

**SIEMENS**

**Magnetfeldabhängige  
Halbleiter**

**1976/77**

**Herausgegeben von  
Siemens AG, Bereich Bauelemente, Balanstraße 73, 8000 München 80.**

Für die angegebenen Schaltungen, Beschreibungen und Tabellen wird keine Gewähr bezüglich der Freiheit von Rechten Dritter übernommen.

Liefermöglichkeiten und technische Änderungen vorbehalten.

Fragen über Technik, Preise und Liefermöglichkeiten richten Sie bitte an unsere Zweigniederlassungen im Inland, Abteilung VB oder an unsere Landesgesellschaften im Ausland (siehe Geschäftsstellenverzeichnis).



---

## **Inhaltsverzeichnis**

---

# 1. Inhaltsverzeichnis

## 2. Magnetik

<b>2.1. Magnetische Einheiten</b>	13
2.1.1. Magnetischer Fluß	13
2.1.2. Induktivität	13
2.1.3. Magnetische Induktion	13
2.1.4. Magnetische Feldstärke	13
2.1.5. Magnetische Spannung	14
2.1.6. Übersicht	14
<b>2.2. Elektromagnetischer Kreis</b>	14
<b>2.3. Dauermagnetischer Kreis</b>	15
2.3.1. Dimensionierung eines Magnetsystems	16
2.3.2. Berechnung des Streufaktors	18
2.3.3. Anordnungsbeispiele	18

## 3. Hallgeneratoren

<b>3.1. Grundlagen</b>	23
<b>3.2. Aufbau der Hallgeneratoren</b>	23
<b>3.3. Begriffe und allgemeine Daten</b>	25
3.3.1. Nennwert des Steuerstromes	25
3.3.2. Steuerfeld	26
3.3.3. Nennwert des magnetischen Steuerflusses	26
3.3.4. Nennwert der Durchflutung	26
3.3.5. Leerlaufhallspannung	26
3.3.6. Induktionsempfindlichkeit	26
3.3.7. Abschlußwiderstand für lineare Anpassung	26
3.3.8. Fehler und Empfindlichkeit bei linearer Anpassung	28
3.3.9. Ohmsche Nullkomponente	29
3.3.10. Induktive Nullkomponente	29
3.3.11. Temperaturverhalten	30
3.3.12. Maximal zulässiger Steuerstrom	30
3.3.13. Wärmeleitwert	30
3.3.14. Höchstzulässige Oberflächentemperatur	30
<b>3.4. Hallgeneratortypen und ihre Anwendung</b>	30
3.4.1. Feldmessung	31
3.4.2. Feldregelung	32
3.4.3. Potentialfreie Strommessung	32
3.4.4. Strommessung an Leitungen	33
3.4.4.1. Berechnungsbeispiel	34
3.4.5. Temperaturkompensation von InAs-Hallgeneratoren bei geringer Aussteuerung	34
3.4.6. Anwendung von Signal-Hallgeneratoren	35
3.4.7. Verlauf der Hallspannungen beim RHY 15 bzw. KSM 2	36
3.4.7.1. Ansteuerung mit Einzelmagnet	36
3.4.7.2. Ansteuerung mit Magnetpaar	37
3.4.7.3. Ansteuerung mit gedrängter Magnetreihe	38
3.4.7.4. Ansteuerung mit weiter Magnetreihe	38
3.4.8. Abtastung von magnetisierbaren Folien	39
3.4.9. Verlauf der Hallspannung beim Ferrit-Hallgenerator SBV 566	40
3.4.9.1. Monopolare Ansteuerung	40
3.4.9.2. Bipolare Ansteuerung	40

	Seite
3.4.9.3. Multipolare Ansteuerung . . . . .	40
3.4.10. Kontaktlose Kommutierung von Gleichstrommotoren mit dem Ferrit-Hallgenerator SBV 566 . . . . .	41
3.4.11. Schaltverstärker für Signal-Hallgeneratoren . . . . .	42
3.4.12. Dekadischer Winkelcodierer mit Hallgeneratoren . . . . .	42
3.4.13. Flüssigkeitsmessung mit Hallgeneratoren . . . . .	43
3.4.14. Konstantstromquellen für Meß-Hallgeneratoren . . . . .	44
<b>3.5. Einbauhinweise für Hallgeneratoren . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>4. Feldplatten</b>	
<b>4.1. Grundlagen . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Aufbau der Feldplatten</b>	<b>52</b>
4.2.1. Feldplatten-System . . . . .	52
4.2.2. Feldplatten . . . . .	53
4.2.3. Feldplatten-Fühler . . . . .	54
4.2.4. Feldplatten-Potentiometer . . . . .	57
<b>4.3. Begriffe und allgemeine Daten</b>	<b>57</b>
4.3.1. Grundwiderstand $R_0$ . . . . .	57
4.3.2. Widerstand $R_B$ im Magnetfeld . . . . .	58
4.3.3. Temperaturabhängigkeit des Feldplattenwiderstandes . . . . .	60
4.3.4. Rechnerische Darstellung der Feldplatten-Kennlinien . . . . .	65
4.3.4.1. Tabelle der Polynomkoeffizienten . . . . .	65
4.3.5. Vormagnetisierung . . . . .	65
4.3.6. Offener magnetischer Kreis . . . . .	66
4.3.7. Geschlossener magnetischer Kreis . . . . .	67
4.3.8. Mittensymmetrie $M$ . . . . .	67
4.3.9. Nullspannung $U_{A0}$ . . . . .	68
4.3.10. Frequenzverhalten . . . . .	68
4.3.11. Wärmeleitwert . . . . .	69
4.3.12. Festlegung der Betriebsspannung . . . . .	70
4.3.13. Differential-Feldplatte . . . . .	70
4.3.13.1. Differential-Feldplatte in Brückenschaltung . . . . .	71
4.3.14. Temperaturkompensation in Brückenschaltung . . . . .	71
4.3.14.1. Verwendung temperaturabhängiger Widerstände . . . . .	71
4.3.14.2. Ausnützung der Temperaturabhängigkeit der Arbeitspunktinduktion $B_0$ . . . . .	71
4.3.14.3. Ausnützung der Temperaturabhängigkeit des Innenwiderstandes der Differential-Feldplatte . . . . .	71
4.3.15. Arbeitspunkt von vormagnetisierten Differential-Feldplatten . . . . .	73
<b>4.4. Anwendung von Feldplatten und Feldplatten-Fühlern</b>	<b>75</b>
4.4.1. Drehzahlerfassung mit Feldplatten-Differential-Fühler . . . . .	75
4.4.2. Drehsinnerfassung mit Feldplatten-Differential-Fühler . . . . .	76
4.4.3. Ansteuerung von Transistoren mit Feldplatten . . . . .	77
4.4.4. Berührungslose Geschwindigkeitsmessung von Rotations- und Linearbewegungen / Wirbelstromtachometer . . . . .	77
4.4.5. Winkelschrittgeber mit Feldplatten-Differential-Fühler . . . . .	78
4.4.6. Stellungsanzeige mit Feldplatten-Differential-Fühler . . . . .	80
<b>4.5. Typenschlüssel</b>	<b>81</b>
<b>4.6. Einbauhinweise</b>	<b>81</b>
<b>5. Datenteil</b>	
<b>5.1. Angaben zur Qualität</b>	<b>87</b>
<b>5.2. Hallgeneratoren – Typenübersicht</b>	<b>88</b>

5.2.1.	Meßhallgeneratoren . . . . .	88
5.2.2.	Ferrithallgeneratoren . . . . .	89
5.2.3.	Hallgenerator-Baugruppen . . . . .	89
<b>5.3.</b>	<b>Feldplatten – Typenübersicht</b> . . . . .	<b>123</b>
5.3.1.	Feldplatten auf Eisenträger . . . . .	123
5.3.2.	Differential-Feldplatten auf Eisenträger . . . . .	123
5.3.3.	Feldplatten-Differential-Fühler . . . . .	124
5.3.4.	Feldplatten-Potentiometer . . . . .	125
<b>5.4.</b>	<b>Integrierter Hallgenerator</b> . . . . .	<b>175</b>
<b>5.5.</b>	<b>Magnetfeldmeßgerät</b> . . . . .	<b>182</b>
<b>5.6.</b>	<b>Literaturhinweise</b> . . . . .	<b>183</b>
<b>6.</b>	<b>Anschriften unserer Geschäftsstellen</b> . . . . .	<b>185</b>



---

**Magnetik**

---



## 2. Magnetik

### 2.1. Magnetische Einheiten

#### 2.1.1. Magnetischer Fluß

Der magnetische Fluß ergibt sich als Produkt aus elektrischer Spannung und Zeit. Kohärente Einheit des magnetischen Flusses ist das Weber (Wb) oder die Voltsekunde ( $V \cdot s$ ) als der magnetische Fluß, der in einer ihn umschlingenden Windung die elektrische Spannung 1 V induziert, wenn er während der Zeit 1 s gleichmäßig auf Null abnimmt. Somit gilt

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}.$$

Als Einheiten des magnetischen Flusses sind zwar auch alle Einheiten zulässig, die als Produkt aus einer zulässigen Einheit der elektrischen Spannung und einer zulässigen Zeiteinheit gebildet werden, doch wird davon wenig Gebrauch gemacht. Im allgemeinen wird die Einheit Voltsekunde dem Weber vorgezogen. Vielfache und Teile dürfen mit den gesetzlichen Vorsätzen sowohl vom Weber als auch von der Voltsekunde gebildet werden (Ausnahme). Das Weber ist eine der jüngsten Einheiten unseres Maßsystems, die erst 1935 durch die Internationale Elektrotechnische Kommission eingeführt wurde, und zwar zunächst im internationalen elektromagnetischen Maßsystem und erst 1948 in der derzeit geltenden Fassung.

#### 2.1.2. Induktivität

Die Induktivität ergibt sich als Quotient aus magnetischem Fluß und elektrischer Stromstärke. Kohärente Einheit der Induktivität ist das Henry (H) als die Induktivität einer geschlossenen Windung, die, von einem elektrischen Strom der Stärke 1 A durchflossen, im leeren Raum den magnetischen Fluß 1 Wb umschlingt. Demzufolge gilt

$$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A} = 1 \text{ V} \cdot \text{s/A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}.$$

Vielfache und Teile dürfen mit gesetzlichen Vorsätzen gebildet werden. Ursprünglich war auch das Henry eine Einheit des elektromagnetischen cgs-Systems und wurde als  $10^9$  cm definiert. Die derzeitige Definition erfolgte erst 1948.

#### 2.1.3. Magnetische Induktion

Die magnetische Induktion bzw. die magnetische Flußdichte wird als Quotient aus magnetischem Fluß und Fläche gebildet. Kohärente Einheit ist das Tesla (T), dessen Name durch die XI. Generalkonferenz für Weber/Quadratmeter ( $\text{Wb/m}^2$ ) bzw. Voltsekunde/Quadratmeter ( $\text{V} \cdot \text{s/m}^2$ ) beschlossen wurde. Es wird definiert als die magnetische Induktion eines homogenen magnetischen Flusses, der eine Fläche von  $1 \text{ m}^2$  senkrecht mit der Stärke 1 Wb durchsetzt; es gilt also

$$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ V} \cdot \text{s/m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}.$$

Als Einheiten der magnetischen Induktion sind auch alle Einheiten zulässig, die als Quotient aus einer zulässigen Einheit des magnetischen Flusses und einer zulässigen Flächeneinheit gebildet werden.

#### 2.1.4. Magnetische Feldstärke

Die magnetische Feldstärke ist der Quotient aus elektrischer Stromstärke und Länge. Kohärente Einheit der magnetischen Feldstärke ist das Ampere je Meter (A/m). Sie ist definiert als die magnetische Feldstärke, die im leeren Raum von einem elektrischen Strom der Stärke 1 A durch einen unendlich langen geraden Leiter von kreisförmigem Querschnitt auf dem Rand einer zum Leiterquerschnitt konzentrischen Kreisfläche von 1 m Umfang hervorgerufen wird.

Als Einheiten der magnetischen Feldstärke sind auch alle Einheiten zulässig, die als Quotient aus einer zulässigen Einheit der elektrischen Stromstärke und einer zulässigen Längeneinheit gebildet werden.

### 2.1.5. Magnetische Spannung

Einheit der magnetischen Spannung ist das Ampere.

### 2.1.6. Tabelle 1

	SI-Einheit		bisherige Einheit		Beziehungen
Flußdichte Induktion	Tesla	T	Gauß	G	$1\text{G} = 10^{-4}\text{T}$
Fluß	Weber	Wb	Maxwell	M	$1\text{M} = 10^{-8}\text{Wb}$
Mag. Feldstärke	Ampere/Meter	A/m	Oersted	Oe	$1\text{Oe} = \frac{10^3}{\pi 4} \text{A/m}$ $\approx 80 \text{A/m}$
Mag. Spannung	Ampere	A	Gilbert	Gb	$1\text{Gb} = 1\text{Oe} \cdot \text{cm}$

## 2.2. Elektromagnetischer Kreis

Das Magnetfeld eines elektrisch erregten Magnetkreises stellt sich so ein, daß die magnetische Ringspannung des Kreises gleich der Stromdurchflutung in  $Aw$  und der gesamte magnetische Fluß an jeder Stelle gleich groß ist.

Zur Berechnung des magnetischen Kreises geht man daher von der Gleichung

$$\oint H \cdot ds = I \cdot n$$

aus.

Für einen ringförmigen Magnetkreis mit Luftspalt  $\delta$  und konstantem Eisenquerschnitt entsprechend Abb. 1 ergibt sich unter Vernachlässigung der Streuung

$$H \cdot l = I \cdot n.$$

$H$  magn. Feldstärke

$l$  Weg des magn. Flusses

$I$  Erregerstrom

$n$  Windungszahl

Da der Weg des magn. Flusses im Eisen und in der Luft liegt, teilt man auf

$$H_L \cdot \delta + H_{Fe} \cdot l_{Fe} = I \cdot n.$$

Da der magn. Fluß im gesamten Kreis gleich ist, herrscht im Luftspalt die gleiche Flußdichte wie im Eisen.

$$B_{Fe} = B_L.$$

Mit der Beziehung  $B = \mu \cdot \mu_0 \cdot H$  ergibt sich

$$\frac{B_L \cdot \delta}{\mu_0} + \frac{B_L \cdot l_{Fe}}{\mu \cdot \mu_0} = I \cdot n \quad (\mu_{Luft} = 1)$$

und daraus:

$$B_L = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot n}{\delta + \frac{l_{Fe}}{\mu}}$$

wobei  $\mu$  die Permeabilität des Eisenkreises ist. Bei „weichmagnetischen“ Materialien ist  $\mu$  sehr groß ( $\mu > 1000$ ), so daß die Eisenweglänge von einigen Zentimetern schon gegenüber Luftspalten von wenigen zehntel Millimetern vernachlässigt werden kann. Die Luftspalt-

induktion  $B_L$  ist dann der Stromdurchflutung proportional. Die spezifischen magnetischen Eigenschaften des Eisens, beschrieben durch die Magnetfeldabhängigkeit der Permeabilität, treten dann nicht in Erscheinung. Bei zunehmender Stromdurchflutung wird der Eisen-

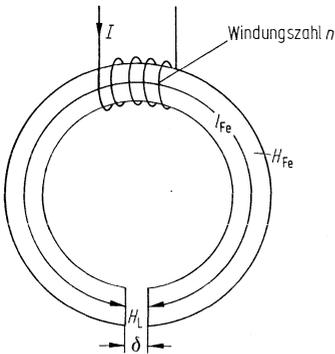


Abb. 1:  
**Elektrisch erregter ringförmiger Magnetkreis**  
mit einem Luftspalt

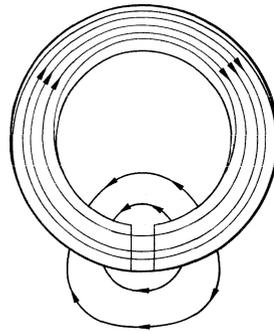


Abb. 2:  
**Verlauf der Induktionslinien**  
in einem Magnetkreis mit ausstreuendem  
Luftspalt

kreis schließlich gesättigt, der Permeabilität sinkt stark ab, und die Luftspaltinduktion steigt nur noch sehr schwach mit wachsender Durchflutung an.

Die Gleichung gilt nur unter der Voraussetzung konstanter Induktion  $B_{Fe}$  längs des Eisenwegs  $l_{Fe}$ . Bei Vorhandensein eines Luftspaltes ist diese Voraussetzung streng nicht erfüllt. Wie Abb. 2 zeigt, treten einige Feldlinien des Magnetflusses bereits vor Erreichen des Luftspaltes aus dem Eisenkreis aus und laufen seitlich am Luftspalt vorbei. Diese Erscheinung nennt man Luftspaltstreuung. Sie hat zur Folge, daß die magnetische Induktion entlang des Eisenwegs nicht konstant ist; vielmehr erreicht die magnetische Induktion ihren größten Wert auf der dem Luftspalt gegenüberliegenden Seite des Eisenkreises. Die für Feldplatten und Hallgeneratoren eingesetzten Magnetkreise sind meistens so beschaffen, daß die Luftspaltstreuung vernachlässigt werden kann; die oben ausgeführte Berechnung der Luftspaltinduktion ist deshalb in diesen Fällen mit hinreichender Näherung gültig.

### 2.3. Dauermagnetischer Kreis

Die Magnetisierung  $M_m$  eines Dauermagneten hängt von der Magnetisierungskurve des verwendeten permanentmagnetischen Werkstoffs und vom Arbeitspunkt des Magneten auf dieser Kurve ab. Dabei wird der Arbeitspunkt von den Abmessungen des Dauermagneten und der Geometrie des Eisenkreises bestimmt.

Abb. 3 zeigt einen Magnetkreis mit Dauermagneterregung. Es wird angenommen, daß der Magnet der Länge  $l_m$  die konstante Magnetisierung  $M_m$  besitzt. Ist  $H_m$  die Feldstärke und  $B_m$  die magnetische Induktion im Innern des Permanentmagneten, so gilt

$$B_m = \mu_0 H_m + M_m.$$

Da die Stromdurchflutung des Magnetkreises Null ist, gilt  $H_L \delta + H_{Fe}/\mu_0 + H_m/l_m = 0$ . Luftspaltfeldstärke  $H_L$  und Eisenfeldstärke  $H_{Fe}$  haben den gleichen Richtungssinn. Da die magnetische Ringspannung verschwindet, muß die Feldstärke  $H_m$  im Innern des Permanentmagneten der Flußrichtung entgegengerichtet sein.

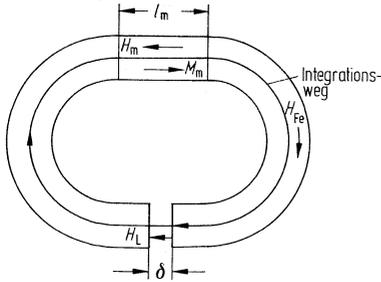


Abb. 3:  
Magnetkreis mit Dauermagneterregung

Mit den Bedingungen

$$B_L = B_{Fe}$$

und

$$B_m = B_{Fe}$$

für die Quellenfreiheit der magnetischen Induktion folgt dann für die Luftspaltinduktion

$$B_L = \frac{M_m}{1 + \frac{\delta}{l_m} + \frac{l_{Fe}}{\mu l_m}}$$

Im allgemeinen ist  $\delta \ll l_m$  und die Permeabilität  $\mu$  des Eisenkreises sehr groß ( $\mu > 1000$ ). Im Gegensatz zum elektrisch erregten Magnetkreis ist daher beim permanentmagnetischen Kreis unter der Annahme einer konstanten Magnetisierung des Dauermagneten die Luftspaltinduktion in erster Näherung unabhängig von der Luftspalthöhe  $\delta$ . Wie bereits erwähnt, hängt aber die Magnetisierung  $M_m$  des Dauermagneten von der Lage des Arbeitspunktes auf der Magnetisierungskurve ab. Wird die Luftspalthöhe geändert, so verschiebt sich der Arbeitspunkt. Die Voraussetzung einer konstanten Magnetisierung ist also in Wirklichkeit nicht erfüllt. Bei steilen Magnetisierungskurven kann daher über diesen Einfluß eine starke Änderung der Luftspaltinduktion  $B_L$  in Abhängigkeit von der Luftspalthöhe  $\delta$  auftreten.

Um eine hohe Luftspaltinduktion  $B_L$  zu erzielen, wählt man bei technischen Anwendungen den Querschnitt  $S_m$  des Permanentmagneten größer als den Luftspaltquerschnitt  $S_L$ . Die Flußbilanz lautet dann

$$B_m \cdot S_m = B_L \cdot S_L;$$

damit gilt:

$$B_L = \frac{M_m}{\frac{S_L}{S_m} + \frac{\delta}{l_m} + \frac{l_{Fe}}{\mu l_m}}$$

Ist  $\delta \ll l_m$  und  $\mu$  sehr groß, so folgt in erster Näherung

$$B_L = \frac{S_m}{S_L} \cdot M_m.$$

Die Luftspaltinduktion ist also um den Faktor  $S_m/S_L$  höher als bei konstantem Kreisquerschnitt.

### 2.3.1. Dimensionierung eines Magnetsystems

Zur vereinfachten Abschätzung des Magnetfeldes im Falle konstanter Verhältnisse im Luftspalt dienen die nachstehenden Formeln. Auch sie gelten nicht exakt, sondern enthalten Anpassungsparameter.

Der Streufaktor  $\sigma$  gibt das Verhältnis des Gesamtflusses im Magneten zum Nutzfluß im Luftspalt an; er liegt im allgemeinen zwischen 1,2 und 5. Sein Kehrwert  $1/\sigma$  entspricht ungefähr dem nutzbaren Wirkungsgrad des Systems und liegt etwa zwischen 0,2 und 0,8.

Der Feldabfall entlang den Flußleitstücken und an inneren Luftspalten im magnetischen Kreis wird durch einen Faktor  $\tau$  berücksichtigt; er liegt im Bereich von 1 bis 1,5 und kann im Mittel zu 1,2 angenommen werden.

In der Praxis werden folgende Formeln häufig benutzt, in welchen die Indizes „m“ und „L“ angeben, ob sich die Größen auf den Magneten oder den Luftspalt beziehen. Für die Feldstärke und Induktion im Magneten werden die Werte des Arbeitspunktes ( $H_a, B_a$ ) eingesetzt.

Berechnung der Magnetlänge

( $l$  = Länge):

$$l_m = \frac{B_L \cdot \delta}{\mu_0 \cdot H_a} \cdot \tau.$$

Berechnung des Magnetquerschnitts

( $S$  = Querschnitt):

$$S_m = \frac{B_L \cdot S_L}{B_a} \cdot \sigma.$$

Berechnung des Magnetvolumens

( $V$  = Volumen):

$$V_m = \frac{B_L^2 \cdot V_L}{\mu_0 \cdot H_a \cdot B_a} \cdot \sigma \cdot \tau.$$

Mit diesen Formeln läßt sich bei geeigneten Annahmen über den Streufaktor  $\sigma$  und den Faktor  $\tau$  (rund 1,2) die Dimensionierung des Dauermagneten angeben. Dabei können die Arbeitspunkt-Werte aus den Entmagnetisierungskurven der betreffenden Materialien entnommen werden. Es ist zweckmäßig, den Arbeitspunkt etwas oberhalb des  $(B \cdot H)_{\max}$ -Punktes zu wählen.

Ein formal anderer Weg für die Dimensionierung eines Dauermagneten geht von der geeigneten Wahl des Entmagnetisierungsfaktors aus. So bestimmt sich z. B. für einen Stabmagneten ein optimales Längen-Dicken-Verhältnis aus der Forderung, daß die Entmagnetisierungsgerade mit der Steigung  $-\mu_0/N$  die Entmagnetisierungskurve im gewünschten Arbeitspunkt ( $H_a, B_a$ ) schneidet.

Aus dieser Forderung wird der für den betreffenden Magnetwerkstoff optimale Entmagnetisierungsfaktor  $N$  festgelegt.

Bei gegebener Geometrie des Magnetkreises folgt aus den vorstehenden Formeln für die Luftspaltinduktion:

$$B_L = \sqrt{\frac{\mu_0 \cdot H_a \cdot B_a \cdot V_m}{V_L}} \cdot \frac{1}{\sigma \cdot \tau}.$$

Sie hängt somit vom Energieprodukt im Arbeitspunkt ab. Die maximale Luftspaltinduktion ergibt sich, wenn der  $(B \cdot H)_{\max}$ -Punkt als Arbeitspunkt gewählt wird.

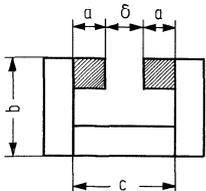
Bei schlankerer Ausführung des Magneten verschiebt sich der Arbeitspunkt auf der Entmagnetisierungskurve nach oben in Richtung auf den Remanenzpunkt (kleineres  $N$ ), bei dickerer Magnetausführung verschiebt er sich in umgekehrter Richtung nach unten (größeres  $N$ ). In beiden Fällen wird bei gleichem Magnetvolumen wegen des geringeren Energieproduktes ( $H_a \cdot B_a$ ) nur eine kleinere Luftspaltinduktion erzielt.

Da  $B_L$  nur mit der Wurzel aus Volumen bzw. Energieprodukt ansteigt, führt eine Verdopplung der einen oder anderen Größe lediglich zu einer Erhöhung der Luftspaltinduktion um jeweils etwa 40%.

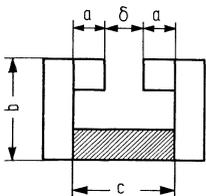
### 2.3.2. Berechnung des Streufaktors $\sigma$

Die Berechnung der Streuverhältnisse und die Aufstellung von entsprechenden Formeln führt nur zu Näherungen; häufig behilft man sich mit Schätzwerten. Einige Näherungsbeziehungen für bestimmte Anordnungen von Dauermagneten und Polschuhen sind in Tab. 2 angegeben.

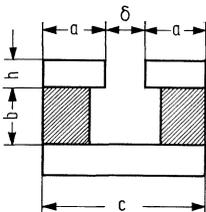
Tabelle 2: Berechnungsformeln für den Streufaktor  $\sigma$



$$\sigma = 1 + \frac{\delta}{S_L} \left( 1,1 U_a \frac{0,67 a}{0,67 a + \delta} \right) \left( 1 + \frac{\delta}{a} \right)$$



$$\sigma = 1 + \frac{\delta}{S_L} \left( 1,7 U_a \frac{a}{a + \delta} + 1,4 b \sqrt{0,25 + \frac{U_b}{c}} + 0,33 U_c \right)$$



$$\sigma = 1 + \frac{\delta}{S_L} \left( 1,7 U_a \frac{a}{a + \delta} + 1,4 h + 0,94 b \sqrt{0,25 + \frac{U_b}{c}} \right)$$

$U_a, U_b$  bzw.  $U_c$  Umfang des Systemteils mit dem Maß  $a, b$  bzw.  $c$  senkrecht zur Zeichenebene. Durch Verwendung dieser Größen gelten die obigen Beziehungen unabhängig von der Dicke der dargestellten Systeme

$\delta$  Länge des Luftspaltes

$S_L$  Querschnitt des Luftspaltes

### 2.3.3. Anordnungsbeispiele

Bei einem Magnetsystem können Magnete und Flußleitstücke unterschiedlich angeordnet werden. Nachstehend geben wir ein Beispiel für die Auswirkung eines unterschiedlichen Aufbaues gemäß der Abb. 4 A, B, C (Dauermagnetteile schraffiert):

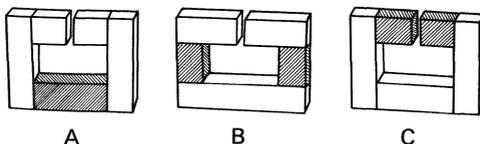


Abb. 4

Tabelle 3:

Magnetische Meßwerte von drei Dauermagnetkreisen aus denselben Elementen in unterschiedlicher Anordnung.

Systemausführung		Einheit	A	B	C
Luftspaltinduktion	$B_L$	T	0,335	0,435	0,61
Arbeitspunkt für $B$	$B_a$	T	1,07	1,05	1,0
Arbeitspunkt für $H$	$H_a$	A/cm	154	200	280
Energieprodukt im Arbeitspunkt	$B_a \cdot H_a$	m Ws/cm <sup>3</sup>	16,5	21,0	28,0
maximales Energieprodukt		m Ws/cm <sup>3</sup>	32,0	32,0	32,0
Streufaktor (berechnet nach Tab. 4)	$\sigma_{\text{ber.}}$	–	3,05	2,3	1,62
Streufaktor (aus Meßwerten)	$\sigma_{\text{gem.}}$	–	3,2	2,4	1,64
Geometrische Abmessungen des Systems					
Länge	} des Fensters	mm	12	12	12
Breite		mm	25,5	25,5	25,5
Luftspaltlänge		mm	1,5	1,5	1,5
Querschnitt		mm x mm	10 x 10	10 x 10	10 x 10

Hieraus folgt, daß bei gleicher Luftspaltabmessung ein Magnetkreis mit angegebenen Einzelteilen dann am wirksamsten ausgelegt ist, wenn sich die Magnete selbst möglichst in der Nähe des Luftspaltes befinden. Der Streufaktor ist dann am geringsten.



