Tel. 26 13 82/84, Telex 21914

### S dafrika

Siemens (Proprietary) Limited  
Siemens House  
Corner Wolmarans and Biccard  
Streets, Braamfontein  
**Johannesburg 2000**  
(P.O.B. 4583)  
Tel. 7 25 25 00, Telex 587 721

### Sudan

National Electrical &  
Commercial Company (NECC)  
**Khartoum** (P.O.B. 1202)  
Tel. 8 08 18, Telex 642

### Tunesien

Sitelec S.A. Société  
d'Importation  
et de Travaux d'Electricité  
26, Avenue Farhat Hached  
**Tunis**  
Tel. 24 28 60, Telex 12 326

### Zaire

Siemens Zaire S.P.R.L.  
1222, Avenue Tombalbaye,  
**Kinshasa 1** (B.P. 9897)  
Tel. 2 26 08, Telex 377

### Amerika

#### Argentinien

Siemens S.A.  
Av. Presidente  
Julio A. Roca 530  
**Buenos Aires**  
(Casilla Correo Central 1232)  
Tel. 30 04 11, Telex 121 812

#### Bolivien

Sociedad Comercial  
e Industrial Hansa Ltda.  
**La Paz** (Caj n Postal 1402)  
Tel. 5 44 25, Telex 5261

#### Brasilien

Siemens S.A.  
Rua Cel. Bento Bicudo, 111  
**BR-05069 Sao Paulo**  
(Caixa Postal 1375),  
Sao Paulo 1, SP)  
Tel. 2 60 26 11, Telex 11-23681

#### Chile

Gildemeister S.A.C.  
Division Siemens  
Casilla 99-D  
**Santiago de Chile**  
Tel. 8 25 23, Telex sgo 392

#### Kanada

Siemens Canada Limited  
7300 Trans-Canada Highway  
**Pointe Claire**, P.Q. H9R 1C7  
(P.O.B. 7300, Pointe Claire,  
P.Q. H9R 4R6)  
Tel. 695-7300, Telex 5 267 300

#### Kolumbien

Siemens S.A.  
Carrera 65, No. 11-83  
**Bogot **  
(Apartado A reo 80150)  
Tel. 6140 77, Telex 44 750

#### Mexiko

Siemens S.A.  
Poniente 116, No. 590  
**Mexico 15, D.F.**  
(Apartado Postal 15064)  
Tel. 5 67 07 22, Telex 17 72 700

### Uruguay

Conatel S.A.  
Ejido 1690  
**Montevideo**  
(Casilla de Correo 1371)  
Tel. 91 73 31, Telex 934

### Venezuela

Siemens S.A.  
Apartado 3616  
**Caracas 101**  
Tel. 34 85 31, Telex 25 131

### Vereinigte Staaten von Amerika

Siemens Corporation  
186 Wood Avenue South  
**Iselin, New Jersey 08830**  
Tel. 4 94-1000  
Telex WU 84-4491, 84-4492

### Asien

#### Afghanistan

Siemens Afghanistan Ltd.  
Alaudin, Karte 3  
**Kabul** (P.O.B. 7)  
Tel. 4 14 60

#### Bangladesh

Siemens Bangladesh Ltd.  
74, Dilkusha Commercial Area  
**Dacca** (P.O.B. 33)  
Tel. 24 43 81, Telex 824

#### Burma

Siemens Resident Engineer  
No. 8 Attia Road  
**Rangoon** (P.O.B. 1427)  
Tel. 3 25 08, Telex 2009

#### Hongkong

Jebsen & Co., Ltd.  
Prince's Building, 23rd floor  
**Hong Kong** (P.O.B. 97)  
Tel. 5 22 5111, Telex 73221

#### Indien

Siemens India Ltd.  
Head Office  
134-A, Dr. Annie Besant Road,  
Worli  
**Bombay 400018** (P.O.B. 6597)  
Tel. 37 99 06, Telex 112 373

#### Indonesien

P.T. Siemens Indonesia  
Kebon Sirih 4  
**Jakarta** (P.O.B. 2469)  
Tel. 5 10 51, Telex 46 222

#### Irak

Samhiry Bros. Co. (W.L.L.)  
Abu Nawas Street  
**Baghdad** (P.O.B. 300)  
Tel. 9 00 21, Telex 2 255

#### Iran

Siemens Sherkate  
Sahami (Khass)  
Kh. Takhte-Djamshid 32  
Siemenshaus  
**Teheran 15**  
Tel. 6141, Telex 212 351