---

## **Hallgeneratoren**

---



### 3. Hallgeneratoren

#### 3.1. Grundlagen

Der Halleffekt beruht auf der Lorentzkraft, welche eine transversal zu einem Magnetfeld bewegte Ladung zur Seite ablenkt.

Setzt man einen bandförmigen stromdurchflossenen Leiter einem transversalen Magnetfeld aus, so werden die bewegten Elektronen nach der Seite abgelenkt. Durch die Ansammlung der Elektronen an einem Rand des Leiters entsteht ein elektrisches Feld quer zum Leiter, dessen Kraft auf die Elektronen im Gleichgewichtsfall die Lorentzkraft gerade aufhebt.

Die elektrische Feldstärke quer zum Leiter resultiert in einer Spannung zwischen den Rändern, der Hallspannung  $U_H$ . Diese Hallspannung tritt in jedem Leiter auf, der einem transversalen Magnetfeld ausgesetzt ist. Ihr Wert ist jedoch wegen der geringen Abmessungen der Leiter und vor allem der sehr geringen Geschwindigkeit der im Leiter bewegten Elektronen so klein, daß sie im Normalfall nicht meßbar ist.

Die technische Anwendung des Halleffekts wurde erst ermöglicht durch die Entdeckung der ungewöhnlich hohen Elektronenbeweglichkeit bestimmter halbleitender III-V-Verbindungen, z. B. des Indiumantimonids  $\text{In}_5 \cdot \text{Sb}_3$ . Bei diesen Materialien wird der Stromfluß nicht von sehr vielen, äußerst langsam bewegten Elektronen getragen, sondern von wenigen, sehr schnell bewegten Elektronen. Dementsprechend ist die Hallspannung um mehrere Größenordnungen höher als bei Metallen und liegt im Bereich von bis zu einigen 100 mV, was beim heutigen Stand der Elektronik leicht ausgewertet werden kann.

#### 3.2. Aufbau der Hallgeneratoren

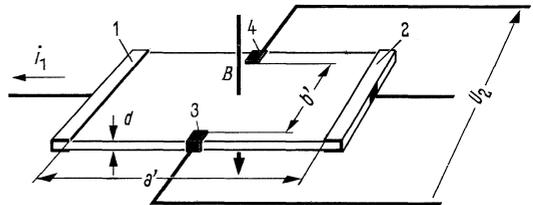


Abb. 5:  
Prinzipieller Aufbau eines Hallgenerators  
(Pfeilrichtungen für N-Halbleiter)

Ein langgestrecktes Plättchen aus geeignetem Material von der Dicke  $d$  (Abb. 5) wird in der Längsrichtung von einem Strom  $i_1$  (Steuerstrom) durchflossen und senkrecht zur Fläche von einem Magnetfeld  $B$  (Steuerfeld) durchsetzt. Bei gleichzeitiger Einwirkung dieser beiden Steuergrößen entsteht zwischen den Punkten 3 und 4 eine Potentialdifferenz (Leerlaufhallspannung  $U_{20}$ ), deren Größe gegeben ist durch

$$U_{20} = \frac{R_h}{d} \cdot i \cdot B.$$

Die Formel zeigt das für die Anwendung wesentlichste Merkmal des Halleffektes, nämlich die Darstellung des Produktes zweier elektrischer Größen (Strom und magnetische Induktion) wieder als elektrische Größe.

$R_h$  ist eine Materialkonstante (Hallkonstante).

Das Hall-Plättchen mit seinen metallisch leitenden Elektroden und den Zuführungsdrähten wird „elektrisches System“ des Hallgenerators genannt. Die Elektroden 1 und 2 sind für die Zuführung des Steuerstromes, die Elektroden 3 und 4 zur Abnahme der Hallspannung ausgebildet. Die wirksame Fläche des Hallgenerators wird gebildet aus der Länge  $a'$  und der Breite  $b'$  (vgl. Abb. 5).

Für die Herstellung der Halbleiterschicht finden folgende Technologien Anwendung:

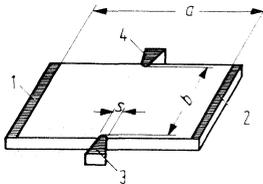
1. Kristallines Hallplättchen:

Halbleiterkörper wird aus erschmolzenen Halbleiterstäben durch Sägen, Schleifen und Ätzen gewonnen: Dicken 5 bis 100  $\mu\text{m}$ . Trägerplatte und Halbleiterschicht sind mit einer 1 bis 2  $\mu\text{m}$  dicken Epoxidharzschicht verbunden.

2. Aufgedampftes Hallplättchen:

Halbleiterschicht ist auf das Trägerplättchen aufgedampft: Dicke 2 bis 3  $\mu\text{m}$ . Besonders geeignet für Anwendungen bei extrem tiefen und hohen Temperaturen.

Durch die Formgebung des Hallplättchens (Abb. 6) kann der Hallgenerator für die vorge-sehene Meßaufgabe optimiert werden.

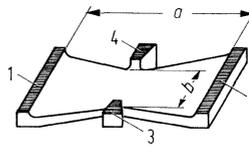


Rechteckige Form:

$$R_{LL}/R_{20} \approx 3$$

Hohe Halleistung

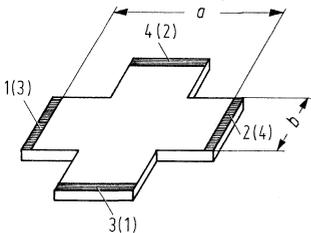
( $R_{LL}$  Abschlußwiderstand für lineare Anpassung)



Schmetterlingsform:

Hohe Flußempfindlichkeit  $K_{\Phi 0}$  bei

Bündelung des Flusses auf die Mittelfläche  $\frac{a}{2} \cdot b$



Kreuzform:

Symmetrisch; Steuer- und Hallelektroden vertauschbar; hohe Induktionsempfindlichkeit  $b = s$ ;  $R_{LL}/R_{20} > 10$

1, 2 Steuerelektroden

3, 4 Hallelektroden

a Länge in Steuerstromrichtung

b effektive Breite des Hallplättchens

s Hallelektrodenbreite

Abb. 6:

Formen von Hallplättchen

Die Anpassung an die magnetische Steuergröße verlangt vielseitige Ausführungen hinsichtlich Material und Aufbau.

Offene Bauweise (Abb. 6 a): Das Hallplättchen 1 ist auf ein unmagnetisches, dünnes Trägerplättchen 2 aufgebracht und nur von einer Haut 5 aus Isolierlack oder Epoxidharz geschützt. Zugeschnitten für Magnetfeldmessung in engen Luftspalten. Abarten sind die Zungen-sonde und die Axialfeldsonde.

Kastenbauweise (Abb. 6 b): Das Hallplättchen 1 ist durch einen aus Grundplatte 2, Rahmen 3 und Deckplatte 4 bestehenden Kasten geschützt; Kastenmaterial  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Angewandt bei Präzisionssonden für Feldmessung in Luftspalten größer als 2 mm. Abarten sind die Tangentialfeldsonde (Hallplättchen 1 an der Vorderkante) und die Mehrfachsonden zur Messung von Feldgradienten. Wird nur einseitig gekühlt, so ist stets die Grundplatte zu kühlen (Typen-angabe auf der Deckplatte).

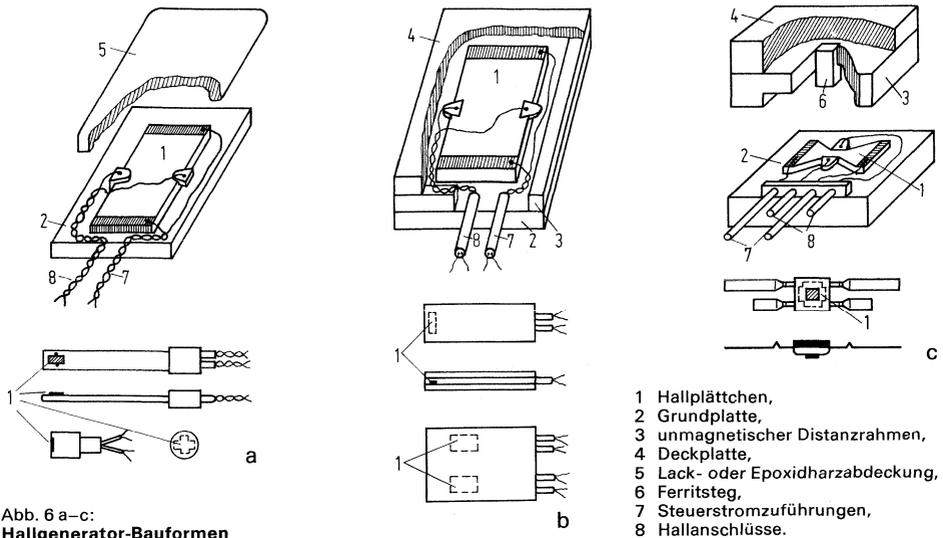


Abb. 6 a-c:  
Hallgenerator-Bauformen

Abart (Abb. 6 c): Grund- und Deckplatte aus Ferrit; im geschlossenen magnetischen Kreis große Durchflutungsempfindlichkeit, da effektiver Luftspalt gleich der Hallplättchendicke ist.

### 3.3. Begriffe und allgemeine Daten

Die in den Datenblättern angegebenen Kenndaten und Nennwerte sind auf eine Umgebungstemperatur von + 25 °C bezogen.

#### 3.3.1. Nennwert des Steuerstromes $I_{1n}$

Der Nennsteuerstrom ist so festgelegt, daß beim Betrieb des Hallgenerators in ruhender Luft die Halbleiterschicht eine Übertemperatur von 10 bis 15 °C annimmt. Die bei dieser Temperaturerhöhung sich ergebende Änderung der Hallkonstante und damit der Leerlaufhallspannung ist aus dem Bild 7 bzw. aus dem in den Datenblättern angegebenen Temperaturkoeffizienten  $\beta$  zu ersehen.

Der Hallkoeffizient  $R_h$  ist eine temperaturabhängige Materialkonstante (vgl. Abb. 7).  $R_h$  ist bei Indiumarsenid (InAs) und Indiumarsenidphosphid (InAsP) bis zu Induktionen von 15 T (= 150 kG), bei Indiumantimonid (InSb) von etwa 5 T (= 50 kG) nicht magnetfeldabhängig.

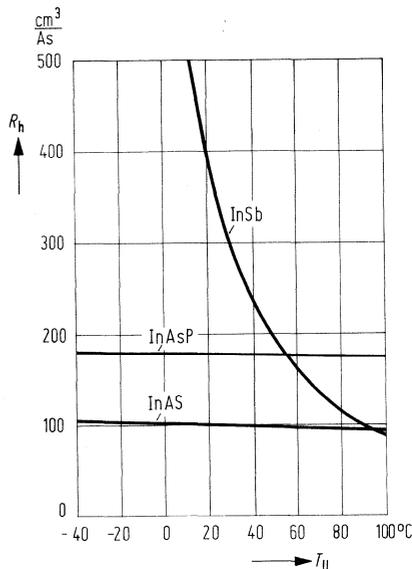


Abb. 7:  
Abhängigkeit der Hallkonstante  $R_h$   
von der Temperatur  $T_U$  bei verschiedenen  
Materialien  $R_h = f(T_U)$

### 3.3.2. Steuerfeld $B$

Um quantitative Aussagen über die Proportionalität zwischen Hallspannung und Steuerfeld machen zu können, muß der Steuerfeldbereich abgegrenzt werden. Der Steuerfeldbereich, auf den sich sämtliche Linearisierungsangaben beziehen, wird jeweils in den Datenblättern angegeben. Durch das Überschreiten dieses angegebenen Bereiches wird der Hallgenerator nicht gefährdet. Dabei ist zu beachten, daß mit zunehmender magnetischer Induktion der steuerseitige Innenwiderstand des Hallgenerators sich erhöht. Vor allem bei Induktionen über 2 Tesla (1 Tesla =  $10^4$  Gauß) muß die Höhe des Steuerstroms dann so gewählt werden, daß die maximal zulässige Temperatur der Halbleiterschicht ( $120^\circ\text{C}$ ) nicht überschritten wird.

### 3.3.3. Nennwert des magnetischen Steuerflusses $\Phi_n$

Bei Hallgeneratoren mit ferromagnetischem Mantel wird der Nennwert des Steuerflusses angegeben. Der als Nennwert angegebene Steuerfluß liegt unter dem Sättigungsknick des Mantelmaterials. Der angegebene Linearitäts- oder Multiplikationsfehler bezieht sich auf den Nennwert des magnetischen Steuerflusses und gilt in dem Bereich zwischen positivem und negativem Nennwert des magnetischen Steuerflusses. Durch das Überschreiten des Nennwertes wird der Hallgenerator nicht gefährdet.

### 3.3.4. Nennwert der Durchflutung (Felderregung) $\theta_n$

Bei Modulatoren und Multiplikatoren wird in den Datenblättern ein Nennwert der Durchflutung angegeben ( $i_F \times n$ ). Bei dieser Durchflutung bleibt die Flußdichte des verwendeten magnetischen Materials unterhalb des Sättigungsknickes. Sämtliche Linearisierungsangaben beziehen sich auf den Bereich zwischen positivem und negativem Nennwert der magnetischen Durchflutung. Durch das Überschreiten des Nennwertes der Durchflutung wird der Hallgenerator nicht gefährdet.

### 3.3.5. Leerlaufhallspannung $U_{20}$

In den Datenblättern ist als Leerlaufhallspannung  $U_{20}$  die Spannung angegeben, die der unbelastete Hallgenerator bei dem Nennwert des Steuerstroms  $I_{1n}$  und dem angegebenen Steuerfeld  $B$  erzeugt. Bei Hallgeneratoren mit ferromagnetischem Mantel bezieht sich die Leerlaufhallspannung auf den Nennwert des Steuerstromes  $I_{1n}$  und den Nennwert des magnetischen Steuerflusses  $\Phi_n$ . Bei Modulatoren und Multiplikatoren bezieht sich die Leerlaufhallspannung auf den Nennwert des Steuerstromes  $I_{1n}$  und den Nennwert der Durchflutung  $\theta_n$ .

Die in den Datenblättern angegebenen Werte der Leerlaufhallspannung sind untere Grenzwerte. Maximalwerte können um den Faktor 1,5 höher liegen.

### 3.3.6. Induktionsempfindlichkeit im Leerlauf $K_{B0}$

Die Induktionsempfindlichkeit im Leerlauf ist definiert durch die Gleichung

$$K_{B0} = \frac{U_{20}}{I_{1n} \cdot B} \left[ \frac{\text{V}}{\text{A} \cdot \text{T}} \right].$$

### 3.3.7. Abschlußwiderstand $R_{LL}$ für lineare Anpassung im jeweils angegebenen Steuerfeldbereich von $B = 0$ bis $B$

Abb. 7a zeigt die Abhängigkeit der Hallspannung vom Steuerfeld  $B$  für verschiedene Abschlußwiderstände  $R_L$  beim Hallgenerator FA 24. In Ordinateurichtung ist die auf die Steuerstromeneinheit bezogene Hallspannung aufgetragen. Wie man sieht, wird die beste Linearität zwischen der auf die Steuerstromeneinheit bezogenen Hallspannung und dem Steuerfeld nur für einen bestimmten Abschlußwiderstand  $R_{LL}$  erreicht.

Der Abschlußwiderstand  $R_{LL}$  für optimale Linearität muß für jeden Hallgenerator experimentell ermittelt werden. Der ungefähre Wert von  $R_{LL}$  ist im Datenblatt angegeben.

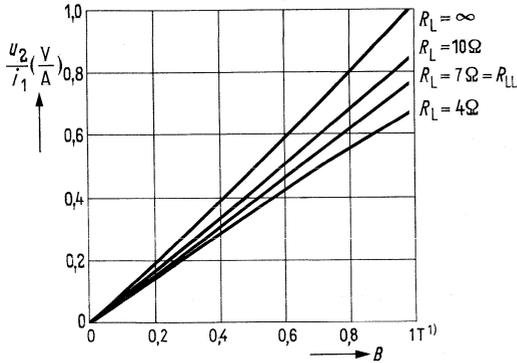


Abb. 7 a:  
**Normierte Hallspannung**  
 in Abhängigkeit des Steuerfeldes mit  
 verschiedenen Lastwiderständen als  
 Parameter für Hallgenerator FA 24

1) 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

Abb. 7 b zeigt als Beispiel für den Hallgenerator FA 24 den Linearisierungsfehler in Abhängigkeit vom Lastwiderstand im Aussteuerbereich von 0–1 Tesla.

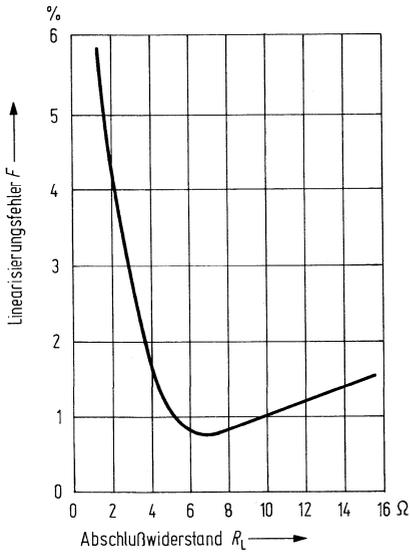


Abb. 7 b

### 3.3.8. Fehler und Empfindlichkeit bei linearer Anpassung

Der Zusammenhang zwischen Hallspannung und Steuerfeld ist auch im Fall der linearen Anpassung, d. h. bei Abschluß des Hallgenerators mit dem Widerstand  $R_{LL}$  nicht ideal.

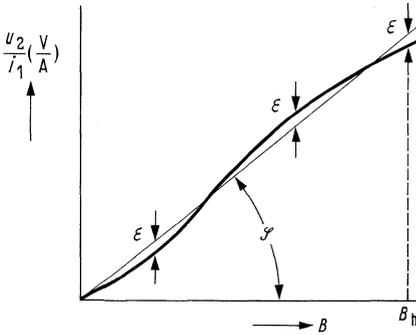


Abb. 9:  
Ideale Kennlinie des Hallgenerators  
und Definition des Linearisierungsfehlers

Zur Definition des Linearitätsfehlers wird im jeweils angegebenen Steuerfeldbereich eine Gerade so durch die Hallspannungskurve gelegt, daß die maximalen Abweichungen oberhalb und unterhalb der Geraden etwa gleich groß sind (vgl. Abb. 9). Der Anstieg dieser Geraden wird als mittlere Empfindlichkeit  $K_{lin}$  bei linearer Anpassung bezeichnet. Der in der Meßtechnik üblichen Fehlerdefinition entsprechend wird die maximale Abweichung der auf die Steuerstromeneinheit bezogenen Hallspannung von der Geraden mit dem Anstieg  $K_{lin}$  auf den Meßbereichsendwert bezogen und als Linearisierungsfehler bezeichnet.

Dabei ist

$$F_{lin} = \frac{\epsilon_{max}}{K_{lin} \cdot B_h}$$

$$K_{lin} = \text{tg } \varphi.$$

Der kleinste Linearisierungsfehler wird erreicht, wenn man den Abschlußwiderstand  $R_L$  so wählt, daß im unteren Aussteuerbereich die Magnetfeldabhängigkeit der Empfindlichkeit und im oberen Teil die Widerstandserhöhung von  $R_{20}$  überwiegt (Abb. 8 b).

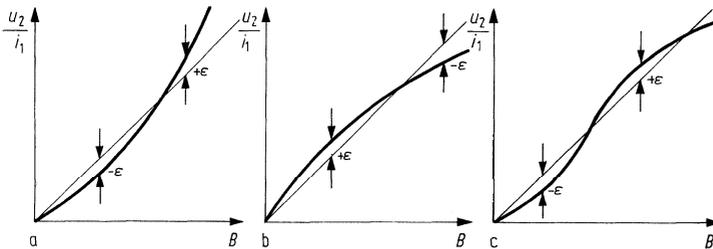


Abb. 8 a-c:  
Linearisierung der Kennlinie durch geeignete Wahl des Lastwiderstandes  $R_L$ .

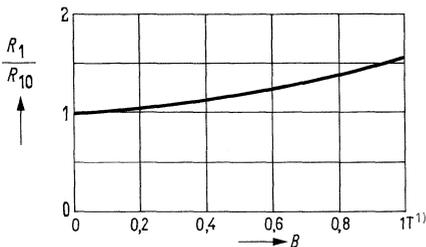


Abb. 10 a:  
**Steuerseitiger Innenwiderstand**  
in Abhängigkeit vom Steuerfeld  $B$  für  
Hallgenerator FA 24

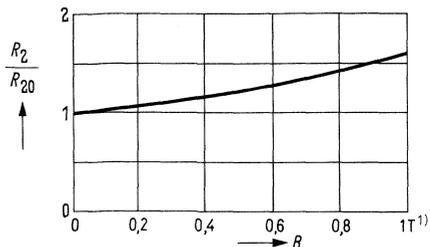


Abb. 10 b:  
**Hallseitiger Innenwiderstand**  
in Abhängigkeit vom Steuerfeld  $B$  für  
Hallgenerator FA 24

### 3.3.9. Ohmsche Nullkomponente $R_0$

Aus fertigungstechnischen Gründen ist der Hallspannung im allgemeinen noch ein kleiner ohmscher Spannungsanteil überlagert. Beim Steuerfeld  $B = 0$  steht daher an den Hallelektroden eine Spannung  $U_{2R0} = R_0 \cdot I_1$  an.

Den auf die Steuerstromeinheit bezogenen Wert dieser Spannung, also  $R_0$ , bezeichnet man als die ohmsche Nullkomponente. Diese ohmsche Nullspannung kann durch eine äußere Beschaltung (vgl. Abb. 11) kompensiert werden.

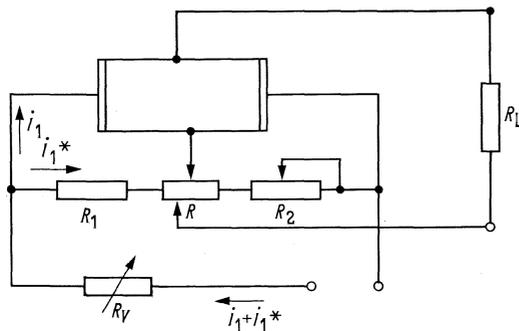


Abb. 11:  
**Kompensation der ohmschen Nullspannung**  
durch äußere Beschaltung  
 $R_1$  etwa  $800 \Omega$   
 $R_2$  etwa  $1000 \Omega$   
 $R$  etwa  $1 \Omega$

### 3.3.10. Induktive Nullkomponente $A_2$

Die Zuführungsdrähte zu den Hallelektroden bilden eine Schleife, deren Fläche  $A$  selbst bei sorgfältigster Anordnung der Drähte niemals ganz auf Null gebracht werden kann.

Bei zeitlich veränderlichen Magnetfeldern entsteht bereits beim Steuerstrom  $i_1 = 0$  eine Induktionsspannung  $u_{10}$  zwischen den Hallspannungsanschlüssen,

$$u_{10} = A_2 \cdot \frac{dB}{dt}$$

Die Größe  $A_2$  heißt induktive Nullkomponente und wird in  $\text{cm}^2$  angegeben. Die Induktionsspannung  $U_{10}$  ist nach der Formel außer von  $A_2$  abhängig von der zeitlichen Änderung des Steuerfeldes, also von der Frequenz und der Amplitude des Steuerfeldes. Für einen Hallgenerator FA 24 mit  $A_2 \approx 0,05 \text{ cm}^2$  beträgt  $u_{10}$  bei 50 Hz und  $1 \text{ T}^1$ ) etwa  $500 \mu\text{V}$ .

<sup>1)</sup> 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

### 3.3.11. Temperaturverhalten

Die Temperaturabhängigkeit eines Hallgenerators hat zwei Ursachen, nämlich die Temperaturabhängigkeit der Hallkonstante, d. h. der Leerlaufhallspannung, mit dem Temperaturkoeffizienten  $\beta$  und die Temperaturabhängigkeit des spezifischen Widerstandes, d.h. des hallseitigen Innenwiderstandes, mit dem Temperaturkoeffizienten  $\alpha$ .

Die mittleren Temperaturkoeffizienten  $\alpha$  und  $\beta$  sind in den Datenblättern für den Bereich von 0 bis 100 °C angegeben.

Im Leerlauf ist  $\beta$ , bei Belastung sind  $\alpha$  und  $\beta$  wirksam.

Bei Hallgeneratoren aus InSb, die für Induktionszwecke eingesetzt werden, läßt sich die Temperaturabhängigkeit der Hallspannung bis auf einen Wert von rund 0,2 %/°C dadurch kompensieren, daß nicht der Steuerstrom, sondern die Steuerspannung konstant gehalten wird. Die mit zunehmender Temperatur sinkende Hallkonstante wird dann weitgehend durch den gleichzeitig fallenden steuerseitigen Innenwiderstand und den damit verbundenen Anstieg des Steuerstromes kompensiert.

Definition von  $\alpha$  und  $\beta$  in %/°C:

$$\alpha = \frac{100}{R(T_0)} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta T}, \quad \beta = \frac{100}{U_{20}(T_0)} \cdot \frac{\Delta U_{20}}{\Delta T}.$$

### 3.3.12. Maximal zulässiger Steuerstrom $i_{IM}$

Der Maximalwert des für einen Hallgenerator zulässigen Steuerstromes ist sehr stark von der jeweiligen Betriebsart, d. h. von den Kühlungsverhältnissen und von der Umgebungstemperatur abhängig. Im Datenblatt ist der maximal zulässige Steuerstrom  $i_{IM}$  für den Betrieb des Hallgenerators in ruhender Luft angegeben.

Ein Überschreiten dieses Wertes ohne ausreichende Wärmeableitung kann zu Überhitzung und damit zur Zerstörung des Hallgenerators führen.

### 3.3.13. Wärmeleitwertzwischen Halbleiterschicht und Außenseite des Mantels $G_{th}$

Um den maximal zulässigen Steuerstrom für die jeweiligen Kühlverhältnisse berechnen zu können, ist im Datenblatt der Wärmeleitwert des Hallgenerators zwischen Halbleiterschicht und der Außenseite des Mantels angegeben. Der angegebene Wärmeleitwert bezieht sich auf beidseitige Wärmeabfuhr. Hinweise zur Bestimmung des Wärmeleitwertes siehe 4.3.11.

### 3.3.14. Höchstzulässige Oberflächentemperatur des Hallgenerators

Die höchstzulässige Temperatur der Halbleiterschicht eines Hallgenerators beträgt, wenn nicht anders angegeben, 120 °C. Damit dieser Wert bei maximal zulässigem Steuerstrom nicht überschritten wird, darf die Oberflächentemperatur des Hallgenerators 90 °C nicht überschreiten.

## 3.4. Hallgeneratortypen und ihre Anwendung

Nach der Auslegung für verschiedene Anwendungsgebiete kann man die Hallgeneratoren einteilen in Typen für:

Feldmessung

Messung von Tangential- und Axialfeldern

Feldmessung bei tiefen Temperaturen

Signalgabe

Multiplikation

Magnetogrammabfrage

Die Typen innerhalb der Gruppen unterscheiden sich dann noch in ihrer Eignung für den jeweiligen Verwendungszweck und die Genauigkeit.

Hallgeneratoren für Feldmessung sind für die Messung der Stärke von Magnetfeldern ausgelegt. Wird ein hochkonstanter Steuerstrom durch den Hallgenerator geschickt, so ist die Größe der Hallspannung der Stärke des Magnetfeldes proportional. Von den Hallgeneratoren wird daher eine hohe Konstanz von Empfindlichkeit und Nullspannung gefordert. Als Halbleitermaterialien kommen InAs und InAsP zum Einsatz, welche eine hohe Temperaturstabilität auf Kosten einer geringeren Empfindlichkeit haben. Die Langzeitkonstanz wird durch eine künstliche Alterung mit laufender Kontrolle der elektrischen Werte gewährleistet. Die Alterung der Empfindlichkeit im Betrieb wurde z. B. beim SBV 579 gemessen. Über 18 Monate ergab sich eine Zunahme der Empfindlichkeit von etwa  $1,5 \cdot 10^{-4}$ .

Die Bauformen reichen von relativ großflächigen Präzisionssonden über Sonden mit kleiner empfindlicher Fläche zur punktförmigen Feldmessung sowie universelle Anwendungen zu besonders dünnen Sonden, welche eine Feldmessung in engen Luftspalten ermöglichen. Die Messung von Tangential- und Axialfeldern wird durch Spezialtypen ermöglicht, deren aktive Fläche nur 0,1 mm vom Gehäuserand entfernt ist bzw. die in Bohrungen bis herab zu 1,5 mm  $\varnothing$  eingeführt werden können.

Die Sonden für Tieftemperaturmessung sind durch speziellen Aufbau bis  $T = -269^\circ\text{C}$  (flüssiges Helium) einsetzbar.

Bei den Ferrit-Hallgeneratoren für berührungslose und kontaktlose Signalgabe wird vor allem Wert auf eine hohe Empfindlichkeit gelegt. Dies wird durch eine Konzentration des magnetischen Flusses auf das Hallelement mit Hilfe von flußlenkenden Ferritstegen erreicht.

Da die Anwendung meist digitaler Art ist, ist die Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit von geringerer Bedeutung als eine hohe Signalamplitude.

### 3.4.1. Feldmessung

Für die Ausmessung der Stärke magnetischer Felder wird der Hallgenerator mit dem passenden Linearisierungswiderstand abgeschlossen und aus einer genauen Konstantstrom-

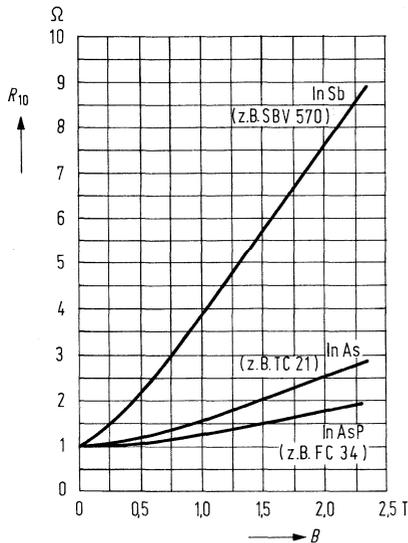


Abb. 12:  
**Widerstandserhöhung**  
des Steuerwiderstands  $R_{10}$   
von Hallgeneratoren

quelle gespeist. Eine Speisung aus einer Konstanzspannungsquelle mit Vorwiderstand ist nicht brauchbar, da bei höheren Feldern der steuerseitige Innenwiderstand zunimmt und dadurch der Steuerstrom sinkt. Abb. 12 zeigt die Widerstandszunahme im Magnetfeld von 3 Hallgeneratoren aus verschiedenen Halbleitermaterialien.

Ein weiterer Punkt ist besonders bei kleinen Hallspannungen zu beachten: Die Verbindung der Hallspannungsanschlüsse mit dem Halbleitermaterial erfolgt über 2 Lötstellen, deren Thermospannungen sich im Normalfall aufheben. Wird nun der Hallgenerator einer einseitigen Erwärmung ausgesetzt, so stimmen die Thermospannungen nicht länger überein und können zu beträchtlichen Meßfehlern führen.

### 3.4.2.

Die Regelung und Konstanzhaltung von Magnetfeldern kann so erfolgen, daß die Ausgangsspannung eines im Feld angeordneten Hallgenerators zur Regelung des Spulenstroms verwendet wird. Der Hallgenerator wird dabei vorteilhaft im Luftspalt auf einem Polschuh unter einer nicht magnetischen Abdeckung montiert, wobei er immer frei von mechanischen Spannungen sein muß. Die Regelschleife muß mit einem RC-Glied am Regelverstärker bedämpft werden, um die in diesem Fall immer vorhandene Schwingneigung zu beseitigen (vgl. Abb. 13).

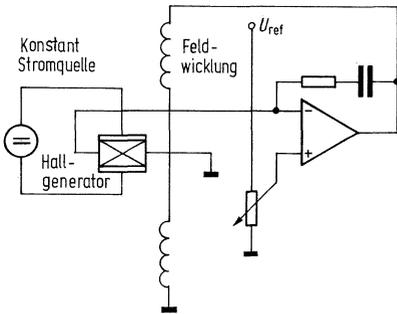


Abb. 13:  
Prinzipschaltung einer Feldregelung

### 3.4.3. Potentialfreie Strommessung

Die Verwendung von Hallgeneratoren in einem Magnetjoch gestattet die Messung von Gleichströmen bei völliger Potentialtrennung zwischen den Stromkreisen.

Die einfachste Methode besteht darin, den zu messenden Strom durch die Wicklung eines Magnetjochs fließen zu lassen und das Magnetfeld im Luftspalt zu messen. Für die magnetische Flußdichte im Luftspalt eines Jochs entsprechend Abb. 14 gilt (vgl. Abb. 1):

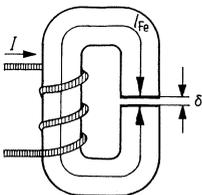


Abb. 14:  
Joch für Strommessung

$$B = \mu_0 \cdot \frac{n \cdot I}{\delta + \frac{l_{Fe}}{\mu}}$$

(in Tesla).

$\mu_0$  Induktionskonstante

$$1,256 \cdot 10^{-6} \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$$

$n$  Windungszahl

$I$  zu messender Strom

$\delta$  Luftspalt

$l_{Fe}$  Länge des Eisenwegs

$\mu$  Permeabilität des Jochs

Im Normalfall kann man in der Formel den Beitrag des Eisens  $\frac{I_{Fe}}{\mu}$  gegenüber dem Luftspalt  $\delta$  vernachlässigen (etwa wenn  $I_{Fe} < 100 \cdot \delta$ ) und erhält:

$$B = \mu_0 \frac{n \cdot I}{\delta} \text{ (in Tesla, } 1 \text{ T} = 10 \text{ kG).}$$

Die Hallspannung des im Luftspalt angeordneten Hallgenerators wird nach der Formel errechnet

$$U_H = K_{B0} \cdot I_{St} \cdot B \text{ (in Volt).}$$

$K_{B0}$  Leerlaufempfindlichkeit

$I_{St}$  Steuerstrom

Größere Genauigkeiten lassen sich erzielen, wenn man den Hallgenerator nur als Detektor für verschwindendes Feld im Luftspalt benutzt und durch einen geschlossenen Regelkreis über eine zweite Wicklung des Jochs den Luftspalt feldfrei hält (Abb. 15).

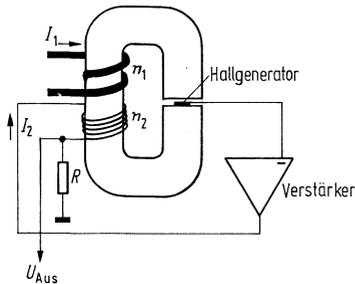


Abb. 15:  
Genauere Strommessung mit Gegenkopplung

Für die Ströme  $I_1$  und  $I_2$  gilt:

$$I_1 \cdot n_1 = I_2 \cdot n_2 \rightarrow I_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot I_1$$

$$\text{und } U_{aus} = R \cdot I_2 = R \cdot \frac{n_1}{n_2} \cdot I_1.$$

Als Hallgenerator verwendet man vorteilhaft einen Ferrithallgenerator, welcher minimale Luftspalte ermöglicht. Bei großen Änderungsgeschwindigkeiten des zu messenden Stroms kann eine niederohmige Kurzschlußwindung in Form eines Blechstreifens um das Joch erforderlich sein, um die Anstiegsgeschwindigkeit des Felds geringer zu machen als die Geschwindigkeit der Regelschleife. Dadurch bleibt das Feld im Luftspalt immer verschwindend klein, und die Remanenz des Ferrits kann nicht stören.

### 3.4.4. Strommessung an Leitungen mittels der Stärke des Magnetfeldes an der Oberfläche

Bei genügender Stromdichte in einer Leitung ist die Messung der Stromstärke durch Bestimmung des Magnetfeldes an der Oberfläche möglich. Da hierbei kein Eisenjoch um den Leiter gelegt wird, kann keine Sättigung auftreten, und die Ausgangsspannung des Hallgenerators folgt auch sehr schnellen Stromänderungen.

Für die Messung wird ein Hallgenerator dicht an die Leiteroberfläche gebracht, um die Tangentialfeldstärke zu messen, die streng proportional dem Strom durch den Leiter ist. Am günstigsten ist dabei die Anordnung des Hallgenerators direkt an der Leiteroberfläche, wo das Feld am stärksten ist (Abb. 16). Das Magnetfeld an dieser Stelle wird durch die Beziehung bestimmt:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

$I$  Strom im Leiter

$R$  Radius des Leiters

$d$  Abstand des Hallgenerators von der Mitte des Leiters

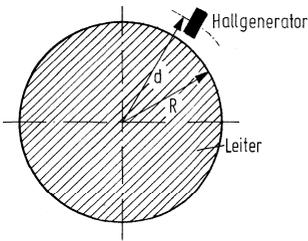


Abb. 16: Strommessung über das Oberflächenfeld

### 3.4.4.1. Berechnungsbeispiel

Ein runder Leiter mit einem Querschnitt von  $240 \text{ mm}^2$  wird von einem Strom von  $1000 \text{ A}$  durchflossen. Bei einer Dicke der Isolation von  $2 \text{ mm}$  erhält man als Radius

$$r = \sqrt{\frac{240}{\pi}} + 2 \text{ mm} = 8,7 + 2 = 10,7 \text{ mm.}$$

Da der Abstand der Mitte des Systems vom Rand bei der Tangentialfeldsonde TC 21 etwa  $0,9 \text{ mm}$  beträgt, ist die Sondenmitte  $11,6 \text{ mm}$  von der Mitte des Leiters entfernt.

Das Magnetfeld beträgt

$$B = \mu_0 \frac{I}{2 \pi d} = 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1000}{6,28 \cdot 11,6 \cdot 10^{-3}} = 0,0172 \text{ T.}$$

Die Sonde TC 21 hat eine Empfindlichkeit  $K_{Bo}$  von  $\geq 0,6 \text{ V/A} \cdot \text{T}$ . Dies ergibt bei dem empfohlenen Steuerstrom  $I_{St}$  von  $150 \text{ mA}$ :

$$U_H = K_{Bo} \cdot I_{St} \cdot B = 0,6 \cdot 0,15 \cdot 0,0172 = 1,55 \text{ mV.}$$

Diese Spannung kann mit einem empfindlichen Verstärker weiterverarbeitet werden.

### 3.4.5. Temperaturkompensation von InAs-Hallgeneratoren bei geringer Aussteuerung

Eine Strommessung über die Stärke des Oberflächenfeldes wird normalerweise nur bei sehr hohen Strömen durchgeführt. Obwohl Hallgeneratoren aus InAs nur eine geringe Temperaturabhängigkeit von rund  $-0,1\%/^{\circ}\text{C}$  aufweisen, kann die mit der Stromstärke schwankende Temperatur zu Meßfehlern führen. Da der Innenwiderstand des Generators mit wachsender Temperatur zunimmt, ist eine Temperaturkompensation durch Beschaltung mit Widerständen nicht möglich.

Für diesen Einsatz von Hallgeneratoren wurde eine Schaltung zur Temperaturkompensation entwickelt, welche die temperaturabhängige Abnahme der Empfindlichkeit durch eine Erhöhung des Steuerstroms ausgleicht (Abb. 17). Die Temperatur wird über die Erhöhung des steuerseitigen Innenwiderstands gemessen, wodurch die Kompensation absoluten thermischen Gleichlauf hat. Andererseits wird jedoch dadurch der Einsatzbereich der Schaltung auf schwache Magnetfelder bis rund  $50 \text{ mT}$  beschränkt, welche noch keine nennenswerte Erhöhung des steuerseitigen Innenwiderstands bewirken. Die Schaltung wurde so ausgelegt, daß für einen Zweipunktgleich nur je 1 Einstellung bei 2 verschiedenen Temperaturen erforderlich ist.

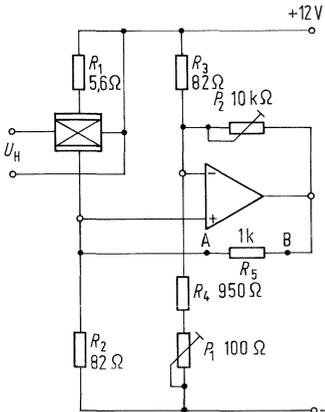


Abb. 17:  
**Beispiel einer Temperaturkompensation für InAs-Hallgenerator (dimensioniert für TC 21)**

Abgleichvorgang: ( $T_1 < T_2$ )

1. Multizet am Punkt A und B anschließen.
2. Potentiometer  $P_2$  auf größtmöglichen Widerstand stellen.
3. Mit Potentiometer  $P_1$  Spannung am Multizet auf 0 V regulieren.
4. Bei genau bekanntem Magnetfeld Ausgangssignal messen und notieren. Alle bisher erfolgten Vorgänge fanden bei  $T_1$  statt (Raumtemperatur).
5. Sonde auf  $T_2$  erwärmen und im gleichen Feld wie oben mit  $P_2$  das gleiche Ausgangssignal einstellen wie bei  $T_1$ .

Mit der Wahl der beiden Abgleichtemperaturen wird der Kompensationsbereich festgelegt.

Die Verstärkerschaltung stellt einen negativen Widerstand dar, durch den bei sinkender Spannung ein wachsender Steuerstrom fließt. Die Schaltung arbeitet so, daß die von der Widerstandserhöhung herrührende Spannungszunahme am Hallgenerator verstärkt wird. Diese Spannung läßt durch den 100- $\Omega$ -Widerstand zwischen Punkt A und B einen zusätzlichen Strom durch den Hallgenerator fließen, der die Kompensation bewirkt. Durch die Auslegung der Schaltung ist die Einstellung einfach: Bei der tiefen Temperatur wird in einem genau bekannten Magnetfeld mit Potentiometer  $P_1$  der Nullpunkt der Verstärkerschaltung so eingestellt, daß der Widerstand zwischen A und B stromlos ist. Veränderungen am Potentiometer  $P_2$  üben jetzt keinerlei Einfluß auf die Ausgangsspannung aus.

Nach Erreichen der hohen Temperatur wird im selben Magnetfeld mit  $P_2$  exakt dieselbe Ausgangsspannung eingestellt, die bei der tiefen Temperatur gemessen wurde, wobei  $P_1$  nicht verändert werden darf.

Damit ist der Hallgenerator für die beiden Abgleichtemperaturen exakt temperaturkompensiert. Große oder kleine Temperaturbereiche werden durch entsprechende Wahl der Abgleichpunkte erfaßt.

### 3.4.6. Anwendung von Signalhallgeneratoren

Signalhallgeneratoren werden in Steuerungen aller Art als kontaktlose Signalgeber eingesetzt. Da die Signalspannung unabhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit ist, lassen sich im Gegensatz zu induktiven Systemen Signale auch bei niedrigsten Bewegungen bis zum Stillstand erfassen. Am häufigsten wird dies bei der kontaktlosen Kommutierung von Gleichstrommotoren genutzt. Hier werden die Hallgeneratoren direkt von dem permanent magnetischen Läufer angesteuert. Die Ansteuerung kann auch mit kleinen Stiftmagneten

oder durch magnetisierte Datenträger erfolgen. Da bei zweckmäßiger Anordnung nur die Polarität der Hallspannung bzw. der Nulldurchgang ausgewertet wird, wird für diese Hallgeneratoren InSb als empfindlichstes Material eingesetzt, dessen starke Temperaturabhängigkeit bei dieser Anwendung nicht stört. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Anwendungsmöglichkeiten der Hallgeneratoren RHY 15 und KSM 2.

### 3.4.7. Verlauf der Hallspannungen von Hallgeneratoren des Typs RHY 15 und KSM 2 beim Vorbeibewegen an verschiedenen Magnetanordnungen.

Anhand der in den graphischen Darstellungen aufgetragenen Koeffizienten kann für alle möglichen Geometrien die Höhe des Ausgangssignals bestimmt werden. Alle Angaben werden für 3 verschiedene Magnetgrößen gemacht. Sie gelten bei 25 °C Umgebungstemperatur und einem Steuerstrom  $I_1 = 50 \text{ mA}$ .

#### 3.4.7.1. Einzelmagnet

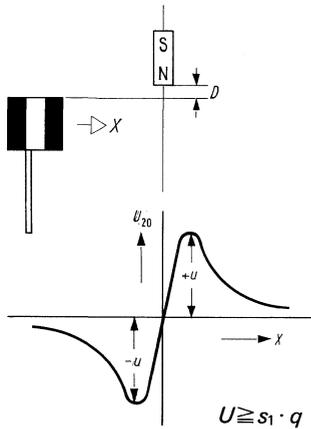
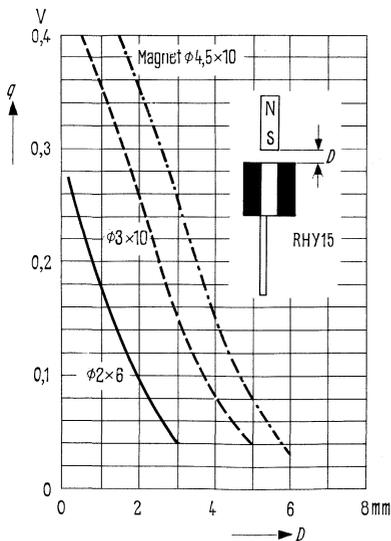


Abb. 18:  
Ansteuerung mit einem Einzelmagneten



Die Höhe der Scheitelspannung hängt ab vom Abstand  $D$  des Magneten von der Stirnfläche des Hallgenerators und der Größe des Magneten. Aus Abb. 19 kann man den Abstands-faktor  $q$  entnehmen, während der vom Magneten abhängige Faktor  $s_1$  aus Tab. 6 hervorgeht.

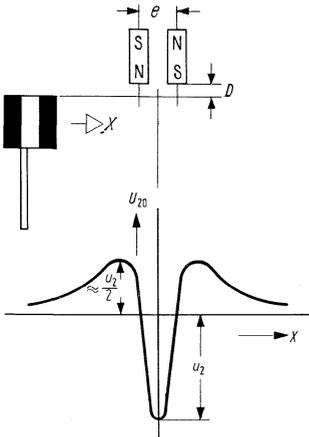
Abb. 19:  
Abstands-faktor  $q$   
in Abhängigkeit von der Entfernung  $D$

Tabelle 6:

Magnetgröße Material DS 1	Faktor $s_1$
$\varnothing 4,5 \times 10$	0,8
$\varnothing 3 \times 10$	0,6
$\varnothing 2 \times 6$	0,5

Beispiel:

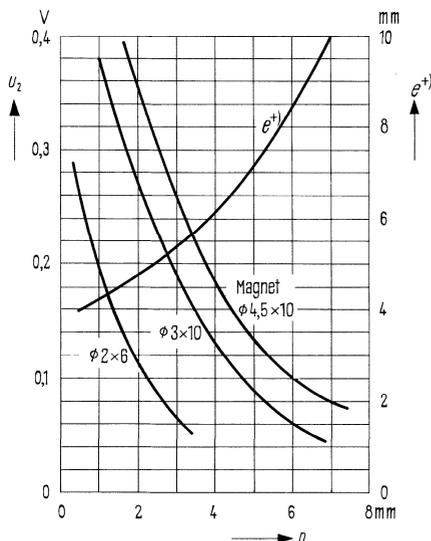
Bei einem Abstand von 2 mm von einem Magneten  $\varnothing 3 \times 10$  mm entnimmt man Abb. 19  $q = 0,26$  V. Da der vom Magneten abhängige Faktor  $s_1 = 0,6$  beträgt, ergibt sich als Scheitelspannung  $U \approx 0,6 \cdot 0,26 = 0,156$  V.



### 3.4.7.2. Magnetpaar

Bei Ansteuerung mit 2 parallelen Magneten treten 2 gleichhohe Maxima und ein doppelt so hohes Minimum auf. Die Höhe der Ausgangsspannung  $U$  geht aus Abb. 21 hervor, wobei vorausgesetzt wird, daß der zum Abstand  $D$  vom Hallgenerator gehörige optimale Abstand  $e^+$  zwischen den Magneten eingehalten wird.

Abb. 20:  
Ansteuerung mit Magnetpaar



Beispiel:

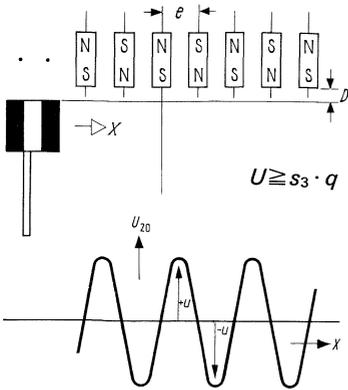
$D = 3$  mm, Magnete  $\varnothing 4,5 \times 10$ . Den optimalen Abstand  $e^+$  entnimmt man der Abb. 24 zu 5,5 mm. Die zum Magneten  $\varnothing 4,5 \times 10$  gehörige Kurve ergibt die zum Abstand von 3 mm gehörende Mindestspannung von  $U_2 = 0,26$  V.

$D$  Abstand Magnet-Hallsonde

$e^+$  optimaler Abstand Magnet-Magnet  
(von  $D$  abhängig)

Abb. 21:  
Magnetabstände und Ausgangsspannung  
für ein Magnetpaar

### 3.4.7.3. Gedrängte Magnetreihe



Bei Ansteuerung mit einer Reihe von Magneten entspr. Abb. 22 mit geringen Abständen hat das Ausgangssignal des Hallgenerators annähernd sinusförmigen Verlauf. Der vom Abstand  $D$  abhängige Faktor  $q$  wird Abb. 19 entnommen, während der von der Größe und Anordnung der Magnete bestimmte Faktor  $s_3$  aus Abb. 23 hervorgeht.

Abb. 22:  
Magnetreihe

Beispiel:

Bei einem Mittenabstand der Magnete  $\varnothing 2 \times 6$  von  $e = 8$  mm entnimmt man Abb. 26 den Wert von 0,73 für  $s_3$ . Beträgt der Abstand  $D$  vom Hallgenerator 2 mm, so entnimmt man Abb. 19  $q = 0,1$  und erhält für die Scheitelspannung  $U = 0,1 \cdot 0,73 = 0,073$  V.

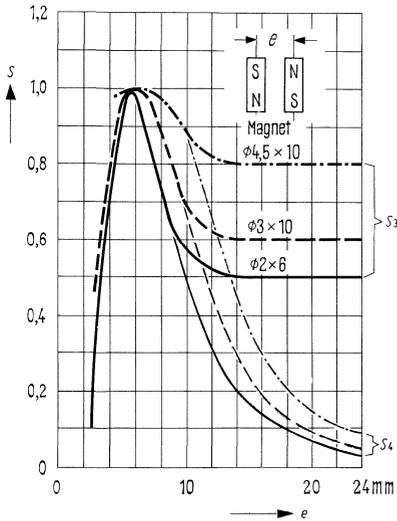


Abb. 23:  
Von der Magnetanordnung abhängige Faktoren  $s_3$  und  $s_4$ .

### 3.4.7.4. Weite Magnetreihe

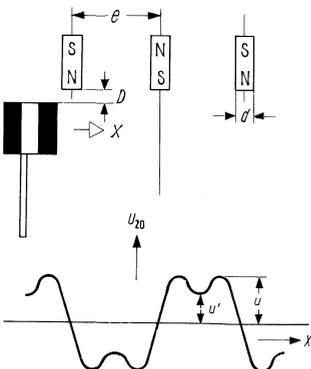


Abb. 24:  
Weite Magnetreihe

Wenn der freie Zwischenraum  $e-d$  zwischen den Magneten größer wird als 6 mm, tritt bei der Stellung des Hallgenerators zwischen 2 Magneten ein Rückgang des Ausgangssignals auf den Wert  $U'$  auf. Für  $U$  und  $U'$  gilt:

$$U = s_3 \cdot q,$$

$$U' = s_4 \cdot q,$$

wobei  $s_3$  und  $s_4$  aus Abb. 23 zu entnehmen sind.

### 3.4.8. Abtastung von magnetisierbaren Folien

Für Zielsteuerungen, Sortieranlagen usw. ist die Möglichkeit interessant, eine magnetisierbare Folie (Magnet-PVC) mit einem Elektromagneten zu „beschriften“ und diese Information bei den Weichen und Zielstationen der Anlage mit Hallgeneratoren abzufragen (Abb. 25). Die Magnetfolie kann dabei mit der Fördereinrichtung mitlaufen oder auf einer synchron mit dem Umlauf der Anlage rotierenden Trommel aufgebracht sein.

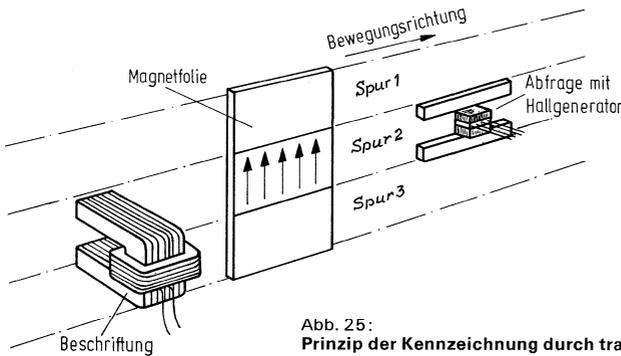


Abb. 25: Prinzip der Kennzeichnung durch transversal beschriftete Magnetfolien

Für die Abfrage mehrerer nebeneinander angeordneter Spuren eignet sich besonders der Hallgenerator KSM 2, der in einem gegen Streufelder geschirmten, mechanisch robusten Gehäuse eingekapselt ist.

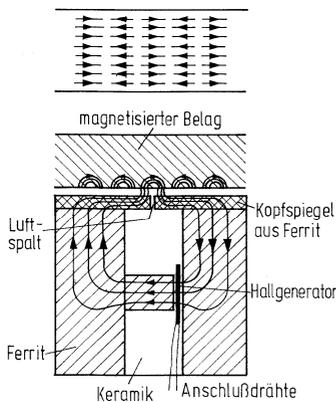


Abb. 26 a:  
Ferrithallgenerator RHY 20.  
Flußverlauf bei Abfrage von magnetisierten Belägen

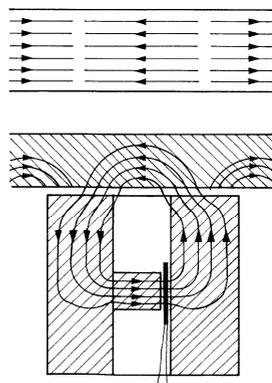


Abb. 26 b:  
Ferrithallgenerator RHY 15 bzw. KSM 2.  
Flußverlauf bei Abfrage von magnetisierten Belägen

Bei Verwendung des Hallgenerators RHY 20 zur Abfrage transversal magnetisierter Spuren kann der Abstand zweier verschieden magnetisierter Stellen bis herab zu 1 mm betragen. Für den kopfspiegellosen Hallgenerator RHY 15 beträgt das Auflösungsvermögen nur rund 5 mm, doch sind wegen der größeren Spaltweite das abgefragte Volumen der Speicherschicht und damit Fluß und Ausgangssignal weit größer. Auch bieten Hallgeneratoren den großen Vorteil, auch bei ganz langsamer Bewegung oder Stillstand der Speicherschicht ein Signal abzugeben.

Als Speicherschicht eignen sich Magnetgummi und Magnet-PVC, aber auch hartmagnetische Legierungen.

### 3.4.9. Verlauf der Hallspannung beim Ferrit-Hallgenerator SBV 566

Der Hallgenerator SBV 566 verfügt nicht über den symmetrischen Aufbau des RHY 15 und bietet sich daher für eine andere Art der Ansteuerung an.

Bedingt durch die kleineren Abmessungen, liegt die räumliche Auflösung höher als beim RHY 15.