#### Israel

Transelectio Company Ltd.  
72/76 Harakevet Street  
**Tel Aviv** (P.O.B. 2385)  
Tel. 3 18 44, Telex 33 513

#### Japan

Nippon Siemens K.K.  
Furukawa Sogo Building,  
6-1, Marunouchi, 2-chome  
Chiyoda-ku  
**Tokyo 100**  
(Central P.O. Box 1144  
Tokyo 100-91)  
Tel. 2 14 02 11, Telex 22 808

#### Jemen

Tihama Tractors  
& Engineering Co. Ltd.  
**Sana'a** (P.O.B. 49)  
Tel. 24 62, Telex 217

### Korea (Republic)

Siemens Electrical  
Engineering Co., Ltd.  
C.P.O. Box 3001  
**Seoul**  
Tel. 24 15 58, Telex 2329

### Kuwait

Abdul Aziz M. T. Alghanim Co.  
& Partners  
**Kuwait, Arabia** (P.O.B. 3204)  
Tel. 42 33 36, Telex 2 131

### Libanon

Ets. F.A. Kettaneh S.A.  
(Kettaneh Fr res)  
Rue du Port  
**Beirut** (P.O.B. 110242)  
Tel. 22 11 80, Telex 20 614

### Malaysia

Guthrie Eng. (Malaysia) Sdn. Bhd.  
Electrical & Communications  
Division  
17, Jalan Semangap  
**Petaling Jaya/Selangor**  
(P.O.B. 30)  
Tel. 77 33 44, Telex 37 573

### Pakistan

Siemens Pakistan  
Engineering Co. Ltd.  
ILACO House,  
Abdullah Haroon Road  
**Karachi** (P.O.B. 7158, Karachi 3)  
Tel. 51 60 61, Telex 820

### Philippinen

Engineering Equipment, Inc.  
Machinery Division,  
Siemens Department  
P.O.B. 7160 Airmail Exchange Office  
**Manila International Airport**  
Tel. 85 40 11/19, Telex ECC 3695

### Saudi-Arabien

E.A. Juffali & Bros.  
Head Office  
**Jeddah** (P.O.B. 1049)  
Tel. 2 22 22, Telex 40 130

### Singapur

Guthrie Engineering (Singapore)  
Pte. Ltd.  
Electrical  
& Communications Division  
41, Sixth Avenue,  
Bukit Timah Road  
**Singapore 10**  
(P.O.B. 495, Singapore 1)  
Tel. 66 25 55, Telex 21 681

### Syrien

Syrian Import  
Export & Distribution  
Co., S.A.S. SIEDCO  
Port Said Street  
**Damas** (P.O.B. 363)  
Tel. 1 34 31/33

### Taiwan

Delta Engineering Ltd.  
42, Hsu Chang Street,  
8th floor  
**Taipei** (P.O.B. 58497)  
Tel. 3 6102 55, Telex 21 826

### Thailand

B. Grimm & Co. R.O.P.  
1643/4, Petchburi Road  
(Extension)  
**Bangkok 10** (P.O.B. 66)  
Tel. 52 40 81, Telex 2614

### Australien und Ozeanien

#### Australien

Siemens Industries Ltd.  
544 Church Street, Richmond  
**Melbourne**, Victoria 3121  
Tel. 4 29 7111, Telex 30 425

#### Neuseeland

Siemens Liaison Office  
175 The Terrace  
**Wellington 1** (P.O.Box 4145,  
G.P.O. Wellington)  
Tel. 4 63 65, Telex 31233

nik · Anwendungstechnik · Anwendungstechni  
ndungstechnik · Anwendungstechnik · Anwend  
nik · Anwendungstechnik · Anwendungstechni  
ndungstechnik · Anwendungstechnik · Anwend  
nik · Anwendungstechnik · Anwendungstechni  
ndungstechnik · Anwendungstechnik · Anwend  
nik · Anwendungstechnik · Anwendungstechni  
ndungstechnik · Anwendungstechnik · Anwend  
nik · Anwendungstechnik · Anwendungstechni  
ndungstechnik · Anwendungstechnik · Anwend  
nik · Anwendungstechnik · Anwendungstechni  
ndungstechnik · Anwendungstechnik · Anwend  
nik · Anwendungstechnik · Anwendungstechni  
ndungstechnik · Anwendungstechnik · Anwend  
nik · Anwendungstechnik · Anwendungstechni  
ndungstechnik · Anwendungstechnik · Anwend