#### 3.4.9.1. Monopolare Ansteuerung

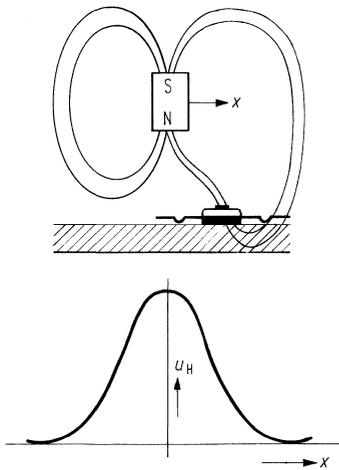


Abb. 27 a:  
Ansteuerung des Ferrit-Hallgenerators SBV 566

#### 3.4.9.2. Bipolare Ansteuerung

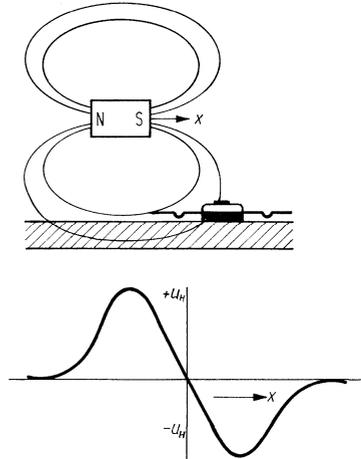


Abb. 27 b

#### 3.4.9.3. Multipolare Ansteuerung

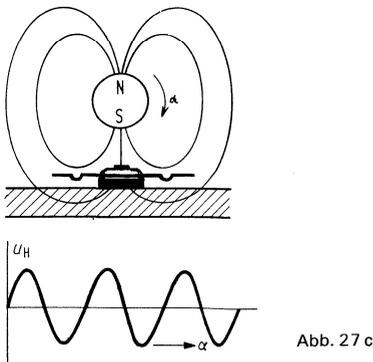
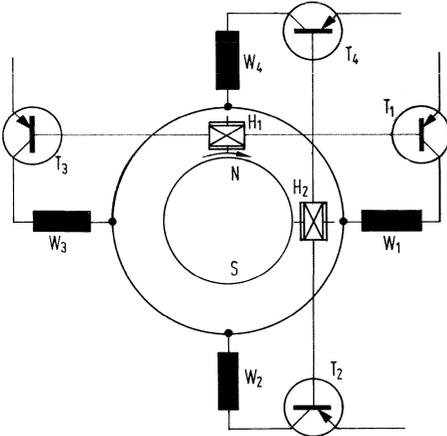


Abb. 27 c

### 3.4.10. Kontaktlose Kommutierung von Gleichstrommotoren mit dem Ferrit-Hallgenerator SBV 566

Der Hallgenerator SBV 566 wird eingesetzt in Gleichstrommotoren mit feststehender Wicklung und einem Dauermagnetläufer. Der Hallgenerator fragt die Stellung des Läufers zu der Wicklung ab und steuert über einen Transistor die Wicklungen. Es wird ein weitergeschaltetes Drehfeld in den feststehenden Wicklungen erzeugt.

Abb. 28 a zeigt das Prinzip des kollektorlosen Motors mit Hallgenerator.



Vier Wicklungen  $W_1$ – $W_4$  werden von zwei um  $90^\circ$  versetzten Hallgeneratoren über Transistorstufen erregt. Die Hallgeneratoren werden vom Feld des umlaufenden Dauermagnetläufers angesteuert.

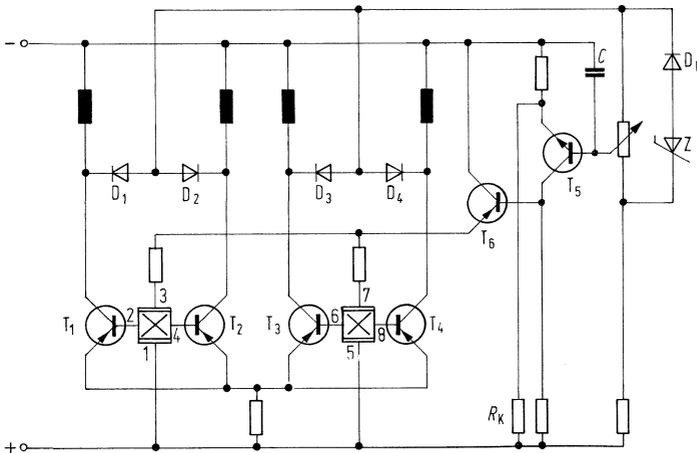


Abb. 28 b:  
Motorschaltung (180°-Parallelschaltung) einschließlich elektronischer Drehzahlregelung

Eine komplette Schaltung zeigt Abb. 28 b. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Drehzahl über die induzierte Spannung zu regeln.

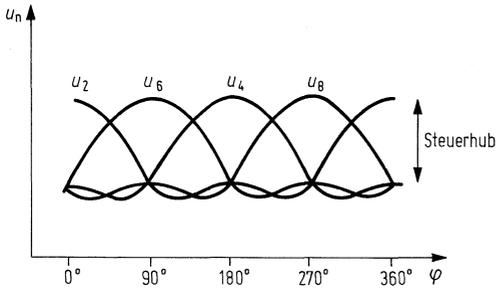


Abb. 28 c:  
**Steuerspannungen der vier Transistoren**  
 in Abhängigkeit vom Drehwinkel

In Abb. 28 c ist der Verlauf der Steuerspannungen der vier durch die Hallgeneratoren angesteuerten Transistoren über dem Drehwinkel dargestellt.

### 3.4.11. Schaltverstärker für Signalhallgeneratoren

Für Anwendungen, bei denen geringer Aufwand wichtiger ist als hohe Genauigkeit, wurde der in Abb. 29 gezeigte Schaltverstärker entwickelt.

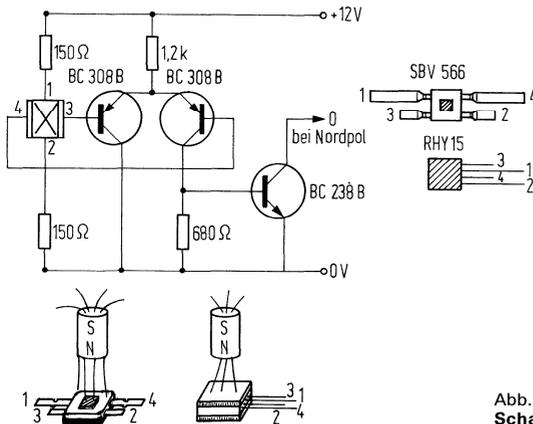


Abb. 29:  
**Schaltverstärker für Signal-Hallgenerator**

Befindet sich vor der Stirnfläche des Hallgenerators ein magn. Nordpol (siehe Abb. 29), so schaltet der Ausgang des Schaltverstärkers auf 0 V. Der Verstärker hat keine Triggerwirkung, sondern verstärkt linear und begrenzt in den Maxima und Minima der Hallspannung. Bei einem Magnet aus Alnico 450 mit 4 mm  $\varnothing$  und einer Länge von 6 mm erreicht der Verstärker mit einem SBV 566 und 1 mm Luftspalt mit Sicherheit die Sättigung.

### 3.4.12. Dekadischer Winkelcodierer mit Hallgeneratoren für eine Auflösung von 1000 Schritten pro Umdrehung

Digitale Winkelgeber können inkrementell oder absolut arbeiten. Die inkrementelle Arbeitsweise hat zwar den geringeren Bauaufwand, kann jedoch durch Störungen oder Betriebsspannungsausfall leicht außer Tritt geraten.

Der hier beschriebene Codierer arbeitet nach dem Absolutverfahren, bei dem jeder Winkelstellung eindeutig und stets reproduzierbar eine Zahl zwischen 000 und 999 zugeordnet ist. Störungen oder Spannungsausfall haben keinen bleibenden Einfluß. Der Winkelcodierer fragt mit Hallgeneratoren drei Magnet Spuren ab, welche die Information der 3 Dekaden 1, 10 und 100 enthalten. Die Spur mit der Information der Einer-Dekade hat 100 Magnetisierungsperioden, bestehend aus je einem Nordpol und Südpol. Die erforderliche Zahl von 1000 Einzelschritten erreicht man durch Abfrage dieser Spur mit 5 versetzten Hallgeneratoren gemäß Abb. 30. Da das Vorzeichen der Hallspannung von der Richtung des Magnetfelds abhängt, ergibt das Vorbeibewegen einer Magnetisierungsperiode der Spur an den 5 Hallgeneratoren A bis E 10 Kombinationen von Ausgangsspannungen der Hallgeneratoren.

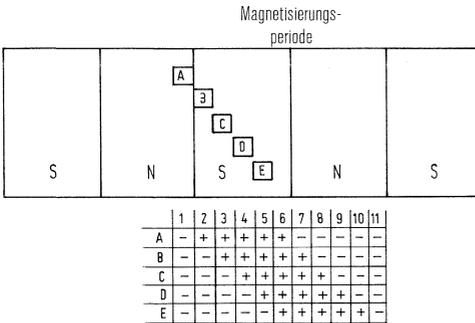


Abb. 30:  
**Die Ausgangsspannung der Hallgeneratoren wird mit Triggerverstärkern in die Signalpegel für TTL-Schaltkreise umgesetzt, mit denen die ganze Auswertelogik aufgebaut ist.** Analog wie die Auswertung der Spur für die Einer-Dekade sind diejenigen der 10er- und 100er-Spur aufgebaut. Dabei ist durch eine gegenseitige Verriegelung der Hallgeneratoren mit denen in der niedrigeren Spur dafür Sorge getragen, daß die Umschaltung der 3 Signale z. B. beim Übergang von 99 auf 100 absolut gleichzeitig erfolgt.

Das Ausgangssignal kann wahlweise im BCD-Code oder anderen Codes erfolgen, indem die Auswertelogik entsprechend abgewandelt wird.

### 3.4.13. Flüssigkeitsmengenmessung mit Hallgeneratorabfrage

Für exakte Messung von Flüssigkeitsmengen werden Ringkolbenzähler eingesetzt, bei denen eine Umdrehung des Kolbens einer genau bekannten Flüssigkeitsmenge entspricht. Die Abfrage dieser Umdrehung kann mit geringem Aufwand mit einem Hallgenerator SBV 566 erfolgen, dem ein einfacher Verstärker nachgeschaltet ist. Die Ansteuerung des Hallgenerators kann mit einem kleinen Stabmagneten auf der Welle des Zählers erfolgen.

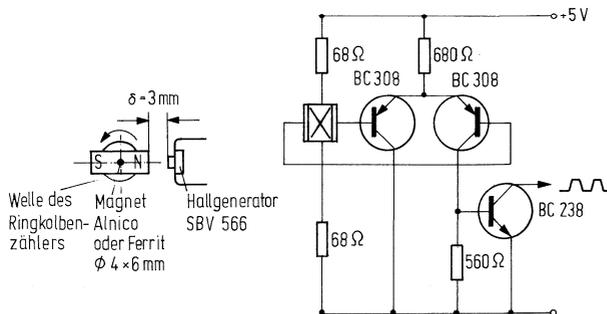


Abb. 31:  
**Magnetanordnung und Auswerteschaltung mit Hallgenerator SBV 566**

Der Verstärkerausgang ist im Pegel, nicht aber in der Flankensteilheit der Ausgangsspannung TTL-kompatibel.

### 3.4.14. Konstantstromquellen für Meß-Hallgeneratoren

Für die Steuerstrom-Versorgung der Meßhallgeneratoren eignen sich die im folgenden beschriebenen Schaltungen:

Die Konstantstromquellen sind ausgelegt für einen Umgebungstemperaturbereich von  $T_U = 0^\circ\text{C}$  bis  $70^\circ\text{C}$ . Die Versorgungsspannung ist  $U_{\text{Batt}} = +12\text{ V}$ . Der Lastwiderstand liegt einseitig an Masse.

Es werden zwei Schaltungen unterschiedlicher Genauigkeit angegeben. Mit der Schaltung Abb. 32 a und Abb. 32 b erhält man einen Temperaturkoeffizient des Konstantstromes von  $0,12\text{‰}/^\circ\text{C}$ . Mit der Schaltung Abb. 32 c erhält man einen  $T_K$  von maximal  $0,07\text{‰}/^\circ\text{C}$  und typisch  $0,04\text{‰}/^\circ\text{C}$ .

Änderung der Versorgungsspannung  $U_{\text{Batt}}$  um  $\pm 20\%$  ( $U_{\text{Batt}} = 10\text{ V} \dots 15\text{ V}$ ) verursacht bei der Schaltung Abb. 32 a und Abb. 32 b einen Fehler von  $5\text{‰}$  und bei der Schaltung Abb. 32 c einen Fehler von  $0,5\text{‰}$ .

Tabelle 4 für die Schaltungen nach Abb. 32 a und Abb. 32 b  
(Umgebungstemperatur  $T_U = 0$  bis  $70^\circ\text{C}$ ,  $U_{\text{Batt}} = 10$  bis  $15\text{ V}$ )

$I_C$ (mA)	Transistor Typ	Wärmewider- stand des Kühlkörpers (K/W)	Kühlfläche (cm <sup>2</sup> )	$R_E$ ( $\Omega$ )	P ( $\Omega$ )
10	BD 136-16	kein Kühlkörper erforderlich		470 $\Omega$ , 0,1 W	250 $\Omega$ , 0,1 W
20				240 $\Omega$ , 0,25 W	100 $\Omega$ , 0,1 W
40				120 $\Omega$ , 0,3 W	50 $\Omega$ , 0,1 W
60				82 $\Omega$ , 0,5 W	25 $\Omega$ , 0,1 W
80				62 $\Omega$ , 0,5 W	25 $\Omega$ , 0,1 W
100	Darlington- Transistor aus BC 308 u. BD 135 m. Kühlkörper	84	4	51 $\Omega$ , 1 W	10 $\Omega$ , 0,1 W
200		37	10	24 $\Omega$ , 2 W	10 $\Omega$ , 0,25 W
400		13,5	50	12 $\Omega$ , 3 W	10 $\Omega$ , 0,5 W
500		8,8	80	9,1 $\Omega$ , 4 W	10 $\Omega$ , 1 W

Anmerkung:

Der Temperaturkoeffizient  $\alpha_r$  des Emitterwiderstandes  $R_E$  muß sein

$$\alpha_r = (+ 330 \pm 30) \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}.$$

Dieses  $\alpha_r$  wird von Metallschichtwiderständen mit Edelmetallschicht eingehalten. Die in Frage kommenden Bauformnummern sind

- B 54 401 (0,25 W und 0,5 W)
- B 54 402 (0,5 W und 1 W)
- B 54 405 (0,12 W und 0,25 W)
- B 54 412 (0,25 W)
- B 54 413 (0,33 W)
- B 54 414 (0,5 W)

Der Temperaturkoeffizient  $\alpha_p$  des Einstellpotentiometers P muß in der gleichen Größenordnung liegen wie  $\alpha_r$ . Hierfür kommt z. B. eine Widerstandsschicht aus dem Material CERMET in Frage ( $\alpha_r = 0$  bis  $+ 250 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ).

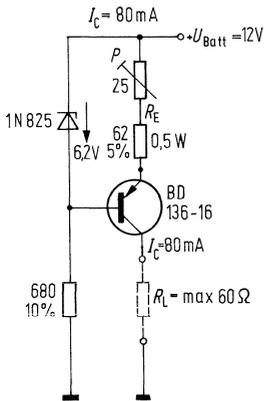


Abb. 32 a:

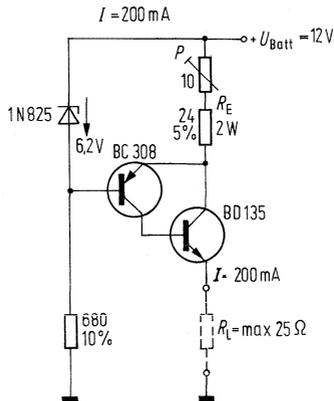


Abb. 32 b:

Tabelle 5 für Schaltung nach Abb. 32 c

$T_U = 0$  bis  $70^\circ\text{C}$ ,  $U_{\text{Batt}} = 10$  bis  $15$  V.

$I_C$ (mA)	$R_E$ ( $\Omega$ )	Transistor BD 136		
		max. Leistung bei Kurzschluß am Ausgang (W)	Wärmewider- stand des Kühlkörpers (K/W)	erforderliche Kühlfläche ( $\text{cm}^2$ )
10	150 $\Omega$	0,135	Kein Kühl- körper erforder- lich	
35	150 $\Omega$			
40	39 $\Omega$	0,54		
60	39 $\Omega$	0,76		
100	39 $\Omega$	1,2	56	6
150	10 $\Omega$	2,0	30	15
200	10 $\Omega$	2,8	19	28
400	3 $\Omega$	5,5	5	160
500	3 $\Omega$	6,8	1,8	600

Anmerkung:

Emitterwiderstand  $R_E$  mit TK von  $\alpha_R = \pm 15 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$  (Bauformnummer B 54 996).

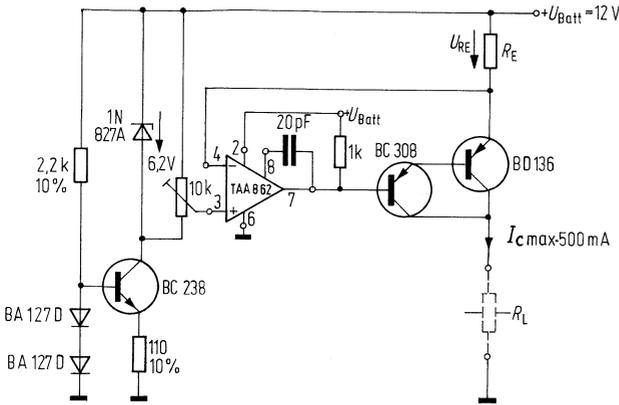


Abb. 32 c

### 3.5. Einbauhinweise für Hallgeneratoren

	Zulässige, über die ganze Fläche gleichmäßig verteilte Druckbeanspruchung senkrecht zur Halbleiterebene in kp/cm <sup>2</sup>	Zulässige Zugbeanspruchung senkrecht zur Halbleiterebene in kp/cm <sup>2</sup>	Einbauhinweise s. nächste Seite
EA 218	0	0	1, 3, 7
FA 24	0,1	0,1	1, 3
FC 32 bis 34	0,1	0,1	1
SBV 579	0	0	1, 2, 7
SBV 599	0,1	0,1	–
TC 21	0,3	0,3	1
RHY 10	0	0	–
RHY 11	0	0	–
SBV 552	0,2	0,2	–
RHY 15	3	0	2, 4, 6
RHY 20	3	0	2, 4, 6
RHY 17	0	0	1, 7, 9
RHY 18	0	0	–
RHY 18-S1	0	0	9
FA 22 e	0	0	8
RHY 19	0	0	7, 8
SBV 525	0	0	1, 7
SV 110	0	0	1, 2, 7
SV 130	0	0	1, 2, 7
SV 200	0	0	1, 2, 7
SV 210	0	0	1, 2, 7
SV 230 S	0	0	1, 2, 7
SBV 566	0	0	2, 4, 6
SBV 570	0	0	1, 2, 6
RMY 10	–	–	4
EI 38	–	–	5
SBV 536	3	–	4

Die Ziffern in der Spalte „Einbauhinweise“ bedeuten dabei

- 1 = Die Ebene der Halbleiterschicht darf nicht auf Biegung beansprucht werden.
- 2 = Unterseite (keramische Trägerplatte mit elektrischem System) kann mit beliebigen Materialien durch dünne Klebeschicht verbunden werden. Die übrigen Seiten nicht ohne elastische Pufferschicht (Silikonkautschuk, Wärmeleitpaste, Luft ...) in Gießharz einbetten.
- 3 = Unterseite (keramische Trägerplatte mit elektrischem System) kann auf Material mit Ausdehnungskoeffizienten von rund  $6 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  geklebt werden. Die übrigen Seiten nicht ohne elastische Pufferschicht (Silikonkautschuk, Wärmeleitpaste, Luft ...) in Gießharz einbetten.
- 4 = Das elektrische System ist gegenüber den Ferritteilen nicht isoliert; Übergangswiderstand beträgt in manchen Fällen nur etwa  $1 \text{ k}\Omega$ . Spannungspotentiale  $> 15 \text{ V}$  zwischen Ferritmantel und Systemelektroden können zur Zerstörung des Hallgenerators führen.
- 5 = Hallgenerator ist nicht gegen den Kern bzw. nicht gegen das Montageblech isoliert. Spannungspotentiale  $> 15 \text{ V}$  zwischen dem Montageblech und den Systemelektroden können zur Zerstörung des Hallgenerators führen. Vorsicht bei der Befestigung auf geerdeten Montageblechen!
- 6 = Beim Anlöten der Anschlüsse Wärme fluß zum Hallgenerator möglichst klein halten.
- 7 = Die Elektroden sind auf der Oberseite nur schutzlackiert, gegen Berührung also nicht hinreichend isoliert; Oberseite beim Einbau isolieren (z. B. mit Isolierfolie abdecken).
- 8 = Das elektrische System darf nicht auf Biegung beansprucht werden.
- 9 = Tieftemperatursonden müssen nach Entnahme aus der Tieftemperaturzone sofort im warmen Luftstrom (z. B. Fön) auf Raumtemperatur gebracht werden, damit keine Eisbildung erfolgt. Eisbildung zerstört die Sonde.

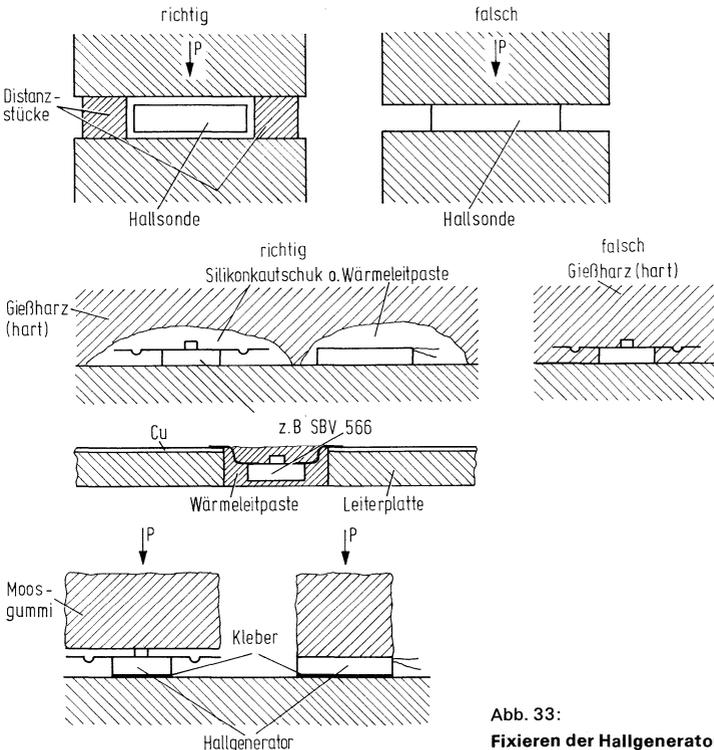


Abb. 33:

Fixieren der Hallgeneratoren beim Kleben



---

## **Feldplatten**

---



## 4. Feldplatten

### 4.1. Grundlagen

Feldplatten sind magnetisch steuerbare Widerstände aus InSb/NiSb, deren Beeinflussbarkeit auf dem Halleffekt bzw. Gaußeffekt beruht. Die den Halbleiter durchlaufenden Ladungsträger werden durch die Einwirkung eines transversalen Magnetfeldes seitlich abgelenkt.

Der Winkel, um den sich die Stromrichtung nach Anlegen eines Magnetfeldes ändert, heißt Hallwinkel. Dieser kann bei einer Induktion von 1 Tesla etwa  $80^\circ$  betragen. Quer zur Stromrichtung der nicht angesteuerten Feldplatte halten im Gegensatz zum Hallgenerator niederohmige, in den Feldplattenkristall eingebaute Nadeln aus NiSb die Gleichverteilung der Ladungsträger über den Querschnitt des Halbleiters aufrecht (Abb. 34 a, b). Die Verlängerung des Weges der Ladungsträger mit zunehmendem Magnetfeld resultiert in einer Erhöhung des Widerstandes der Feldplatte, jedoch ohne Unterscheidung der Feldpolarität.

Die Widerstandsabhängigkeit vom Magnetfeld ist in Abb. 35 qualitativ dargestellt.

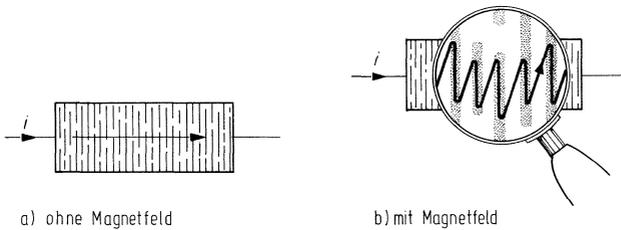


Abb. 34:  
Verlauf der Strombahnen in einer rechteckigen Halbleiterplatte mit metallisch leitenden Nadeln aus NiSb als Kurzschlussstreifen, a) ohne Magnetfeld, b) mit Magnetfeld

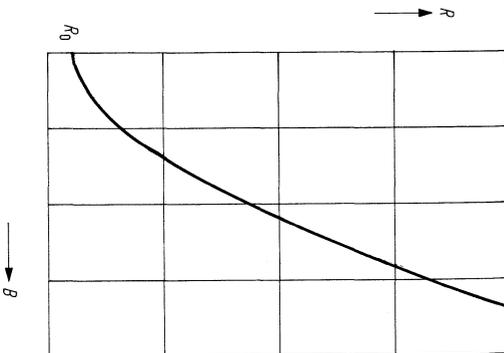


Abb. 35:  
Abhängigkeit des Feldplattenwiderstandes vom Magnetfeld  $R = f(B)$

## 4.2. Aufbau der Feldplatten

### 4.2.1. Feldplatten-System

Indiumantimonid-Nickelantimonid InSb-NiSb wird im Schmelzverfahren als Halbleiterbarren hergestellt. Die gewünschte Dotierung D, L oder N wird durch Zugabe von Tellur erzielt. In einem speziellen Faserziehprozeß erstarrt Nickelantimonid in Form von Nadeln im Innern des Indiumantimonids, die über die ganze Länge des Barrens parallel ausgerichtet sind. Abb. 39.

Diese Nadeln bilden im Bauelement die Kurzschlußnadeln, die den geometrieabhängigen Widerstandseffekt bewirken. Die Leitfähigkeit des Materials ist relativ hoch. Für D-Material gilt  $\sigma = 200 (\Omega \text{ cm})^{-1}$ , L-Material  $\sigma = 550 (\Omega \text{ cm})^{-1}$  und N-Material  $\sigma = 800 (\Omega \text{ cm})^{-1}$ .

Um Widerstände im Bereich 10–500  $\Omega$  zu erzeugen, muß der Halbleiter auf möglichst geringen Stromflußquerschnitt gebracht werden. Daneben wird das Bauelement mäanderförmig ausgebildet, um durch möglichst lange Halbleiterstreifen zu hohen Grundwiderständen zu gelangen. Aus physikalischen Gründen (Geometrieeffekt der Widerstandsänderung) darf die Breite der Streifen etwa 80  $\mu\text{m}$  nicht unterschreiten. In der Beeinflussbarkeit des Grundwiderstandes ist man somit auf Variation von Länge und Dicke der Mäanderstreifen beschränkt.

Der Barren wird in Scheiben 16×18 mm gesägt und auf Hilfsträger aufgeklittet. Durch Schleifen und Ätzpolieren werden rund 25  $\mu\text{m}$  dicke Halbleiterplättchen hergestellt.

Die übliche Fototechnik gestattet dann die Formätzung der einzelnen Mäander (Abb. 36). Bezogen auf die mäanderförmige Fläche, lassen sich folgende Widerstände verwirklichen: D-Material 100  $\Omega/\text{mm}^2$ , L-Material 40  $\Omega/\text{mm}^2$  und N-Material 25  $\Omega/\text{mm}^2$ .

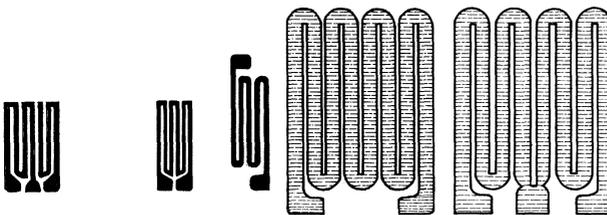


Abb. 36:  
**Verschiedene Ausführungen**  
formgeätzter Halbleiterplättchen

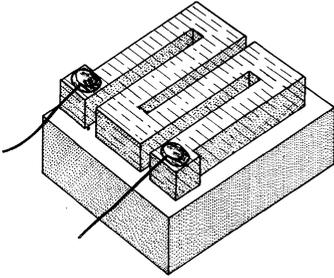


Abb 37:  
Feldplatte mit Träger

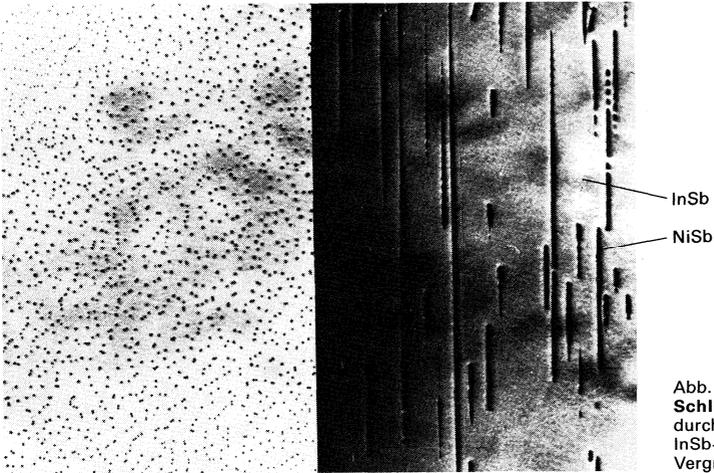


Abb. 39:  
Schliffbild  
durch das Feldplattenmaterial  
InSb-NiSb  
Vergrößerung rund 200×.

#### 4.2.2. Feldplatten

Die formgeätzten Halbleiter-Systeme werden aus der vielelementigen Halbleiterscheibe herausgelöst und auf isolierte Substrate aufgeklebt. In den meisten Fällen wird auf isolierte Eisensubstrate übertragen (Abb. 37). Als Substratmaterial dieser als E-Typen bezeichneten Feldplatten dient Permenorm 5000 H2 (Sättigungsinduktion 1,5 T, statische Koerzitivfeldstärke 0,04 A/cm, maximale Permeabilität 60.000 bis 80.000).

Daneben kann bevorzugt auf Ferrit, Keramik- oder Kunststoffsubstrate aufgeklebt werden. Der Halbleiter wird mittels Weichlötung mit 80 µm Ø CuL-Draht kontaktiert.

Die Halbleiteroberfläche wird zum Schutz gegen mechanische Beschädigung mit einer Lackschicht abgedeckt.

### 4.2.3. Feldplattenfühler

Die Feldplattenfühler FP 210/211/212 sind in der Anordnung als offener magnetischer Kreis aufgebaut. Der Fühler besteht aus den Teilen Polschuh (1), Feldplattensystem (2), Polblech (3), Magnet (4), Anschlußspinne (5) und Gehäuse (6).

Der Aufbau ist aus Abb. 40 ersichtlich.

Auf einem Eisen-Polschuh (1) mit ausgeprägten Höckern wird das Feldplattensystem (2) auf der isolierten Polschuhfläche aufgeklebt. Das System wird mit CuL oder Ag-Draht gelötet. Da die Lötstellen über die Systemoberfläche herausragen, werden auf die aktiven Halbleiterflächen Weicheisenpolbleche (3) mit einer Dicke von 0,2 mm aufgeklebt, um die Systeme vor mechanischer Beschädigung zu schützen und die Lötstellenhöhe bis zur Oberfläche der Umhüllung durch ein hochpermeables Material zu überbrücken.

Bei dem Fühler FP 211, der mit einem einhöckerigen Polschuh aufgebaut ist, wurde auf Grund der schmalen aktiven Zonen der aufgeklebten Differentialfeldplatte auf ein Polblech verzichtet. Hier ist das System durch eine etwa 0,25 mm dicke Kunststoffschicht abgedeckt.

Der geschlossene magnetische Kreis mit Feldplatten ist das Grundelement für den Feldplattenfühler FP 200 L100. Abb. 41 zeigt den Aufbau und die magnetischen Verhältnisse einer FP 200 bei Ansteuerung mit einem Stiftmagnet.

Die beiden vormagnetisierten Feldplatteneinheiten entsprechen zwei FP100. In der Spinne (6) montiert, werden sie nach Kontaktierung in einem Aluminiumgehäuse vergossen.

Das Feldplattensystem (1) ist auf einen Schenkel des Systemträgers (2) aufgeklebt. Der Systemträger besteht aus einem Winkelblech aus Permenorm 5000 H2. Der Dauermagnet (3) aus Strontiumferrit DS 2 erzeugt den vormagnetisierenden Fluß  $\Phi_v$ . Der magnetische Kreis wird über den zweiten Schenkel des Systemträgers sowie das Polblech (4) geschlossen. Die Fläche der Polbleche dient als Fangfläche für den Steuerfluß  $\Phi_{st}$  und konzentriert durch ihre Abmaße den Vormagnetisierungsfluß sowie den Steuerfluß auf die kleine Fläche des Feldplattensystems. Die Lötstellen des Systems liegen außerhalb der Polblechauflagefläche. Beide in sich geschlossene Magnetkreise werden mit der Rückseite des Systemträgers zusammenmontiert. Von der Ansteuerseite gesehen, liegen so die beiden Feldplatten direkt nebeneinander. Bei gleicher Vormagnetisierungsrichtung der Dauermagnete hat die Richtung des Vormagnetisierungsflusses  $\Phi_v$  in den Feldplatten jeweils eine entgegengesetzte Richtung.

Durch diese Anordnung wird erreicht, daß nicht nur die Feldplatte von ihrem Arbeitspunkt  $B_v$  nach größeren und kleineren Widerständen angesteuert wird, sondern für beide Feldplatten eine Art Gegentaktaussteuerung erreicht wird.

Bewegt sich nämlich ein kleiner Steuer magnet (5) mit seiner Stirnfläche an dem Fühler vorbei, so addiert sich am Ort der rechten Feldplatte der Steuerfluß  $\Phi_{st}$  zum Vormagnetisierungsfluß  $\Phi_v$ , und der Widerstand der Feldplatte nimmt um  $\Delta R$  zu. Gleichzeitig überlagert sich der Steuerfluß  $\Phi_{st}$  am Ort der linken Feldplatte so, daß der Widerstand der linken Feldplatte um den Betrag  $\Delta R$  kleiner wird.

Bewegt man den Steuer magneten nach rechts, so dreht sich der Vorgang um.

In der Abb. 42 wird dieser Vorgang noch einmal prinzipiell dargestellt und an Hand der Feldplattenkennlinie erläutert. Die Darstellung hat nur Gültigkeit für konstante Temperatur.

Durch diese Anordnung wird eine große Signalamplitude bei gleichzeitigem steilen Nulldurchgang erreicht.

Der Nebenschluß für das Steuerfeld ist klein, so daß etwa 50% des äußeren Steuerflusses  $\Phi_{st}$  an der Feldplatte zur Wirkung kommen.

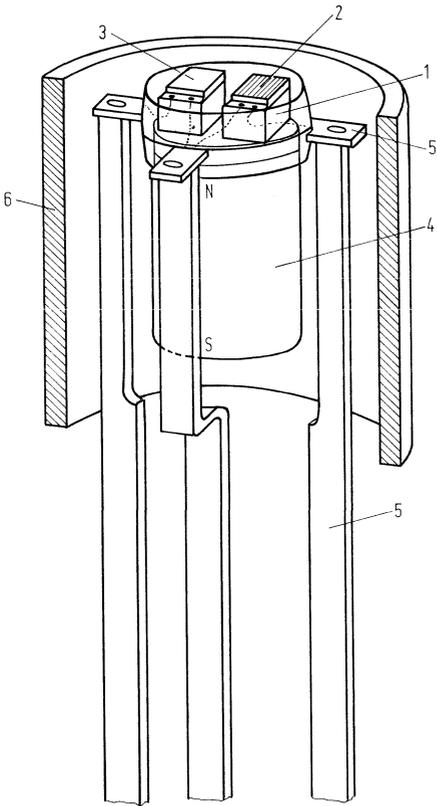


Abb. 40:  
**Aufbau Feldplattenfühler FP 210**

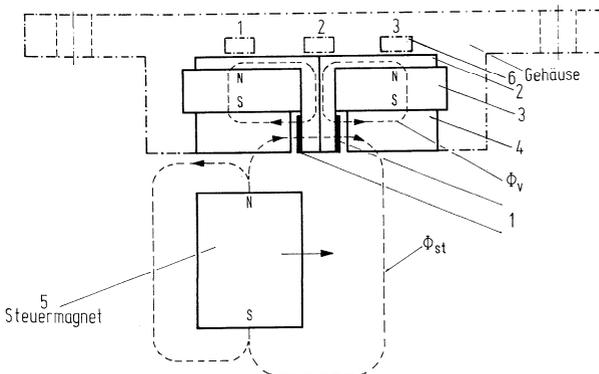


Abb. 41:  
**Aufbau Magnetkreis  
 und Ansteuerung des Feldplatten-  
 fühlens FP 200 L100**

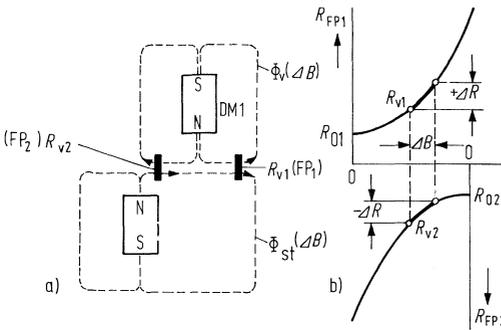


Abb. 42:  
**Prinzipielle Darstellung**  
 des vormagnetisierten Feldplattenfühlers  
 FP 200 L 100 bei Ansteuerung mit Dauermagnetstift

#### 4.2.4. Feldplattenpotentiometer

Bei den zur Zeit hergestellten Feldplattenpotentiometern kommen 2 verschiedene Prinzipien der magnetischen Ansteuerung zum Einsatz. Das erste, etwas aufwendigere Prinzip verwendet zwei streifenförmige Feldplatten mit gemeinsamem Mittelanschluß, über welche ein Bereich hohen, homogenen Feldes verschoben wird (siehe Abb. 43).

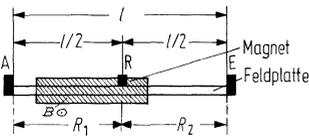
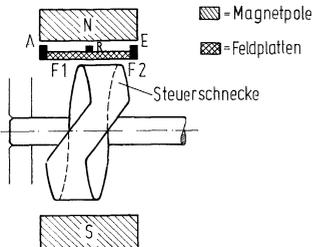


Abb. 43:  
**Prinzip des FP-Potentiometers**  
 FP 300 N 2 x 35

Der im Feld befindliche Teil jeder Feldplatte hat einen hohen spezifischen Widerstand, während der feldfreie Teil niederohmiger ist. Beim Verschieben des Feldbereichs erhöht sich dadurch linear der Widerstand der einen Feldplatte, während genauso linear der Widerstand der anderen Feldplatte zurückgeht. Der Gesamtwiderstand  $R_1 + R_2$  ändert sich dabei theoretisch nicht. Durch Schaltung der beiden Feldplatten als Spannungsteiler entsteht so ein sehr lineares Potentiometer mit unbegrenztem Auflösungsvermögen und ohne Abnutzung von Schleifern. Bei der praktischen Ausführung des Potentiometers werden die Feldplatten auf den einen Polschuh eines Jochs mit Dauermagnet aufgeklebt, in dessen Luftspalt eine Steuerschnecke rotiert (Abb. 44). Der Teil der Feldplatten, vor dem sich die Steuerschnecke befindet, ist dadurch einem hohen Feld ausgesetzt. Durch Formgebung der Steuerschnecke lassen sich Potentiometer mit beliebiger Charakteristik herstellen.



A, E, R Anschlüsse  
 Steuerschnecke aus  
 ferromagnetischem Material

Abb. 44:  
**Magnetischer Kreis**  
 für ein lineares Feldplattenpotentiometer

Beim Feldplattenpotentiometer nach dem zweiten Prinzip wird nicht ein Bereich hohen Feldes über den Feldplatten verschoben, sondern das Feld durch die beiden Feldplatten

kontinuierlich verändert. Dies erfolgt durch eine Steuerscheibe, welche bei ihrer Drehung eine Steuerspur vor den beiden Feldplatten bewegt und den Fluß durch diese ihrer Lage entsprechend verteilt (Abb. 45).

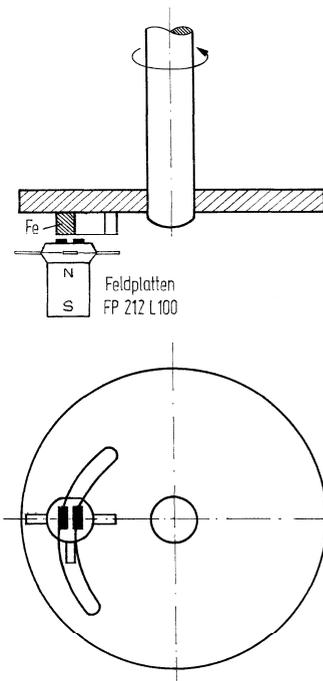


Abb. 45:  
Lineares FP-Potentiometer  
FP 310 L100 mit 30°-Winkelbereich

Entsprechend dem Aufbau als offener magnetischer Kreis ist der Aufwand geringer, was mit einer geringen Einbuße an Linearität und Genauigkeit verbunden ist. Auch bei diesem Typ sind beliebige Charakteristiken durch Formgebung der Steuerspur möglich.

### 4.3. Begriffe und allgemeine Daten

#### 4.3.1. Grundwiderstand $R_0$

Der Grundwiderstand  $R_0$  der Feldplatte ist der Widerstand des Halbleitersystems ohne Einwirken eines Magnetfeldes.

Er wird bestimmt durch:

die Leitfähigkeit des InSb-NiSb; man unterscheidet drei Dotierungsgrade:

D-Material:  $\sigma = 200 (\Omega \text{ cm})^{-1}$  (undotiert),

L-Material:  $\sigma = 550 (\Omega \text{ cm})^{-1}$ ,

N-Material:  $\sigma = 800 (\Omega \text{ cm})^{-1}$ ;

die Mäanderstreifenbreite; sie beträgt meist etwa  $80 \mu\text{m}$ ;

die Mäanderdicke; sie beträgt etwa  $25 \mu\text{m}$ ;

die Gesamtlänge der aktiven, d. h. magnetfeldempfindlichen Mäanderstreifen.

Die Toleranz des Grundwiderstandes hängt von der Homogenität des Grundmaterials sowie von der Reproduzierbarkeit der geometrischen Abmessungen des Feldplatten-Systems ab. Der heutige Stand der Systemfertigung läßt es zu, den gewünschten Grundwiderstand  $R_0$  auf  $\pm 20\%$  einzuhalten.

### 4.3.2. Widerstand $R_B$ im Magnetfeld

Als Widerstand  $R_B$  einer Feldplatte wird ihr Widerstand unter Einwirkung eines Magnetfeldes bezeichnet. Er wird bestimmt durch:

den Grundwiderstand  $R_0$ ,  
die Größe des senkrecht einwirkenden Magnetfeldes, wobei die Polarität nicht erfaßt wird,  
und den Dotierungsgrad.

In Abb. 46 ist die relative Widerstandsänderung  $R_B/R_0$  für die drei Grundmaterialien über dem Magnetfeld aufgetragen. Bis etwa 0,3 T verlaufen die Kennlinien annähernd quadratisch, zu höheren Feldern hin nähern sie sich asymptotisch einer Geraden. Als Arbeitsunterlage werden die Kurven in Abb. 55 a–c empfohlen. Es ist jedoch darauf zu achten, daß Feldplatten im homogenen Magnetfeld auf Grund des Bündelungseffektes durch den Eisenträger eine etwa 10% größere Induktion erfahren.

Die Toleranz der relativen Widerstandsabhängigkeit ist vorwiegend abhängig von der Gleichverteilung der ins Material eingebauten Nickelantimonid-Nadeln sowie von der Streuung der Dotierung. Wachsende Dotierung des Grundmaterials schwächt die Magnetfeldabhängigkeit des Feldplattenwiderstandes infolge Abnahme der Elektronenbeweglichkeit.

Da nur die Vertikalkomponente des Feldes für die Widerstandserhöhung maßgeblich ist, geht bei Neigung der Feldrichtung die wirksame Komponente des Feldes mit dem Cosinus des Neigungswinkels  $\varphi$  gegen die Vertikale zurück. Abb. 46 a zeigt als Beispiel den Rückgang der Widerstandserhöhung bei 1 T und 25 °C für D-Material.

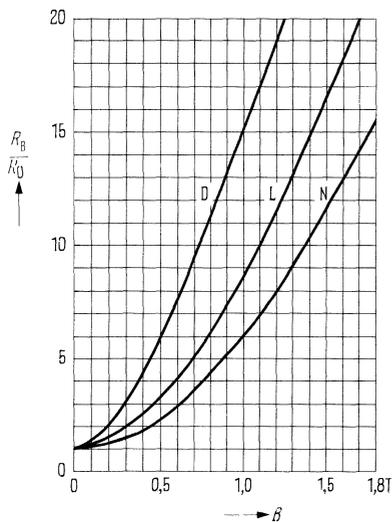


Abb. 46:  
Widerstandsverhältnis  $R_B/R_0$   
in Abhängigkeit von der magnetischen Induktion  $B$   
bei den verschiedenen Halbleiterwerkstoffen  
( $T_U = 25\text{ °C}$ )

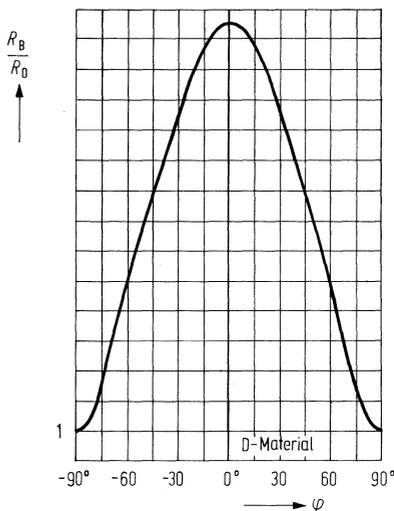


Abb. 46 a:  
Abhängigkeit des Widerstandsverhältnisses  $R_B/R_0$   
vom Neigungswinkel des Magnetfeldes

Abb. 55 a:  
**Feldplattenwiderstand  $R = f(B)$**   
 für D-Material  
 $T_U = \text{Parameter}$

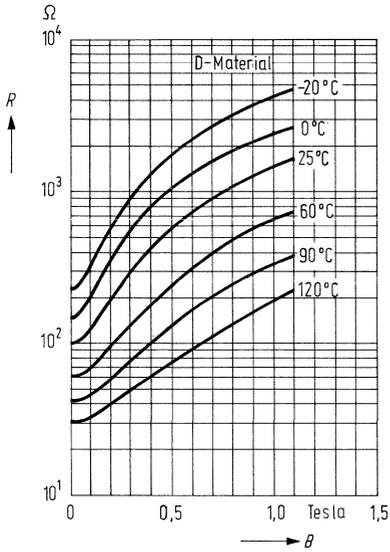


Abb. 55 b:  
**Feldplattenwiderstand  $R = f(B)$**   
 für L-Material  
 $T_U = \text{Parameter}$

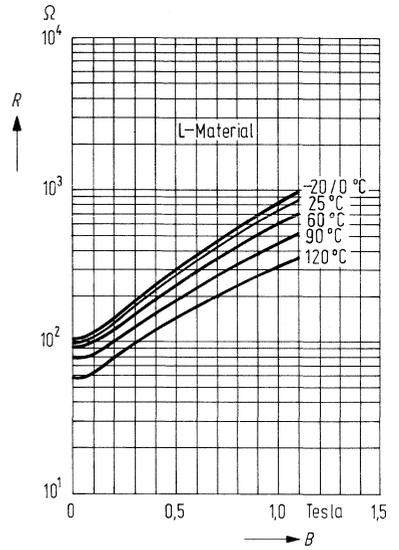
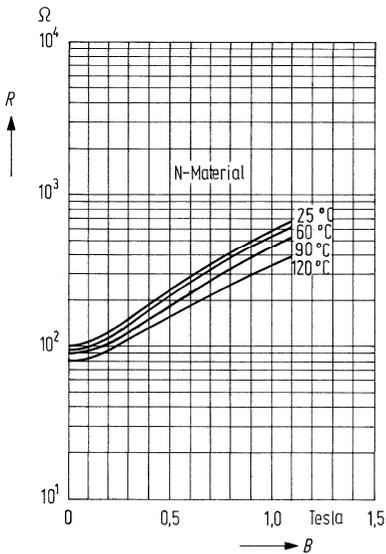


Abb. 55 c:  
**Feldplattenwiderstand  $R = f(B)$**   
 für N-Material  
 $T_U = \text{Parameter}$



### 4.3.3. Temperaturabhängigkeit des Feldplattenwiderstandes

Das undotierte Feldplattenmaterial InSb/NiSb (D-Material) hat einen negativen Temperaturkoeffizienten. Mit zunehmender Dotierung läßt sich dieser bis hin zu positiven Werten beeinflussen. Allerdings ist die Temperaturabhängigkeit bei verschiedenen Temperaturen unterschiedlich hoch.

Weiterhin besteht eine Abhängigkeit des Temperaturkoeffizienten von der Größe des auf die Feldplatte einwirkenden Feldes.

Diese Abhängigkeiten sind in den Abb. 53 a–c als  $R_T/R_{25} = f(T)$  für  $R_{25}(B) = 100\%$  sowie als  $R_T/R_{25} = f(T)$  für  $R_{25}$  bei  $0 T = 100\%$  (Abb. 54 a–c) und in den Abb. 55 a–c  $R_B/R_0 = f(B)$  für  $R_0$  bei  $25\text{ °C} = 100\%$  dargestellt. Der Anwender kann nach Belieben alternativ mit den Diagrammen Abb. 53 oder Abb. 54 arbeiten.

Da die Temperaturabhängigkeit schließlich von der Dotierung beeinflusst wird, ist deren Streuung im Halbleitermaterial wesentliche Ursache für die in Tab. 8 aufgeführten Toleranzbereiche.

Material	$\frac{R_{75}}{R_{25}}$ (%) für $B = 0 T$			$\frac{R_{75}}{R_{25}}$ (%) für $B = 1 T$		
	min.	Mittelwert	max.	min.	Mittelwert	max.
D	55	49	45	28	31	35
L	74	84	94	53	65	75
N	90	95	99	76	82	89

Abb. 54 a:  
**Temperaturabhängigkeit**  
 des Feldplattenwiderstandes  
 $R = f(T)$  für D-Material;  $B = \text{Parameter}$

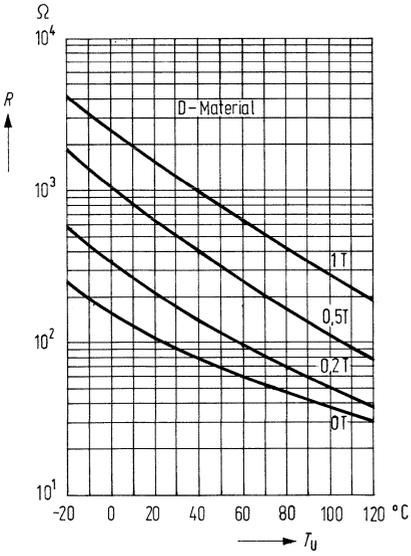


Abb. 54 b:  
**Temperaturabhängigkeit**  
 des Feldplattenwiderstandes  
 $R = f(T)$  für L-Material;  $B = \text{Parameter}$

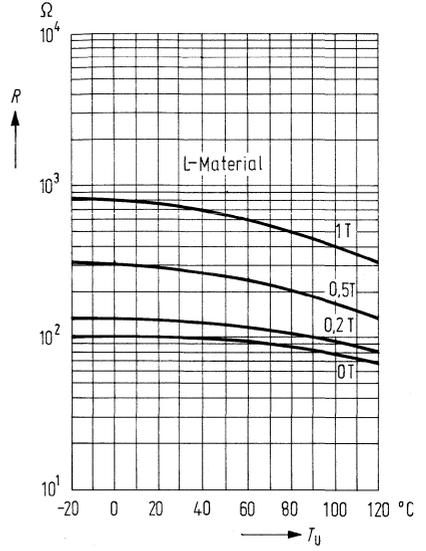


Abb. 54 c:  
**Temperaturabhängigkeit**  
 des Feldplattenwiderstandes  
 $R = f(T)$  für N-Material;  $B = \text{Parameter}$

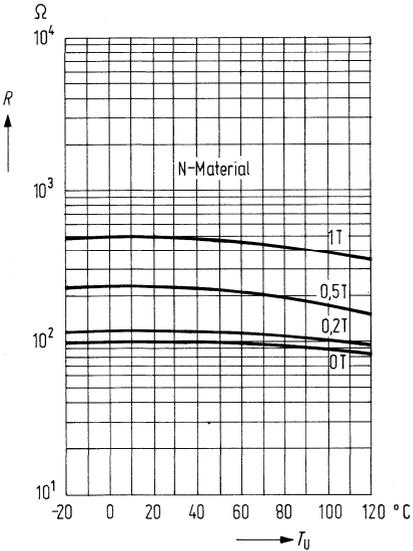


Abb. 53 a:

**Relativer Feldplattenwiderstand**

$R_T/R_{25}$  in Abhängigkeit von der Temperatur  $T$  bei verschiedenen magnetischen Induktionen  $B$  für den Halbleiterwerkstoff D

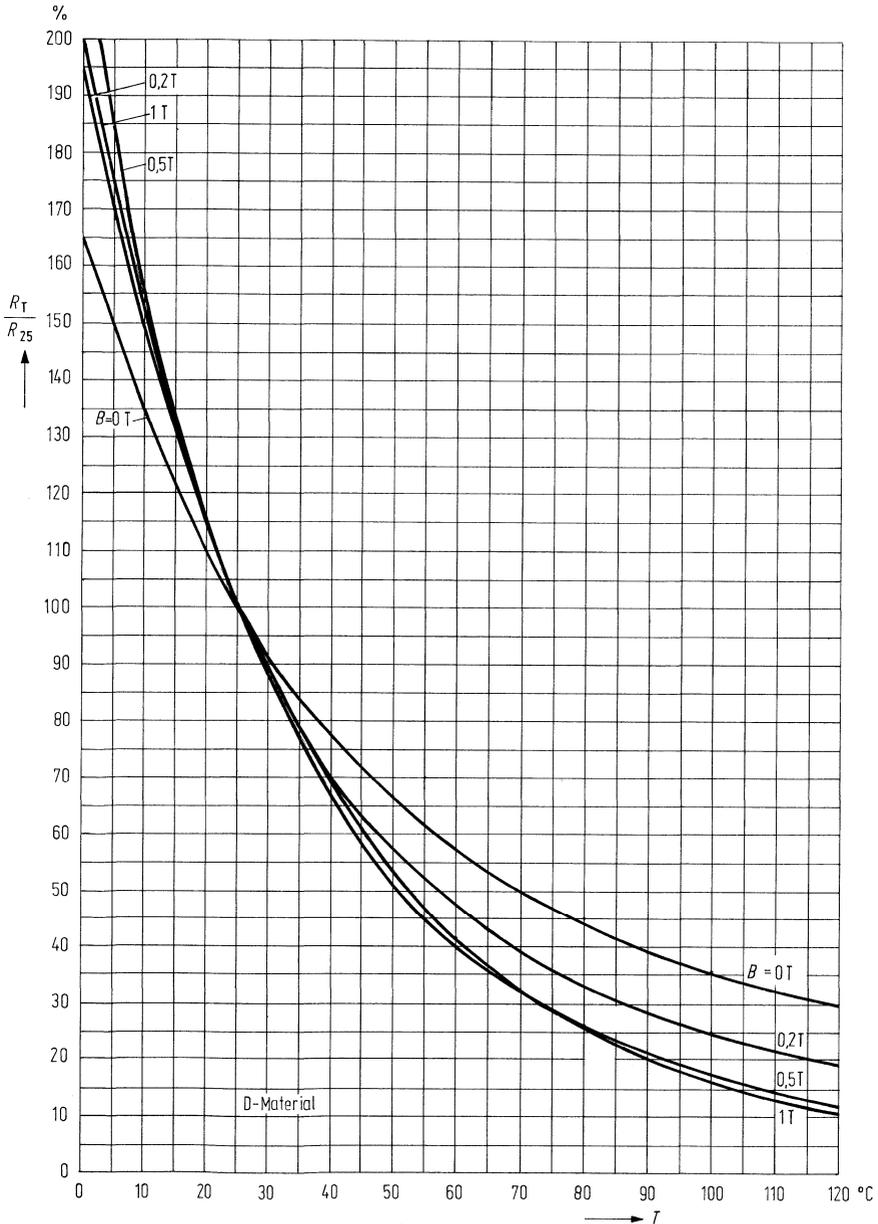
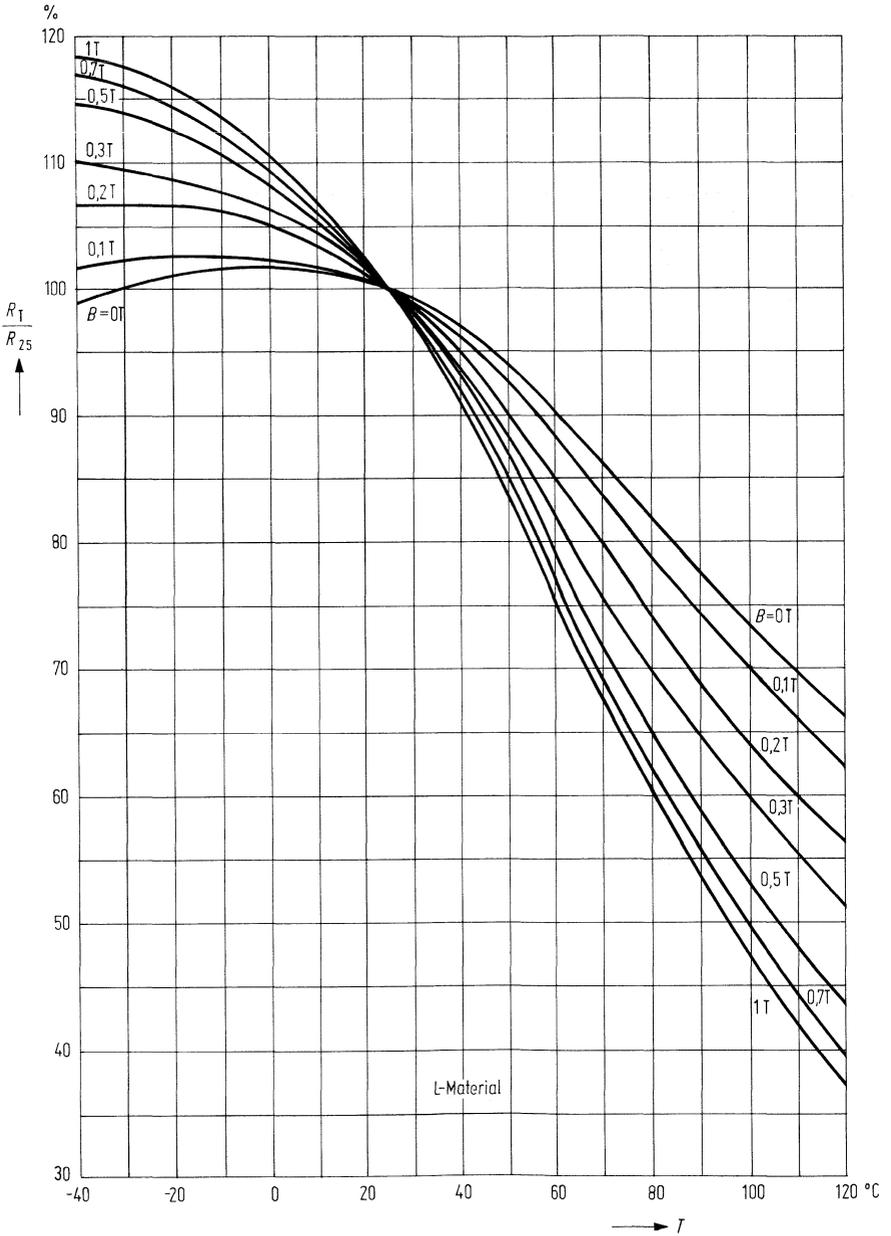


Abb. 53 b:

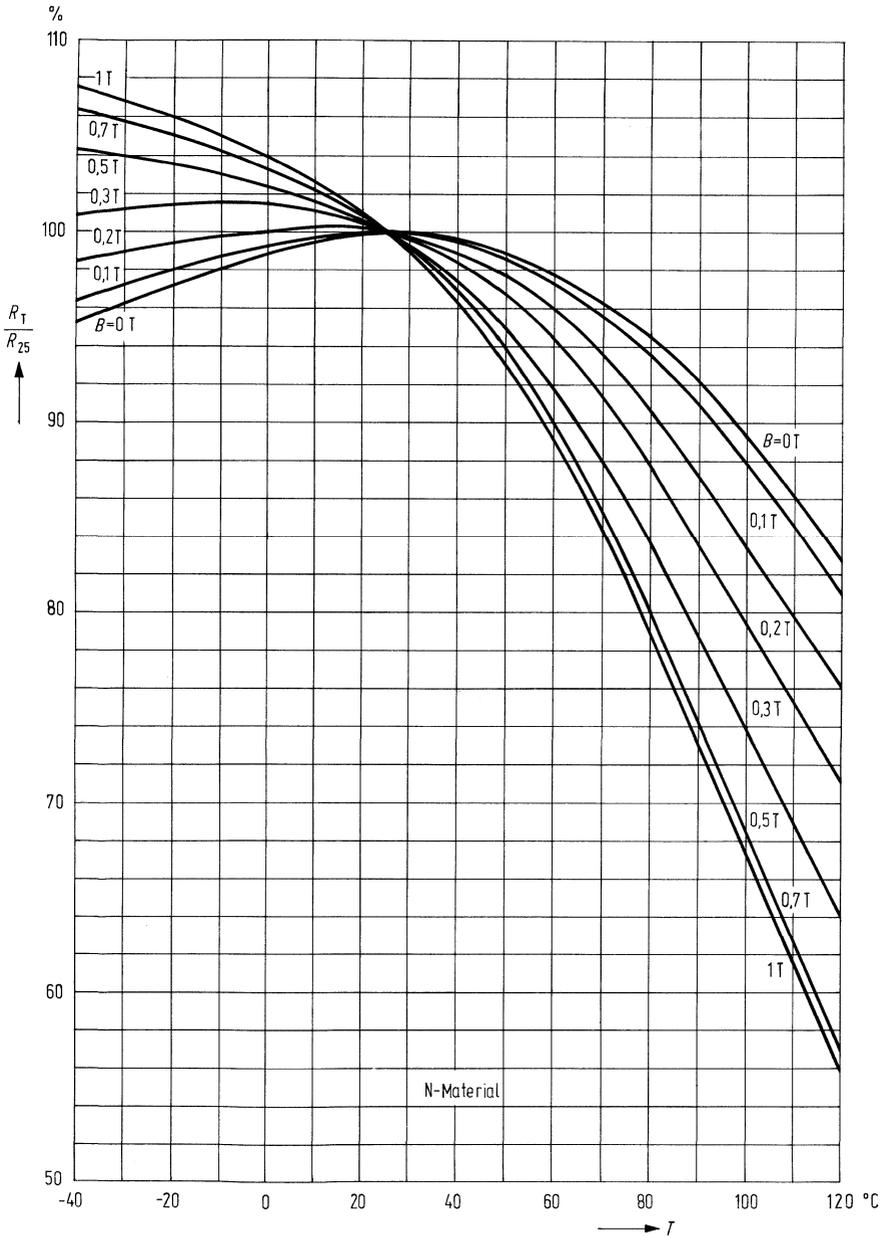
**Relativer Feldplattenwiderstand**

$R_T/R_{25}$  in Abhängigkeit von der Temperatur  $T$  bei verschiedenen magnetischen Induktionen  $B$  für den Halbleiterwerkstoff L



L-Material

Abb. 53 c:  
**Relativer Feldplattenwiderstand**  
 $R_T/R_{25}$  in Abhängigkeit von der Temperatur  $T$  bei verschiedenen magnetischen Induktionen  $B$   
für den Halbleiterwerkstoff N



#### 4.3.4. Rechnerische Darstellung der Feldplattenkennlinien

Oft ist es bei der rechnerischen Behandlung von Widerstandsverläufen einfacher, wenn der Verlauf nicht als Reihe von Meßpunkten, sondern als mathematische Funktion vorliegt. Die nachfolgende Tabelle (Tab. 7) zeigt die Koeffizienten der Interpolationspolynome, welche nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate durch die Meßpunkte des Widerstands in Abhängigkeit vom Magnetfeld gelegt wurden. Wegen der Unabhängigkeit des Widerstands vom Vorzeichen des Magnetfelds wurden nur gerade Potenzen verwendet, so daß das Interpolationspolynom folgende Gestalt hat:

$$R(B) = a_0 + a_2 \cdot B^2 + a_4 \cdot B^4 + a_6 \cdot B^6 + a_8 \cdot B^8 + a_{10} \cdot B^{10}.$$

Die Meßwerte wurden in der Rechnung so normiert, daß der Widerstand bei 25 °C und 0 Tesla gerade den Wert 100 annimmt. Die Werte geben daher für alle Feldplatten aus demselben Material den Widerstand in % des Wertes bei 25 °C und 0 Tesla an.

##### 4.3.4.1. Tabelle 7:

Tabelle der Polynomkoeffizienten (normiert  $R = 100$  bei 0 T, 25 °C)

$$R(B) = a_0 + a_2 B^2 + a_4 B^4 + a_6 B^6 + a_8 B^8 + a_{10} B^{10}$$

##### D-Material

°C	$a_0$	$a_2$	$a_4$	$a_6$	$a_8$	$a_{10}$
- 20	2,334 + 2	8,804 + 1	- 1,297 - 0	1,604 - 2	- 1,084 - 4	2,923 - 7
0	1,558 + 2	4,824 + 1	- 6,546 - 1	8,288 - 3	- 5,956 - 5	1,725 - 7
25	<u>1,000 + 2</u>	2,369 + 1	- 2,482 - 1	2,668 - 3	- 1,589 - 5	3,759 - 8
60	5,853 + 1	9,293 + 0	- 7,903 - 2	8,583 - 4	- 5,337 - 6	1,331 - 8
90	4,057 + 1	4,255 + 0	- 3,012 - 2	3,288 - 4	- 2,090 - 6	5,353 - 9
120	3,050 + 1	2,169 + 0	- 1,393 - 2	1,645 - 4	- 1,130 - 6	3,120 - 9

##### L-Material

°C	$a_0$	$a_2$	$a_4$	$a_6$	$a_8$	$a_{10}$
- 20	1,009 + 2	9,511 + 0	- 6,327 - 2	7,837 - 4	- 5,352 - 6	1,505 - 8
0	1,006 + 2	9,076 + 0	- 4,920 - 2	4,628 - 4	- 2,193 - 6	4,134 - 9
25	<u>1,000 + 2</u>	8,452 + 0	- 5,413 - 2	4,992 - 4	- 3,213 - 6	7,485 - 9
60	9,262 + 1	6,687 + 0	- 3,738 - 2	4,347 - 4	- 2,943 - 6	8,228 - 9
90	8,116 + 1	4,729 + 0	- 2,662 - 2	3,339 - 4	- 2,373 - 6	6,692 - 9
120	6,858 + 1	3,067 + 0	- 1,545 - 2	1,857 - 4	- 1,294 - 6	3,644 - 9

##### N-Material

°C	$a_0$	$a_2$	$a_4$	$a_6$	$a_8$	$a_{10}$
- 20	9,823 + 1	6,119 + 0	- 2,578 - 2	1,882 - 4	- 5,429 - 7	1,757 - 10
0	9,932 + 1	6,106 + 0	- 2,451 - 2	1,969 - 4	- 8,219 - 7	1,492 - 9
25	<u>1,000 + 2</u>	6,233 + 0	- 3,592 - 2	3,081 - 4	- 3,024 - 6	8,494 - 9
60	9,755 + 1	5,594 + 0	- 2,968 - 2	3,413 - 4	- 2,236 - 6	6,013 - 9
90	9,108 + 1	4,679 + 0	- 3,772 - 2	5,881 - 4	- 4,514 - 6	1,298 - 8
120	8,220 + 1	3,286 + 0	- 1,757 - 2	2,200 - 4	- 1,550 - 6	4,404 - 9

#### 4.3.5. Vormagnetisierung

Die Widerstandsänderung  $\Delta R_i$  ist für kleine Magnetfelder auf Grund der quadratischen Abhängigkeit des Feldplattenwiderstandes vom Magnetfeld sehr gering. Weiterhin wird die Polarität des Feldes nicht erkannt, so daß positives und negatives Steuerfeld  $B_{St}$  zur gleichen Widerstandsänderung führen (Abb. 47).

Um höhere Widerstandsänderungen, also einen höheren Signalhub zu erhalten, legt man den Arbeitspunkt auf der Kennlinie nicht in  $R_0$ , sondern in einen Bereich größerer Steilheit. Dies geschieht durch Vormagnetisieren der Feldplatte, z. B. durch Aufbringen der Feldplatte auf einen Dauermagneten. Der Arbeitspunkt wird so auf den Wert  $R_{V0}$  verschoben. Jetzt bewirkt ein Steuerfeld  $B_{St}$  eine weit höhere Widerstandsänderung  $\Delta R_2$  (Abb. 48).

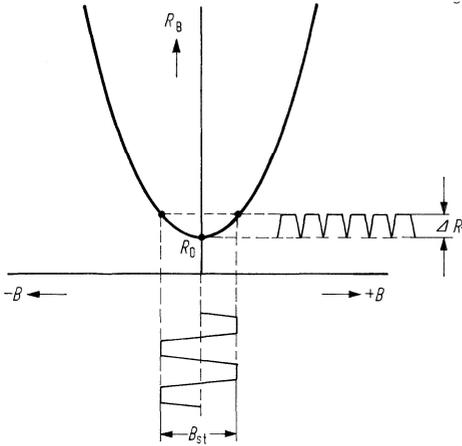


Abb. 47: Aussteuerung der Feldplatte ohne Vormagnetisierung

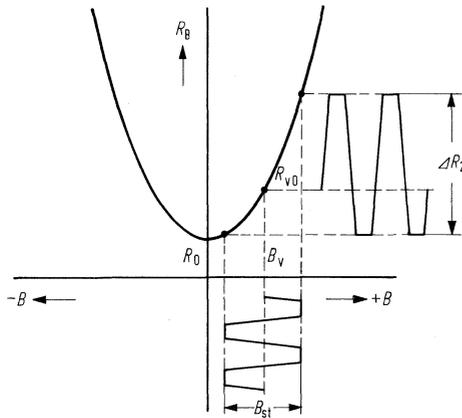


Abb. 48: Aussteuerung der Feldplatte mit Vormagnetisierung

### 4.3.6. Offener magnetischer Kreis

Beim offenen magnetischen Kreis werden die Feldplatten vormagnetisiert, die Signale selbst aber durch Umlenkung des Vormagnetisierungsfeldes mit Hilfe von bewegten Eisenteilen, nicht von Fremdfeldern, erzeugt (Abb. 49).

Auf einem Dauermagneten (1) wird auf einem Polschuh (2) die Feldplatte (3) aufgeklebt. Die Feldplatte liegt so im Streufluß  $\Phi_V$  des Vormagnetisierungsmagneten.

Der Feldplattenwiderstand  $R_F$  wird so in den steilen Teil der Kennlinie  $R_F = f(B)$  (Abb. 49 c) auf den Vormagnetisierungswiderstand  $R_V$  angehoben.

Bewegt man ein Eisenteil (4) an der Polschuhfläche vorbei, so wird der hier austretende Streufluß  $\Phi_V$  verstärkt (Abb. 49 b), und der Widerstand nimmt um  $\Delta R$  zu (Abb. 49 c).

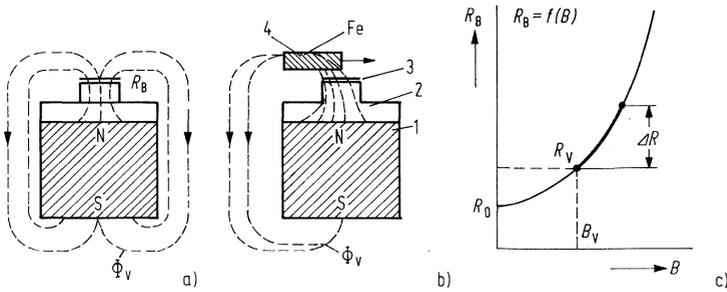


Abb. 49:  
Prinzip des offenen magnetischen Kreises.

### 4.3.7. Geschlossener magnetischer Kreis

Der geschlossene magnetische Kreis wird im Prinzip in Abb. 50 dargestellt. Ein kleiner Dauermagnet (1) mit flußlenkenden Weicheisenteilen (2) magnetisiert die Feldplatte (3) vom Grundwiderstand  $R_0$  auf den Vormagnetisierungswiderstand  $R_v$ . Die Feldplatte ist damit in einem kleinen geschlossenen Magnetkreis eingebaut.

Bewegt man einen Steuer magneten (4) mit seinem Steuerfluß  $\Phi_{st}$  (Abb. 50 b) an der Feldplatte vorbei, so überlagert sich anfangs der Steuerfluß  $\Phi_{st}$  dem Vormagnetisierungsfluß  $\Phi_v$ , und der Feldplattenwiderstand nimmt um  $\Delta R$  ab (Abb. 50 c).

Bei Änderung der Lage des Steuer magneten entsprechend Abb. 50 b wirkt das Steuerfeld  $\Phi_{st}$  in Richtung des Vormagnetisierungsfeldes, und der Feldplattenwiderstand nimmt in der Folge um  $\Delta R$  zu.

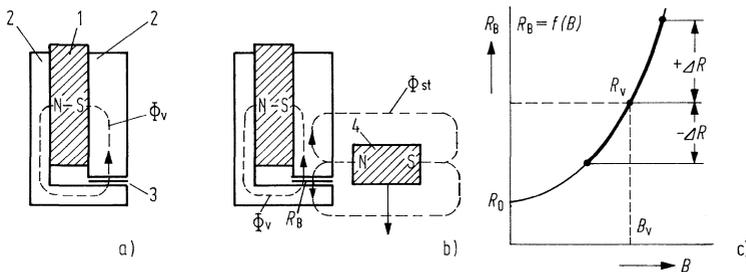


Abb. 50:  
Prinzip des geschlossenen magnetischen Kreises.

### 4.3.8. Mittensymmetrie $M$

Die Mittensymmetrie wird bei Differential-Feldplatten als das Verhältnis der Differenz der beiden Einzelwiderstände zu dem größeren Einzelwiderstand in % definiert.

$$M = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \cdot 100\% \quad (R_1 > R_2).$$

Im Datenteil wird die Mittensymmetrie jeweils für den nicht angesteuerten Zustand der Differential-Feldplatte angegeben.

### 4.3.9. Nullspannung $U_{A0}$

Die Differenz der beiden Einzelwiderstände bei Differential-Feldplatten kann auch durch die Nullspannung  $U_{A0}$  angegeben werden. In Abb. 51 a ist die Meßschaltung dargestellt. Abb. 51 zeigt den Zusammenhang zwischen Mittensymmetrie und Nullspannung.

Für die Brückenschaltung entsprechend Abb. 51 a gilt:

$$M = \frac{2 U_{A0}}{\frac{U_B}{2} + U_{A0}}$$

$$U_{A0} = \frac{U_B}{2} \cdot \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2}$$

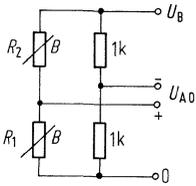


Abb. 51a:  
Meßschaltung

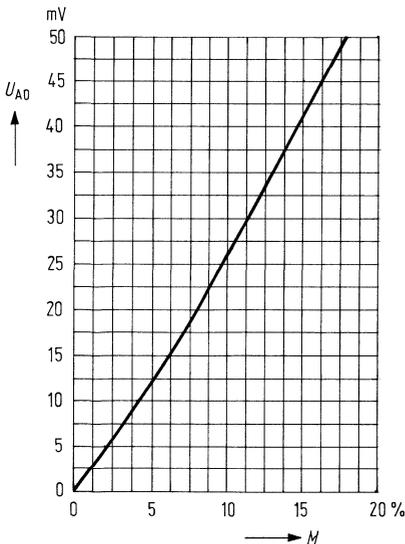


Abb. 51:  
Korrelationskurve  $M = f(U_{A0})$   
Zusammenhang zwischen  $U_{A0}$  und  $M$  bei  $U_B = 1\text{ V}$

### 4.3.10. Frequenzverhalten

Die Frequenzunabhängigkeit des Widerstandseffekts wurde bis zu 10 GHz nachgewiesen.

Beim Einsatz von Feldplatten auf leitfähiger Unterlage in Wechselfeldern muß das Auftreten von Wirbelströmen beachtet werden. Für höhere Frequenzen kommen nur Ferrit oder Kunststoff als Trägermaterial in Frage.

Ein weiteres Problem ist die im Mäander induzierte Spannung, welche auch bei bifilarem Aufbau durch eine Restschleife entsteht. Eine Kompensation ist am einfachsten mit 2 gegeneinander geschalteten Feldplatten zu erreichen, bzw. durch Formung der Anschlußdrähte.

#### 4.3.11. Wärmeleitwert

Die Kenntnis des genauen Wärmeleitwerts eines Magnetfeldfühlers ist wichtig für den Betrieb bei erhöhten Umgebungstemperaturen oder bei verbesserter Wärmeableitung z. B. durch Montage auf einem Polschuh. Das beschriebene Verfahren gestattet eine Bestimmung dieses Parameters.

Zuerst wird der Widerstand des elektrisch unbelasteten Fühlers bei der maximalen Betriebstemperatur  $T_{\max}$  gemessen, wobei dieselben Magnetfelder wie im Betrieb auf den Fühler einwirken sollen. Sind die Felder im Betrieb variabel, so wird bei den kleinsten vorkommenden Feldern gemessen.

Die zweite Messung erfolgt bei Raumtemperatur  $T_u$  am eingebauten Fühler, der denselben Magnetfeldern ausgesetzt sein muß wie bei der ersten Messung. Durch den Fühler wird ein Strom geschickt, der so lange langsam erhöht wird, bis der Widerstand des Fühlers gleich dem bei der ersten Messung ist. Da die Halbleiterschicht jetzt ihre maximale Betriebstemperatur  $T_{\max}$  hat (gleiches  $R$  wie bei der ersten Messung), wird sie durch die zugeführte elektrische Leistung  $P$  gerade um  $T_{\max} - T_u$  erwärmt. Der Wärmeleitwert ist daher

$$G_{\text{th}} = \frac{P}{T_{\max} - T_u} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{K}} \right].$$

Aus der Formel kann man für jede Umgebungstemperatur die zulässige Verlustleistung errechnen, wobei allerdings die im Datenblatt angegebenen maximalen Verlustleistungen nur in Rücksprache mit dem Hersteller überschritten werden sollten.

Zur zweiten Messung sind noch einige Hinweise angebracht:

1. Den Widerstand des Fühlers kann man zwar durch Messung der Spannung und des Stroms bestimmen, doch dürfte die in Abb. 52 angegebene Brückenschaltung die Messung erleichtern.

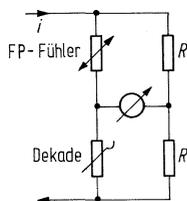


Abb. 52:  
Meßbrücke zur  $R_{\text{th}}$ -Bestimmung

An der (genügend belastbaren!) Dekade wird der Widerstand eingestellt, der bei Messung 1 erhalten wurde. Wenn der Widerstand des Fühlers durch die Erwärmung auf den eingestellten Wert abgesunken ist, so ist die Brücke im Gleichgewicht und das Instrument stromlos. Sollen häufig  $G_{\text{th}}$ -Messungen durchgeführt werden, so kann das Instrument durch einen Operationsverstärker ersetzt werden, welcher den eingepprägten Strom einstellt.

2. Hat der Fühler thermischen Kontakt zu größeren Materialmengen, so kann die thermische Zeitkonstante sehr groß werden. Es muß dabei in jedem Fall der thermische Gleichgewichtszustand abgewartet werden, da sich sonst ein zu großer Wärmeleitwert ergibt. Bei kleinen Fühlern ist jede Zugluft zu vermeiden, zum Beispiel durch ein übergestülptes Glas.

### 4.3.12. Festlegung der Betriebsspannung

Da bei Feldplattenfühlern die Signalspannung  $U_{\text{Ass}}$  proportional mit der Betriebsspannung  $U_B$  steigt, liegt es nahe, hohe Betriebsspannungen zu wählen. Mit Kenntnis des Wärmeleitwertes, der Temperaturverhältnisse sowie des entsprechenden Feldplatten-Widerstandes läßt sich leicht der Verlauf der maximal zulässigen Betriebsspannung ermitteln.

Aus der Beziehung

$$G_{\text{th}} = \frac{P}{T_{\text{max}} - T_U} \left[ \frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{ergibt sich } G_{\text{th}} \cdot (T_{\text{max}} - T_U) = \frac{U_B^2}{R(T_{\text{max}})}$$

$$\text{und daraus } U_B = \sqrt{(T_{\text{max}} - T_U) \cdot G_{\text{th}} \cdot R(T_{\text{max}})},$$

wobei  $T_{\text{max}}$  die maximal zulässige Systemtemperatur,  $T_U$  die Umgebungstemperatur und  $R(T_{\text{max}})$  der Feldplattenwiderstand bei  $T_{\text{max}}$  ist.

Allerdings ist ein Betrieb der Feldplatte an  $U_{\text{Bmax}}$ , also an der Spannung, bei welcher das Feldplattensystem die maximal zulässige Temperatur erfährt, zwar vertretbar, nicht aber empfehlenswert, da die hohe Systemtemperatur zu einer überdurchschnittlich schnellen Alterung der eingesetzten Kunststoffe führen kann. Weiterhin führen schon geringe Änderungen des Wärmeleitwertes zu großen Temperaturschwankungen der hoch erhitzten Feldplattensysteme, die sich besonders durch Nullspannungsänderungen beim Einsatz als Differential-Feldplatten negativ auswirken können.

So wurde im Datenteil bei den Fühlern immer eine maximal zulässige und eine empfohlene Betriebsspannung angegeben. Der empfohlenen Betriebsspannung liegt eine bestimmte Systemübertemperatur (meist 20 K) zu Grunde, wobei der Absolutwert von  $T_{\text{max}}$  nicht überschritten wurde. Bei den Einzelfeldplatten beschränkte man sich auf die Angabe der empfohlenen Betriebsspannung. Hier ist besonders auf den von der Einbauweise abhängigen Wärmeleitwert zu achten.

Soweit sinnvoll, wurde bei den Diagrammen die Bezugstemperatur als Parameter eingeführt. Für  $T = T_U$  gilt Betrieb frei in Luft, also kleiner Wärmeleitwert. Für  $T = T_G$  gilt Feldplatte bzw. Fühler mit innigem Wärmekontakt zu einem Medium mit großer Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität.

### 4.3.13. Differential-Feldplatte

In der Differentialschaltung bleibt bei gleichem Temperaturgang der beiden Einzelsysteme die Spannung ohne Ansteuerung am Mittelabgriff konstant, da beide Einzelwiderstände gleich groß bleiben.

Für die Temperaturabhängigkeit der Signalspannung bei Ansteuerung ist bei Betrieb mit konstanter Spannung das Verhältnis Steilheit zu  $R_B$  maßgebend (siehe 4.3.15.).

Wie die Abb. 55 zeigen, nimmt sowohl der Widerstand  $R_B$  wie auch entspr. Abb. 63 die Steilheit  $\frac{dR}{dB}$  mit der Temperatur ab. Beispielsweise ändert sich bei einer Feldplatte aus

L-Material bei einer Induktion von  $B = 0,5 \text{ T}$  und einer Erwärmung von  $+25^\circ\text{C}$  auf  $+65^\circ\text{C}$  die Steilheit um etwa  $-30\%$ , der Widerstand um etwa  $-25\%$ . In der Differentialschaltung

geht nur das Verhältnis dieser beiden Größen ein, d. h., der Quotient  $\frac{dR}{R_B \cdot dB}$  wird um weniger als  $7\%$  kleiner.

### 4.3.13.1. Differential-Feldplatte in Brückenschaltung

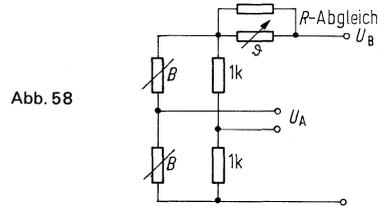
Die Ergänzung einer Differential-Feldplatte zur Vollbrücke läßt es zu, das Ausgangssignal  $U_A$  ohne den Anteil  $U_{B/2}$  zu erfassen (Abb. 57). Bei einer nicht angesteuerten Anordnung beträgt somit das Ausgangssignal 0 Volt.

### 4.3.14. Temperaturkompensation in Brückenschaltung

Um die verbleibende Temperaturabhängigkeit der Signalspannung zu kompensieren, gibt es folgende Möglichkeiten:

#### 4.3.14.1. Verwendung temperaturabhängiger Widerstände

Die Brücke wird über einen temperaturabhängigen Widerstand an die Betriebsspannung gelegt. (Abb. 58). Der Temperaturgang der Brückenspannung  $U_A$  kann noch über einen Parallelwiderstand zum Vorwiderstand abgeglichen werden. Dies gelingt jedoch nur für einen kleinen Temperaturbereich.



#### 4.3.14.2. Ausnutzung der Temperaturabhängigkeit der Arbeitspunktinduktion $B_0$

Entsprechend der Abb. 63 nehmen die Empfindlichkeit und damit die Signalspannung  $U_A$  bei konstanter Betriebsspannung oberhalb 0,3 T mit zunehmender Induktion  $B$  ab. Verwendet man bei der Vormagnetisierung einen Dauermagneten mit negativem Temperaturkoeffizienten, so kann man damit den Temperaturgang der Signalspannung teilweise kompensieren.

Der geringe Temperaturgang von Stahlmagneten reicht nicht aus. In Frage kommen nur die Oxydmagneten wie z. B. Strontiumferrit DS 1 oder DS 2 mit einem Temperaturkoeffizienten der Induktion von etwa  $-0,3\%/K$ .

#### 4.3.14.3. Ausnutzung der Temperaturabhängigkeit des Innenwiderstandes der Differentialfeldplatten.

Eine Kompensation ohne Bauteilmehraufwand ist die für L- und D-Material anwendbare folgende Methode: Man nützt die Temperaturabhängigkeit des Feldplattenwiderstandes und somit des Innenwiderstandes der Differential-Feldplatten direkt zur Kompensation (Abb. 59 a, b).

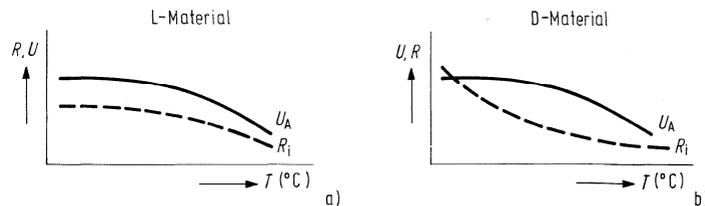
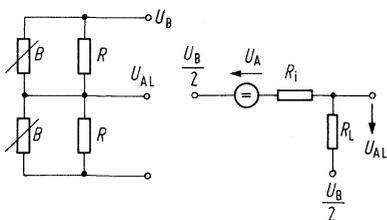


Abb. 59:  
Prinzipielle Darstellung des Verlaufs von Ausgangsspannung  $U_A$  und Innenwiderstandes der Differentialplatte  $R_i$  bei L- und D-Material.

Schaltet man zu den Einzelfeldplatten des Spannungsteilers gemäß Abb. 60 je einen Widerstand  $R$  parallel, so verringern sie das Leerlaufausgangssignal  $U_A$  der Brücke zu  $U_{AL}$ .



$$U_{AL} = U_A \cdot \frac{R_L}{R_i + R_L}$$

Abb. 60:  
Schaltung und Ersatzschaltbild  
von mit Widerständen belasteter  
FP-Brücke (Belastung  $R_L = \frac{R}{2}$ ).

Aus der Beziehung entsprechend dem Ersatzschaltbild in Abb. 60 geht hervor, daß bei Abnahme von  $R_i$  der Nenner des Bruchs kleiner wird und dadurch ein größerer Bruchteil von der Leerlaufausgangsspannung  $U_A$  als  $U_{AL}$  erscheint. Da bei steigender Temperatur die Höhe des Ausgangssignals  $U_A$  und der Innenwiderstand der FP-Brücke gleichermaßen zurückgehen, ist eine Kompensation der Abnahme des Ausgangssignals möglich. Als Nachteile dieser Art der Kompensation sind die Verkleinerung des Ausgangssignals und die Verlustleistung in den Belastungswiderständen zu nennen.

Eine verbesserte Kompensationsschaltung beruht auf demselben Prinzip wie die einfache Methode, vermeidet aber deren Nachteile durch Verwendung eines Operationsverstärkers nach Abb. 61.

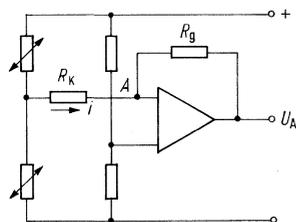


Abb. 61:  
Schaltung mit verbesserter Temperaturkompensation

Durch die Art der Beschaltung des Operationsverstärkers hat die Schaltung am Punkt A einen Eingangswiderstand von 0 Ohm. Es wird daher nicht die Ausgangsspannung des Feldplatten-Differentialfühlers ausgewertet, sondern der Ausgangsstrom  $i$ . Wenn man den Widerstand  $R_k$  genau halb so groß dimensioniert wie einen einzelnen Belastungswiderstand der einfachen Schaltung, so „sieht“ der Differentialfühler eine gleich große Last wie bei der einfachen Schaltung und es herrschen dieselben Verhältnisse bezüglich der Kompensation. Im Gegensatz zur einfachen Schaltung kann jedoch der Widerstand  $R_k$  beliebig verkleinert oder sogar fortgelassen werden, wobei das Ausgangssignal sogar zunimmt. Mit der Größe des Widerstands  $R_k$  kann die Kompensation optimal an die magnetischen Verhältnisse der verwendeten Anordnung und an den Temperaturbereich angepaßt werden. Als Anfangswert für Versuche bei einer neuen Anordnung wähle man  $R_k$  gleich dem Innenwiderstand der Differential-Feldplatte.

### 4.3.15. Arbeitspunkt von vormagnetisierten Differential-Feldplatten

Das Ausgangssignal eines Differentialfühlers wird neben den magnetischen Bedingungen der Ansteuerung auch von der Stärke der Vormagnetisierung beeinflusst. Betrachtet man einen Spannungsteiler aus 2 Feldplatten nach Abb. 62, gilt bei kleiner Ansteuerung mit  $\Delta B$ :

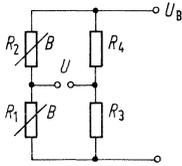


Abb. 62:  
FP-Spannungsteiler

$$R_1 = R + \Delta R$$

$$R_2 = R - \Delta R$$

$$R_3 = R_4 = R$$

$$\frac{\Delta U}{U_B} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{1}{2}$$

$$= \frac{R + \Delta R}{2R} - \frac{1}{2}$$

$$\frac{\Delta U}{U_B} = \frac{\Delta R}{2R}$$

Will man die Spannungsänderung  $\Delta U$  in Abhängigkeit vom Magnetfeld kennen, so darf man

$$\Delta R = \Delta B \cdot \frac{dR}{dB}$$

bei kleinen Feldänderungen setzen:

$$\frac{\Delta U}{U_B} = \Delta B \cdot \frac{dR}{2R dB}$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta B} = \frac{U_B}{2} \cdot \frac{dR}{R \cdot dB}$$

Die Höhe des Ausgangssignals hängt also von  $\frac{dR}{R \cdot dB}$ , der relativen Änderung des Widerstands, ab.

Für ein möglichst großes Signal ist also ein möglichst steiler Widerstandsanstieg bei kleinem Widerstand im Arbeitspunkt erforderlich. Da mit wachsendem Magnetfeld der Widerstand der Feldplatte zunimmt, während bei großen Feldern der Widerstandsanstieg langsam abflacht, ergibt sich ein Maximum der Empfindlichkeit bei kleinen bis mittleren Feldstärken. Die Abb. 63 zeigen den Verlauf von  $\frac{dR}{R \cdot dB}$  für die 3 Materialien. Da die Maxima relativ flach sind, ist die Größe der Vormagnetisierung nicht kritisch. Wenn man in der Wahl frei ist, sollte man die Magnetisierung des Fühlers frei in Luft etwas unter das Maximum legen, da sich durch das ansteuernde Eisenteil eine Flußkonzentration und damit eine Erhöhung der Vormagnetisierung ergibt.

Abb. 63 a, b, c:  
Empfindlichkeitsverhalten der Feldmaterialien  $\frac{\Delta R}{R \cdot \Delta B} = f(B)$

Abb. 63 a

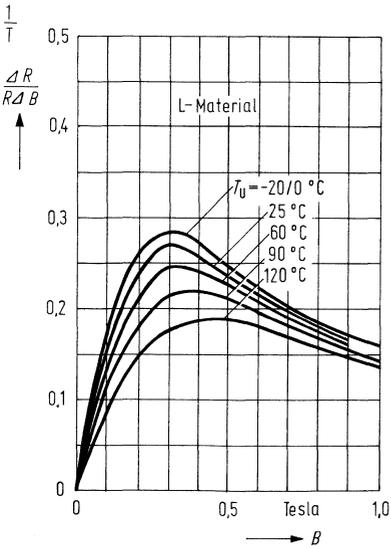
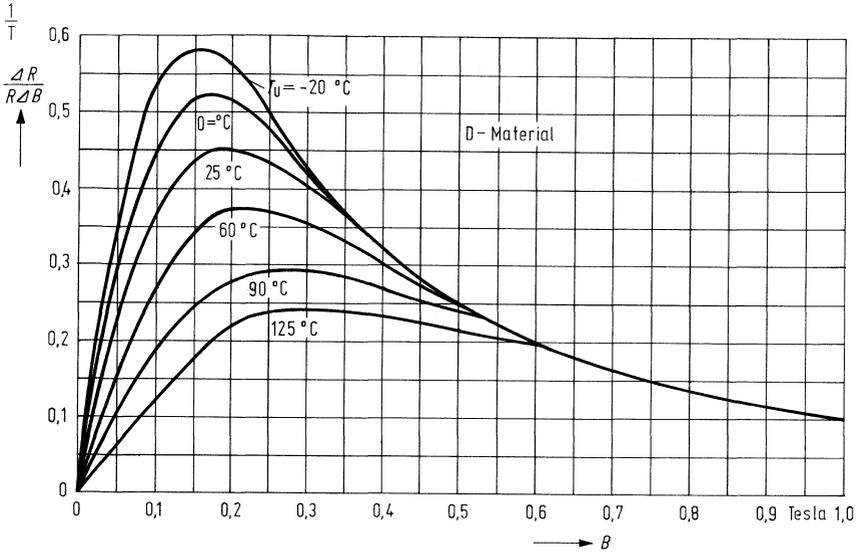


Abb. 63 b

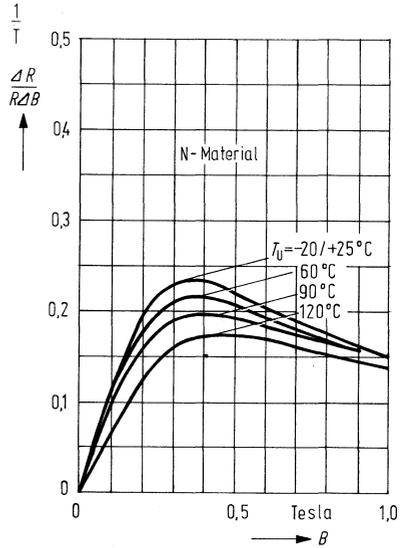


Abb. 63 c

#### 4.4. Anwendung Feldplatten und Feldplattenfühler

Feldplatten lassen sich als kontakt- und stufenlos steuerbare Widerstände einsetzen. Die Ansteuerung erfolgt entweder mit einem Dauermagneten oder über einen Elektromagneten, in dessen Luftspalt der Halbleiter liegt.

Bei den Feldplattenfühlern sind der Magnet und flußlenkende Teile zu einer Einheit zusammengefügt, so daß die Ansteuerung mit Eisenteilen oder kleinen Stiftmagneten erfolgen kann. Der Schwerpunkt der Anwendungen liegt bei den Feldplattenfühlern im Bereich der kontaktlosen und berührungslosen Schaltvorgänge, insbesondere als Drehzahlgeber, Positionsgeber sowie Funktionsgeber.

Feldplatten auf Eisensubstrat werden in Verbindung mit einer Folgeelektronik zur kontaktlosen Signalgabe sowie zur potentialfreien Regelung in elektromagnetischen Kreisen eingesetzt.

##### 4.4.1. Drehzahlerfassung mit Feldplatten-Differential-Fühler

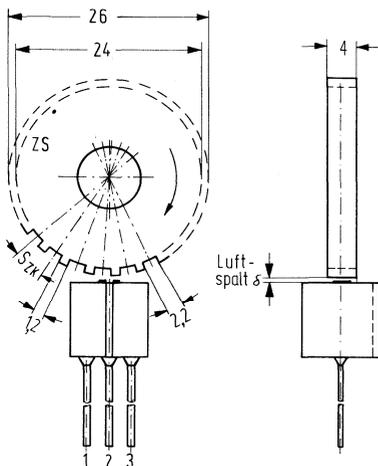
Die Feldplattenfühler FP 210 L 100 bzw. FP 212 L 100, FP 210 D 250 und FP 211 D 155 eignen sich besonders für die Drehzahlmessung rotierender Zahnräder. Interessant ist dabei die Möglichkeit, auch noch bei niedrigsten Drehzahlen fehlerfrei zu messen, da die Höhe der Ausgangsspannung von der Drehzahl unabhängig ist.

Für ein möglichst großes Ausgangssignal sollte das Zahnrad eine Zahnbreite von 1,2 mm und eine Lückenbreite von 2,2 mm aufweisen. Die Zahnhöhe sollte nicht weniger als 1 mm betragen.

Das Ausgangssignal ist annähernd sinusförmig, wobei der Klirrfaktor mit sinkendem Luftspalt anwächst. Die Tabelle enthält die Effektiv-Spannungen von Grund- und Oberwellen für verschiedene Luftspalte und 5 V Speisespannung für das oben empfohlene Zahnrad Abb. 64 bei Abfrage mit FP 210 L 100.

Luftspalt	Grundwelle		1. Oberwelle		2. Oberwelle	
	mV	%	mV	%	mV	%
0,02	540	100%	50	9,0%	30	5,6%
0,2	210	100%	7	3,3%	5	2,3%
0,4	100	100%	2	2,0%	1	1,0%
0,6	50	100%	0,7	1,5%	0,2	0,4%

Tab. 8:  
Verteilung von Grund- und Oberwellen für FP 210 L 100  
bei Ansteuerung mit Zahnrad



ZS Zahnscheibe  
 s<sub>ZK</sub> Zahnkopfteilung:  
 $s_{ZK} = 2s_{FP}$   
 δ Luftspalt

Abb. 64

#### 4.4.2. Drehsinnerfassung mit Feldplatten-Differential-Fühler

Bei Verwendung eines FP-Fühlers, z. B. FP 210 D 250, zur Erfassung der Drehrichtung eines Zahnrades ist ein unsymmetrisches Zahn-Zahn-lücke-Verhältnis Voraussetzung. Es werden folgende Abmessungen des Zahnrades empfohlen (Abb. 65).

Zahnhöhe  $h: \geq 1 \text{ mm};$  Zahnbreite  $b: 2 \text{ mm}$   
 Zahndicke  $d: \geq 3 \text{ mm};$  Zahn-lücke  $l: 6 \text{ mm}$

Der Luftspalt zwischen Zahnrad und Fühlerelement soll unter 0,5 mm liegen.

Die Hysterese des Schaltverstärkers wird so bemessen, daß der Ausgangsspannungsbereich des nicht angesteuerten Fühlers voll erfaßt wird:

Die Mittensymmetrie  $M = \frac{R_1 - R_2}{R_1}$  (wobei  $R_1 > R_2$ ) bei der

FP 210-/212-Serie beträgt weniger als 10%, so daß die Ausgangsspannung des nicht angesteuerten Fühlers zwischen 47,3% und 52,7% der Betriebsspannung liegt. Bei einer Speisespannung von 5 V soll daher der Hysteresebereich des Verstärkers von 2,36 bis 2,64 V gehen. Wählt man zur Sicherheit 2,32 und 2,68 V, so ergibt sich die in Abb. 66 skizzierte Schaltung.

Aus der Abfrage des Mittelwertes der Ausgangsspannung der Schaltstufe ergibt sich der Drehsinn des Zahnrades (Abb. 67).

Ein stark unsymmetrisches Zahn-Zahn-lücke-Verhältnis ergibt einen großen Unterschied der Mittelwerte der Ausgangsspannung bei Rechts- und Linksdrehung, erniedrigt aber die Folgefrequenz. Das Optimum liegt bei etwa 1 : 3, wobei die Hälfte der höchstmöglichen Frequenz abgegeben wird und die drehsinnabhängige Spannung bei 25% oder 75% des Ausgangsspannungshubes der Schaltstufe liegt.

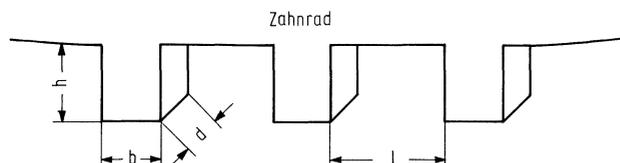


Abb. 65

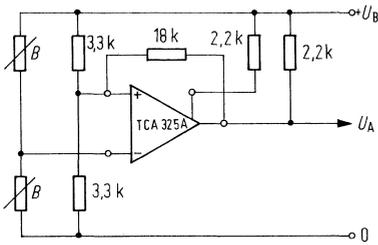


Abb. 66

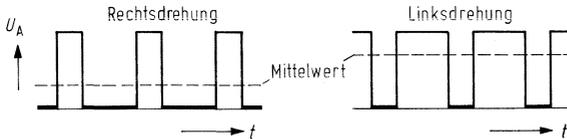


Abb. 67

#### 4.4.3. Ansteuern von Transistoren mit Feldplatten

Bei der Ansteuerung von Transistoren mit Feldplatten wird die Basis des Transistors an einen Spannungsteiler angeschlossen, in dessen einem Zweig die Feldplatte liegt. Durch Ausnutzung der Temperaturabhängigkeit der B-E-Spannung des Transistors und des Widerstands der Feldplatte kann eine Temperaturkompensation erreicht werden. Dazu legt man zweckmäßig nach Abb. 68 die Feldplatte in den emitterseitigen Zweig des Spannungsteilers für die Basis des Transistors. Da jedoch bei einer Temperaturänderung von + 25 auf

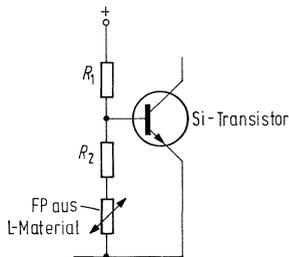


Abb. 68

+ 100 °C die Basis-Emitter-Spannung des Transistors auf 88% absinkt, der Widerstand einer Feldplatte aus L-Material bei einem Fluß von 0,1 T jedoch auf 78% des Werts bei 25 °C, wird in Reihe mit der Feldplatte der Widerstand  $R_2$  gelegt. Sein Wert sollte 83% des Widerstands der Feldplatte bei + 25 °C und 0 T betragen.  $R_1$  wird entsprechend der Betriebsspannung so bemessen, daß der Transistor bei nicht angesteuerter Feldplatte noch sicher gesperrt ist. Eine Er-

höhung des Flusses durch die Feldplatte auf 0,2 T schaltet dann im gesamten Temperaturbereich den Transistor durch.

#### 4.4.4. Berührungslose Geschwindigkeitsmessung von Rotations- und Linearbewegungen/Feldplatten-Wirbelstromtachometer

In der modernen Steuerungstechnik benötigt man für die Steuerung schneller mechanischer Einrichtungen die Geschwindigkeit und Beschleunigung der bewegten Teile als elektrische Signale. Der Einsatz von Feldplatten-Differentialfühlern erlaubt die berührungs- und damit verschleißfreie Messung dieser Größen.

Die Messung erfolgt nach dem Wirbelstromverfahren, bei dem eine im Magnetfeld bewegte, leitfähige Platte durch die fließenden Wirbelströme eine Verlagerung des Feldes bewirkt (Abb. 69). Die Feldverlagerung wird mit einem oder zwei Feldplatten-Differential-Fühlern gemessen und verzögerungsfrei in ein elektrisches Signal umgewandelt, das der Geschwindigkeit proportional ist. Die Beschleunigung läßt sich daraus leicht durch Differentiation bestimmen.

Der skizzierte Aufbau besteht aus zwei Feldplatten-Fühlern FP 212 L100, die durch einen Rückschluß zu einem magnetischen Kreis geschlossen sind. Zwischen den Fühlerköpfen bewegt sich eine elektrisch gut leitende Scheibe.

Die Feldplatten sind zu einer Vollbrücke verschaltet. Bei 5 Volt Betriebsspannung und einer Induktion von etwa 0,5 Tesla im Luftspalt wird eine Empfindlichkeit von rund  $16 \frac{\text{mV} \cdot \text{s}}{\text{m}}$  erreicht. Dies heißt, eine Geschwindigkeit von 1 m/s ergibt 16 mV Ausgangssignal.

Bei einer Alu-Scheibe von 70 mm Durchmesser erhält man demnach bei  $n = 3000 \text{ U/min}$  und  $U_B = 5 \text{ V}$  eine Signalspannung von  $U_A = 160 \text{ mV}$ .

Wenn man auf einen der Fühler verzichtet, beträgt die Signalspannung noch etwas weniger als die Hälfte.

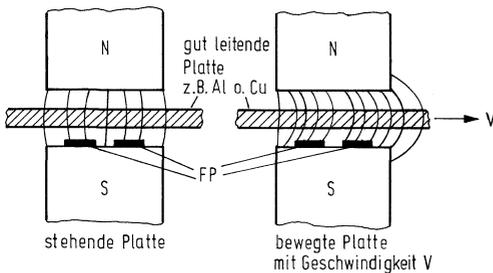


Abb. 69:  
**Geschwindigkeitsmessung mit Feldplatten.**  
Prinzipielle Anordnung und Feldverteilung

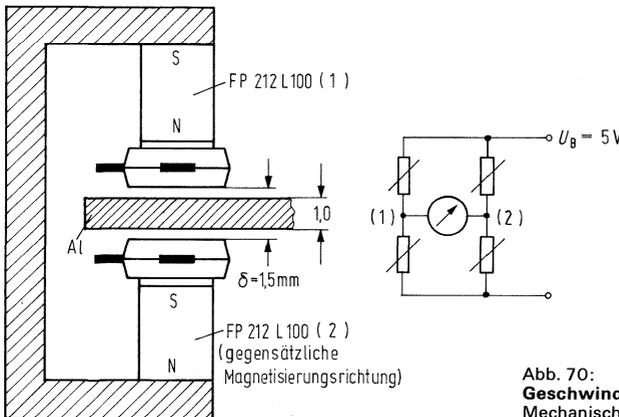


Abb. 70:  
**Geschwindigkeitsmessung mit 2x FP 212 L 100.**  
Mechanische und elektrische Anordnung

#### 4.4.5. Winkelschrittgeber mit Feldplatten-Differentialfühlern.

Die Eigenschaft der Feldplattenfühler, bei langsam bewegtem oder stehendem Zahnrad die volle Signalhöhe abzugeben, erlaubt ihren Einsatz als Winkelschrittgeber. Zu diesem Zweck werden 2 Differentialfühler so an einem Zahnrad angeordnet, daß ihre Ausgangssignale um  $90^\circ$  phasenverschoben sind (siehe Abb. 71). Die beiden sinusförmigen Ausgangssignale werden mit Operationsverstärkern in Rechtecksignale umgeformt und können dann mit der Schaltung nach Abb. 72 für einen inkrementalen Winkelschrittgeber ausgewertet werden.

Die Vorwärts-Rückwärts-Zähler FLJ 241 können in der vorgesehenen Weise in Reihe geschaltet werden, um eine mehrstellige Anzeige zu liefern.

Die Schaltung zählt bei jeder Zahnflanke um 1 weiter, ein 24zähniiges Rad liefert also 48 Zählungen pro Umdrehung.

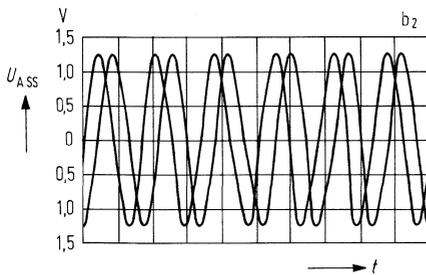
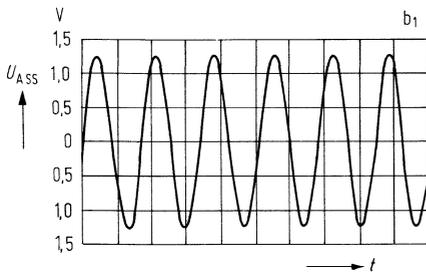
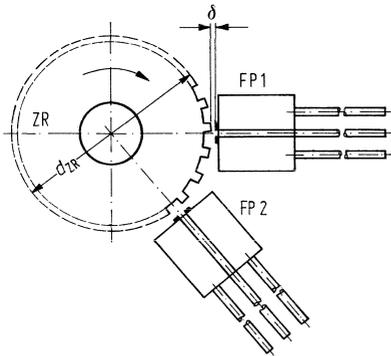


Abb. 71:  
**Feldplatten-Differentialfühler**  
als Drehzahlmesser, Stellungsgeber,  
Winkelschrittgeber

- a Aufbauschema  
 FP Feldplatten-Differentialfühler  
 ZR Steuerndes Zahnrad  
 ( $d_{ZR} = 26 \text{ mm}$ ; 24 Zähne)  
 $\delta$  Luftspalt 0,1 mm  
 $\curvearrowright$  Drehrichtung von ZR
- b Verlauf der Spannung  $U_A$  am  
 Feldplatten-Differentialfühler  
 b1 Mit einem Feldplatten-  
 Differentialfühler  
 b2 Mit zwei Feldplatten-  
 Differentialfühlern

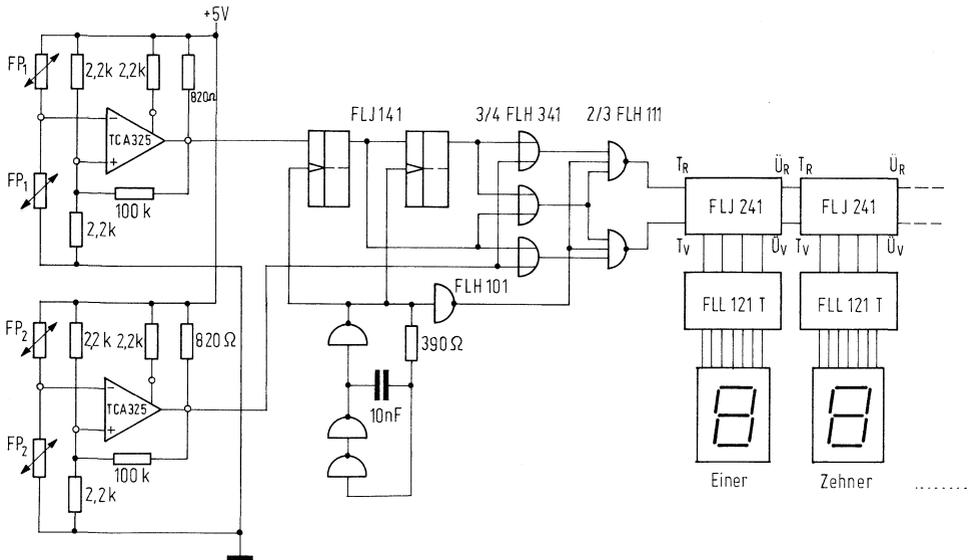


Abb. 72:  
Auswerte- und Anzeigeelektronik für inkrementalen Winkelschrittgeber

#### 4.4.6. Stellungsanzeige mit Feldplatten-Differential-Fühlern

In Verbindung mit einer hysteresebefahenen Schaltstufe kann mit einem Feldplattenfühler, z. B. FP 210 D 250, eine Stellungsanzeige aufgebaut werden. Als Anstereueinheit wird ein Weicheisenblech mit einer Breite von 2 mm benötigt. Der Luftspalt zwischen Fühlerelement und Weicheisen soll etwa 0,2 mm betragen (Abb. 73). Bei einer Bewegung des Blechs über den FP-Fühler ergibt sich der in Abb. 74 skizzierte Verlauf der Ausgangsspannung  $U_{FP}$ .

Bei einer Bewegung des Eisenteils nach rechts erhält man zunächst das Maximum, dann das Minimum der Ausgangsspannung, wenn Anschluß 1 an den Minuspol und Anschluß 3 an den Pluspol der Spannungsquelle angeschlossen sind (Abb. 75).

Für die Auswertung wird eine Schaltstufe verwendet, deren Hysteresebereich etwas größer bemessen ist als der Toleranzbereich der Mittensymmetrie des Feldplattenfühlers. Dadurch verharrt die Schaltstufe im Zustand des letzten Extremwerts beim Vorbeibewegen des Blechs.

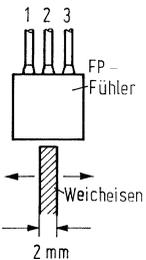


Abb. 73

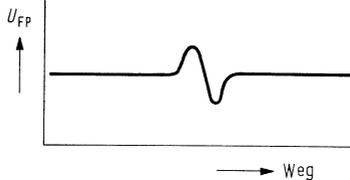


Abb. 74

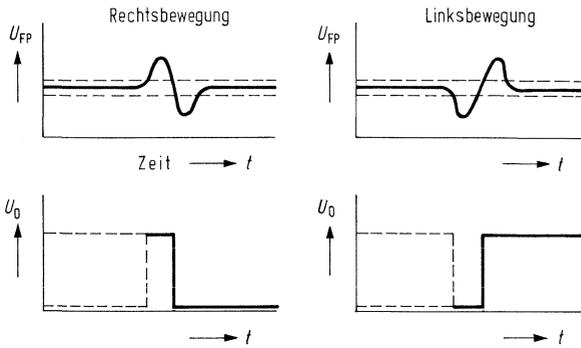


Abb. 75

Die Ausgangsspannung der Schaltstufe gibt dadurch stets die Lage des Weicheisenteils relativ zum Fühler an. Abb. 76 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schaltstufe zum Anschluß an 24 V, die Ströme bis zu 1 A schalten kann und dadurch für Relais und Magnetventile geeignet ist.

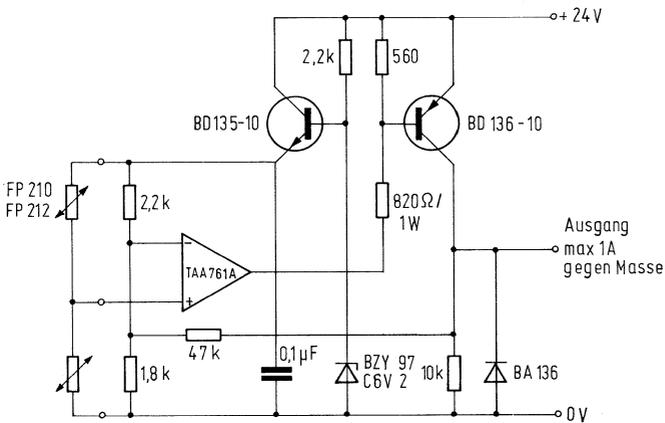


Abb. 76:  
Schaltstufe mit Hysterese

#### 4.5. Typenschlüssel z. B.: FP

FP	Feldplatte	30 L 100 E
30	Bauform, geometrische Abmessungen (s. Maßzeichnungen)	
L	Verwendeter Werkstoff, kennzeichnet Abhängigkeit des Widerstandes von der magnetischen Induktion und der Temperatur gemäß Abb. 46 und 54	
100	in Ohm angegebener Wert des Widerstandes $R_0$ ohne Magnetfeld bei 25 °C	
E	Trägermaterial	

#### 4.6. Einbauhinweise

##### a) für „Eisen“-Feldplatten

Diese Feldplatten können mit handelsüblichen Metallklebern (z. B. Ciba Kleber AY 103 und Härter HY 992) auf jede geschliffene Metallunterlage geklebt werden. Die Aushärtezeit beträgt etwa 4 Stunden bei 100 °C. Auf eine fettfreie Klebefläche ist zu achten.

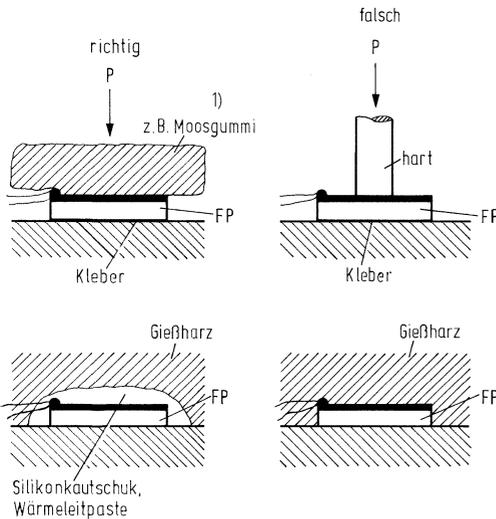
Ein Vergießen der Feldplatten mit der gleichen Kleber-Härter-Kombination ist ebenfalls möglich, wenn eine elastische Pufferschicht (z. B. Siliconkautschuk oder Wärmeleitpaste) die Aushärtekräfte aufnimmt. Dabei müssen die Oberfläche, auf der der Halbleiter sichtbar ist, und die Anschlüsse mit dieser Schutzmasse abgedeckt werden.

Feldplatten auf Eisenträger werden im Magnetfeld angezogen. Darum können besonders bei magnetischen Wechselfeldern mechanische Beanspruchungen auftreten, falls der „feste“ Einbau, wie oben angegeben, unterbleibt.

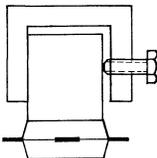
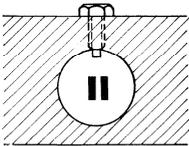
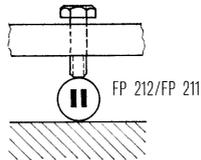
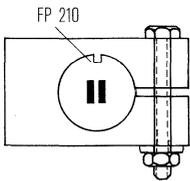
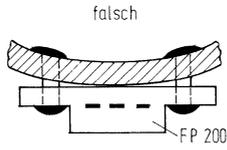
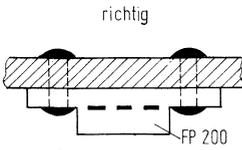
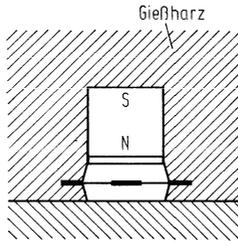
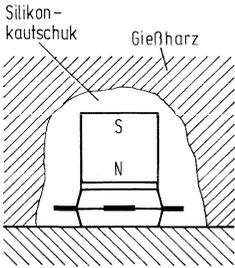
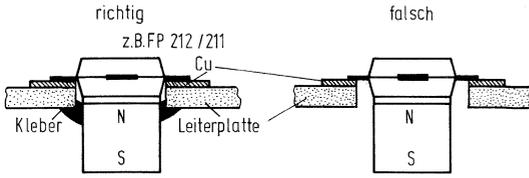
**b) für „Kunststoff“-Feldplatten**

Diese Feldplatten werden im Magnetfeld nicht angezogen. Sie können darum „fest“ wie auch „beweglich“ eingebaut werden. Alle kunststofffreundlichen Kleber sind geeignet, wenn die Klebefläche fettfrei ist. Eine geschliffene Metallunterlage ist nicht erforderlich. Der flexible Kunststoffträger darf im Bereich der „aktiven“ Fläche nicht gebogen werden, da sonst Haarrisse im System auftreten können, die eine einwandfreie Funktion der Feldplatte verhindern.

**Abb. 77:**  
**Fixieren der Feldplatte beim Kleben**



1) Bei Fixierung der Feldplatte mit Moosgummi soll die Temperatur zum Aushärten des Klebers nicht über 70 °C betragen. Nachhärten mit höherer Temperatur ohne Gummi möglich.





---

**Datenteil**

---



## 5.1. Angaben zur Qualität

1. Um die Qualität bei Halbleiterbauelementen zu kennzeichnen, wird folgendes angegeben:
  - 1.1. Grenzwerte sowie obere und untere Streuwerte der Kenngrößen,
  - 1.2. Maximale Anteile fehlerhafter Bauelemente, sogenannte AQL-Werte (annehmbare Qualitätslage), für die unter 1.1. genannten Werte. Bei der Beurteilung der Lieferqualität sind die Gesetze der Statistik zu berücksichtigen (siehe auch Punkt 4 dieses Abschnittes).
2. Fehler
 

Ein Fehler liegt vor, wenn ein Bauelementmerkmal nicht den Datenblattangaben entspricht. Die Fehler werden entweder nach Art oder nach Ausmaß eingeteilt:

  - 2.1. Einteilung nach Art der Fehler:
    - 2.1.1. Fehler an Gehäusen und Zuleitungen
    - 2.1.2. Fehler in elektrischen Eigenschaften
  - 2.2. Einteilung nach Ausmaß der Fehler:
    - 2.2.1. Totalfehler: Fehler, die jede funktionsgemäße Verwendung ausschließen
    - 2.2.2. Graduelle Fehler: Fehler, die eine funktionsgemäße Verwendung noch bedingt zulassen.
3. AQL-Werte, diese werden in den Datenblättern mit einem Stern(\*) gekennzeichnet. Die für die verschiedenen Fehler gültigen AQL-Werte sind in der unten angegebenen Tabelle aufgeführt.  
Fehler bezüglich oberer oder unterer Streuwerte zählen getrennt.

Fehler	AQL-Wert	Bemerkungen
3.1. Fehler an Gehäusen und Zuleitungen		
3.1.1. Totalfehler	0,25%	} Summe der Fehler
3.1.2. Graduelle Fehler	2,5 %	
3.2. Fehler der elektronischen Eigenschaften		
3.2.1. Totalfehler	0,25%	Summe aller Fehler
3.2.2. Graduelle Fehler bei Kenngrößen mit *	0,65% 2,5 %	für jeden Fehler Summe aller Fehler
bei Kenngrößen ohne *	Die Streuwerte dieser Kenngrößen werden so angegeben, daß etwa 2,5% des Produktes oberhalb bzw. unterhalb liegen können.	

### 4. Eingangskontrolle

Die vom Hersteller durchgeführten Kontrollen sollen eine Eingangskontrolle beim Anwender unnötig machen. Will der Anwender dennoch eine Eingangskontrolle vornehmen, so wird die Verwendung eines Stichprobenplanes nach folgenden Vorschriften empfohlen:

VG 95 082 und 95 083 sowie ABC STD 105

ASQ-Stichproben-Tabellen zur Attributprüfung ASQ/AWF 1

(zu beziehen durch Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin W 15 und Köln).

## 5.2. Hallgeneratoren – Typenübersicht

## 5.2.1. Meßhallgeneratoren

Typ	Material	Leerlaufempfindlichkeit bezogen auf 1 T $K_{Bo}$ (V/A·T)	Leerlaufhallspannung bei $I_n$ und 1 T $U_{20}$ (mV)	Nullspannung $R_o$ (mV/A)	Steuerstrom Nennwert $I_n$ (mA)	Innenwiderstand steuerseit. $R_{10}$ ( $\Omega$ )	Seite
EA 218	InAs	$\geq 0,85$	$\geq 85$	$< 5$	100	3	86
FA 22e	InAs	$\geq 0,8$	$\geq 120$	$< 2$	150	2	86
FA 24	InAs	$\geq 0,75$	$\geq 300$	$< 2,5$	400	1,4	88
FC 32	InAsP	$\geq 1,3$	$\geq 130$	$< 1,5$	100	6,5	89
FC 33	InAsP	$\geq 1,45$	$\geq 145$	$< 1$	100	5	89
FC 34	InAsP	$\geq 1,45$	$\geq 290$	$< 1$	200	5	89
RHY 19	InAs	$\geq 1,5$	$\geq 120$	$< 3$	80	3,5	91
SBV 525	InAs	$\geq 0,97$	$\geq 97$	$< 2,5$	100	2,2	91
SBV 579	InAs	$\geq 1,1$	$\geq 110$	$< 1$	100	1,8	93
SBV 599	InAs	$\geq 5$	$\geq 250$	$< 1$	50	8	94
SV 110 II	InSb	ca. $100^3$ )	$\geq 1000$	$< 667$	15	500	95
SV 110 III	InSb	ca. $50^3$ )	$\geq 800$	$< 400$	25	200	95
SV 200 I	InAs	$\geq 3$	$\geq 100$	$< 88$	40	20	97
SV 200 II	InAs	$\geq 6$	$\geq 150$	$< 167$	30	35	97
SV 200 III	InAs	$\geq 10$	$\geq 200$	$< 300$	20	60	97
SV 210	InAs	$\geq 6^3$ )	$\geq 300$	$< 33$	60	30	99
SV 230 S	InAs	$\geq 6,5^3$ )	$\geq 650$	$< 100$	100	30	99
TC 21	InAs	$\geq 0,60$	$\geq 90$	$< 2$	150	1,2	102
RHY 10	InAs	$\geq 0,7$	$\geq 70$	$< 2,5$	100	2	103
RHY 11	InAs	$\geq 0,7$	$\geq 105$	$< 2$	150	3	103
■ SBV 552	InAs	$\geq 0,5$	$\geq 50$	$< 1$	100	1,5	104
RHY 17	InAs	$\geq 6^3$ )	$\geq 300$	$< 33,3$	60	30	105
RHY 18	InAs	$\geq 6^3$ )	$\geq 150$	$< 57,1$	35	30	105
RHY 18 – S1	InAs	$\geq 3^3$ )	$\geq 25$	$< 1000$	10	40	107

Betriebstemperaturbereich  $-20^\circ\text{C}$  bis  $+90^\circ\text{C}$  falls keine anderen Werte im Datenblatt angegeben.

SV 200 auch mit Anschlußfahnen und als Chip lieferbar

■ Nicht für Neuentwicklung

## 5.2.2. Ferrithallgeneratoren und Signalhallgeneratoren

Typ	Material	Leerlaufempfindlichkeit bezogen auf 1 T $K_{B0}$ (V/A · T)	Leerlaufhallspannung bei $I_{1n}$ und 1 T $U_{20}$ (mV)	Nullspannung $R_0$ (mV/A)	Steuerstrom Nennwert $I_{1n}$ (mA)	Innenwiderstand steuerseit. $R_{10}$ ( $\Omega$ )	Seite
RHY 15	InSb	–	$\geq 120^1$ )	< 10	50	30	108
RHY 15 R <sup>4)</sup>	InSb	–	$\geq 120^1$ )	< 10	50	30	108
RHY 20	InSb	–	$\geq 120^1$ )	< 10	50	30	108
SBV 566	InSb	–	$\geq 130^6$ )	< 1000	35	30	111
SBV 570	InSb	$\geq 10$	$\geq 250^5$ )	< 1000	25	25	113
KSM 2	InSb	–	$\geq 120^1$ )	< 200	50	30	114

## 5.2.3. Hallgenerator-Baugruppen

■ MB 26/EI 38	InAs	–	$\geq 160$		400	2	115
■ RMY 10	InAs	–	$\geq 200$		500	2	115
■ SBV 536	InSb	–	> 0,3 <sup>2)</sup>	< 200	50	30	118

<sup>1)</sup> Bei einem Sondenfluß von  $2 \cdot 10^{-7}$  Wb (Wb = Weber)

<sup>2)</sup> Beim Abtasten einer Aufzeichnung: Frequenz 1 kHz; Spurbreite 1,5 mm, 38,1 cm/s Bandgeschwindigkeit

<sup>3)</sup> Bezogen auf  $B = 0,5$  T (1 T = 1 Tesla =  $10^4$  Gauß)

<sup>4)</sup> Remanenzverhalten, Remanenzhallspannung  $\geq 40$  mV

<sup>5)</sup> Steuerfeld = 0,2 T

<sup>6)</sup> Bei  $I_{1-2}$  10 mA und Verwendung wie in Abb. Seite 144

■ Nicht für Neuentwicklung

# Einbausonde Feldsonde

EA 218  
FA 22e

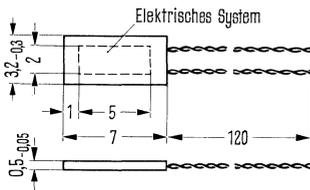
EA 218 und 22e sind Hallgeneratoren zur Messung von Gleich- und Wechselfeldern (Halbleitermaterial InAs).

**EA 218** Hallspannungsanschlüsse: rot/gelb, Steuerstromanschlüsse: grün/violett. (Beim Einbau ist die Oberseite [Elektrodensitz] zu isolieren.)

**FA 22e** Hallspannungsanschlüsse: blauer Schlauch, Steuerstromanschlüsse: roter Schlauch, Drahtlänge: 120 mm, Schlauchlänge: 100 mm. (Die vorderen 10 mm des Systems dürfen weder auf Druck noch auf Biegung beansprucht werden.)

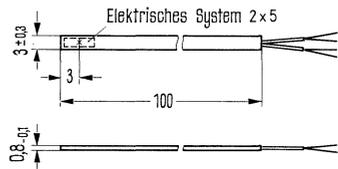
Typ	Bestellnummer
EA 218	Q64001-E218
FA 22e	Q64001-F.22-E

## EA 218



Gewicht etwa 0,3 g      Maße in mm

## FA 22e



Gewicht etwa 0,4 g      Maße in mm

## Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom in ruhender Luft  
Wärmeleitwert zwischen Halbleiterschicht  
und Außenseite des Mantels (beidseitig)  
Betriebstemperatur  
Lagertemperatur

	EA 218	FA 22e	
$i_{1M}$	150	200	mA
$G_{thG}$	ca. 20	ca. 20	mW/K
$T$	-20 bis +90		°C
$T_S$	-50 bis +100		°C

<b>Kenndaten</b> ( $T_U = 25\text{ °C}$ )		<b>EA 218</b>	<b>FA 22e</b>	
Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft	$I_{1n}$	100	150	mA
Leerlaufhallspannung bei $I_{1n}$ ; $B = 1\text{ Tesla}^2$ )	$U_{20}$	$\geq 85$	$\geq 120$	mV
Abschlußwiderstand für lineare Anpassung für den Feldbereich 0–1 T	$R_{LL}$	5 bis 20 <sup>1)</sup>	ca. 8	$\Omega$
Linearisierungsfehler bei Abschluß mit $R_{LL}$ (bezogen auf 1 T)	$F_{LL}$	$< 1$	$< 1$	%
Leerlaufempfindlichkeit (bezogen auf 1 T)	$K_{B0}$	$\geq 0,85$	$\geq 0,8$	V/AT
Mittlere Empfindlichkeit bei Abschluß mit $R_{LL}$ (in % v. $K_{B0}$ bezogen auf 1 T)	$K_{BL}$	ca. 70	ca. 65	%
Steuerseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$ (einschließlich Zuleitungswiderstand)	$R_{10}$	ca. 3	ca. 2	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$ (einschließlich Zuleitungswiderstand)	$R_{20}$	ca. 1,5	ca. 1,5	$\Omega$
Ohmsche Nullkomponente	$R_0$	$< 0,005$	$< 0,002$	V/A
Induktive Nullkomponente	$A_2$	$< 0,05$	$< 0,05$	cm <sup>2</sup>
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen $-20$ und $+90\text{ °C}$	$\beta$	ca. $-0,1$	ca. $-0,1$	%/°C
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $R_{10}$ und $R_{20}$ zwischen $-20$ und $+90\text{ °C}$	$\alpha$	ca. 0,2	ca. 0,2	%/°C

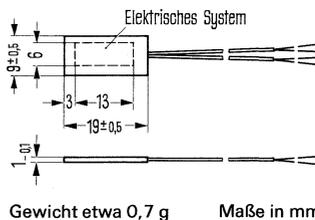
<sup>1)</sup> genauer Widerstandswert ist auf der Verpackung angegeben

<sup>2)</sup> T = Tesla =  $10^4$  Gauß

Die Feldsonde FA 24 eignet sich zur Ausmessung von Gleich- und Wechselfeldern (Halbleitermaterial InAs).

Hallspannungsanschlüsse: blauer Schlauch, Steuerstromanschlüsse: roter Schlauch, Drahtlänge: 120 mm, Schlauchlänge: 100 mm.

Typ	Bestellnummer
FA 24	Q64001-F24



**Grenzdaten**

Maximal zulässiger Steuerstrom in ruhender Luft  
 Wärmeleitwert zwischen Halbleiterschicht und Außenseite des Mantels (beidseitig)  
 Betriebstemperatur  
 Lagertemperatur

$i_{1M}$	500	mA
$G_{thG}$	ca. 80	mW/K
$T$	-20 bis +90	°C
$T_S$	-50 bis +100	°C

**Kenndaten** ( $T_U = 25\text{ °C}$ )

Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft  
 Leerlaufhallspannung bei  $I_{1n}; B = 1$  Tesla  
 Abschlußwiderstand für lineare Anpassung für den Feldbereich 0-1 T  
 Linearisierungsfehler bei Abschluß mit  $R_{LL}$  (bezogen auf 1 T)  
 Leerlaufempfindlichkeit (bezogen auf 1 T)  
 Mittlere Empfindlichkeit bei Abschluß mit  $R_{LL}$  (in % v.  $K_{B0}$ , bezogen auf 1 T)  
 Steuerseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$  (einschließlich Zuleitungswiderstand)  
 Hallseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$  (einschließlich Zuleitungswiderstand)  
 Ohmsche Nullkomponente  
 Induktive Nullkomponente  
 Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$  zwischen -20 und +90 °C  
 Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$  und  $R_{20}$  zwischen -20 und +90 °C

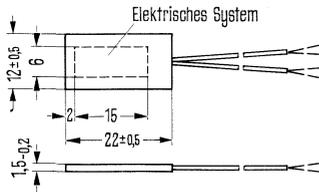
$I_{1n}$	400	mA
$U_{20}$	$\geq 300$	mV
$R_{LL}$	ca. 7	$\Omega$
$F_{LL}$	< 1	%
$K_{B0}$	$\geq 0,75$	V/AT
$K_{BL}$	ca. 75	%
$R_{10}$	ca. 1,4	$\Omega$
$R_{20}$	ca. 1,1	$\Omega$
$R_o$	$< 2,5 \cdot 10^{-3}$	V/A
$A_2$	< 0,05	cm <sup>2</sup>
$\beta$	ca. -0,07	%/°C
$\alpha$	ca. 0,2	%/°C

Die Sonden FC 32, FC 33 und FC 34 sind für hochgenaue Messungen magnetischer Felder vorgesehen. Der Temperaturkoeffizient  $\beta$  ist besonders klein. (Halbleitermaterial InAsP).

Typ	Bestellnummer
FC 32	Q64003-F32
FC 33	Q64003-F33
FC 34	Q64003-F34

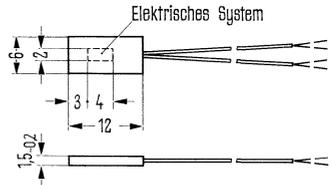
Hallspannungsanschlüsse: blauer Schlauch,  
Steuerstromanschlüsse: roter Schlauch,  
Drahtlänge: 120 mm, Schlauchlänge: 100 mm.

**FC 34**



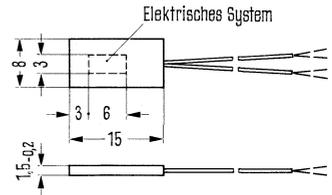
Gewicht etwa 1,3 g

**FC 32**



Gewicht etwa 0,4 g

**FC 33**



Gewicht etwa 0,5 g      Maße in mm

## Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom in ruhender Luft  
Wärmeleitwert zwischen Halbleiterschicht  
und Außenseite des Mantels (beidseitig)  
Betriebstemperatur  
Lagertemperatur

	FC 32	FC 33	FC 34	
$i_{1M}$	125	125	250	mA
$G_{thG}$	ca. 17	ca. 25	ca. 50	mW/K
$T$	-20 bis +65			°C
$T_S$	-50 bis +100			°C

Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )		FC 32	FC 33	FC 34	
Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft	$I_{1n}$	100	100	200	mA
Leerlaufhallspannung bei $I_{1n}$ ; $B = 1\text{ T}^1$ )	$U_{20}$	$\geq 130$	$\geq 145$	$\geq 290$	mV
Abschlußwiderstand für lineare Anpassung (für den Feldbereich 0–1 Tesla)	$R_{LL}$	ca. 13	ca. 15	ca. 25	$\Omega$
Linearisierungsfehler bei Abschluß mit $R_{LL}$ bezogen auf 11)	$F_{LL}$	$< 0,2$	$< 0,2$	$< 0,2$	%
Leerlaufempfindlichkeit (bezogen auf 1 T)	$K_{BO}$	$\geq 1,30$	$\geq 1,45$	$\geq 1,45$	V/AT
Mittlere Empfindlichkeit bei Abschluß mit $R_{LL}$ (in % v. $K_{BO}$ bezogen auf 1 T)	$K_{BL}$	ca. 70	ca. 75	ca. 85	%
Steuerseitiger Innenwiderst. b. $B = 0$ (einschl. Zuleitungswiderstand)	$R_{10}$	ca. 6,5	ca. 5	ca. 5	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderst. bei $B = 0$ (einschl. Zuleitungswiderstand)	$R_{20}$	ca. 2,4	ca. 3	ca. 3	$\Omega$
Ohmsche Nullkomponente	$R_0$	$< 1,5 \cdot 10^{-3}$	$< 1,0 \cdot 10^{-3}$	$< 1,0 \cdot 10^{-3}$	V/A
Induktive Nullkomponente	$A_2$	$< 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$	cm <sup>2</sup>
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen $-20$ und $+65\text{ °C}$	$\beta$	ca. $-0,06$	ca. $-0,04$	ca. $-0,04$	%/°C
Mittl. Temperaturkoeffizient v. $R_{10}$ und $R_{20}$ zwischen $-20$ und $+65\text{ °C}$	$\alpha$	ca. 0,2	ca. 0,2	ca. 0,2	%/°C

<sup>1)</sup> 1 T =  $10^4$  Gauß

RHY 19 und SBV 525 sind Hallgeneratoren zur Messung von magnetischen Feldern in kleinen Luftspalten. (Halbleitermaterial InAs)

Hallspannungsanschlüsse: blauer Schlauch; Steueranschlüsse: roter Schlauch.

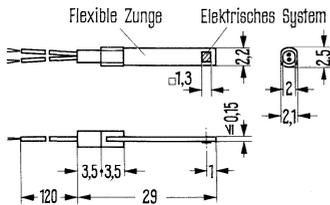
RHY 19 Drahtlänge: 150 mm; Schlauchlänge: 120 mm.

SBV 525 Drahtlänge: 130 mm; Schlauchlänge: 100 mm.

Elektrisches System und Anschlüsse mit Lackisolation.

Typ	Bestellnummer
RHY 19	Q61708-Y19
SBV 525	Q64099-V525

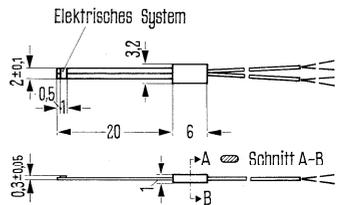
### RHY 19



Gewicht etwa 0,3 g

Maße in mm

### SBV 525



Gewicht etwa 0,2 g

Maße in mm

### Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom in

ruhender Luft

Betriebstemperatur

Lagertemperatur

	RHY 19	SBV 525	
$I_{1M}$	125	125	mA
$T$	-20 bis +90		°C
$T_s$	-50 bis +100		°C

## Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )

Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft

Leerlaufspannung bei  $I_{1n}$ ;  $B = 1$  Tesla

Abschlußwiderstand für lineare

Anpassung für den Feldbereich 0–1 T

Linearisierungsfehler bei Abschluß mit  $R_{LL}$

(bezogen auf 1 T)

Leerlaufempfindlichkeit

(bezogen auf 1 T)

Mittlere Empfindlichkeit bei Abschluß

mit  $R_{LL}$  (in % v.  $K_{B0}$  bezogen auf 1 T)

Steuerseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$

(einschl.  $0,5\ \Omega$  Zuleitungswiderstand)

Hallseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$

(einschl.  $0,5\ \Omega$  Zuleitungswiderstand)

Ohmsche Nullkomponente

Induktive Nullkomponente

Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$

zwischen  $-20$  und  $+90\text{ °C}$

Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$

und  $R_{20}$  zwischen  $-20$  und  $+90\text{ °C}$

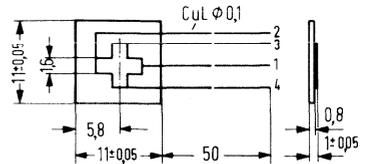
	RHY 19	SBV 525	
$I_{1n}$	80	100	mA
$U_{20n}$	$\geq 120$	$\geq 97$	mV
$R_{LL}$	$\geq 100$	3 bis $20^1$ )	$\Omega$
$F_{LL}$	$< 0,5$	$< 1$	%
$K_{B0}$	$\geq 1,5$	$\geq 0,97$	V/AT
$K_{BL}$	ca. 90	ca. 70	%
$R_{10}$	ca. 3,5	ca. 2,2	$\Omega$
$R_{20}$	ca. 3,5	ca. 1,8	$\Omega$
$R_0$	$< 3 \cdot 10^{-3}$	$< 2,5 \cdot 10^{-3}$	V/A
$A_2$	$< 0,05$	$< 0,05$	cm <sup>2</sup>
$\beta$	ca. $-0,1$	ca. $-0,1$	%/°C
$\alpha$	ca. 0,2	ca. 0,2	%/°C

<sup>1)</sup> genauer Widerstandswert auf der Verpackung angegeben.

Die Feldsonde SBV 579 ist nur für die Messung magnetischer Gleichfelder geeignet. Das kreuzförmige Hallplättchen gewährleistet einen besonders kleinen Linearisierungsfehler (Halbleitermaterial InAs). Elektrisches System ist mit einem Schutzlacküberzug versehen.

Typ	Bestellnummer
SBV 579	Q64099-V579

Steuerstromanschlüsse: 1,2  
 Hallspannungsanschlüsse: 3,4  
 Drahtlänge: 50 mm



### Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom bei Betrieb in ruhender Luft

$I_{1M}$	200	mA
----------	-----	----

Wärmeleitwert zwischen Halbleiterschicht und Grundplatte

$G_{thG}$	ca. 65	mW/K
-----------	--------	------

Betriebstemperatur

$T$	-20 bis +80	°C
-----	-------------	----

Lagertemperatur

$T_S$	-50 bis +100	°C
-------	--------------	----

### Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )

Nennwert des Steuerstromes (frei in Luft)

$I_{1n}$	100	mA
----------	-----	----

Leerlaufhallspannung bei  $i_{1n}$  und  $B = 1\text{ T}$

$U_{20}$	$\geq 110$	mV
----------	------------	----

Steuerseitiger Innenwiderstand

$R_{10}$	ca. 1,8	$\Omega$
----------	---------	----------

Hallseitiger Innenwiderstand

$R_{20}$	ca. 1,8	$\Omega$
----------	---------	----------

Abschlußwiderstand für lineare Anpassung (für Feldbereich 0–1 T)

$R_{LL}$	ca. 250	$\Omega$
----------	---------	----------

Linearisierungsfehler bei Abschluß mit  $R_{LL}$  (bezogen auf 1 T)

$F_{LL}$	< 0,5	%
----------	-------	---

Leerlaufempfindlichkeit (bezogen auf 1 T)

$K_{B0}$	> 1,1	V/AT
----------	-------	------

Ohmsche Nullkomponente

$R_0$	< $10^{-3}$	V/A
-------	-------------	-----

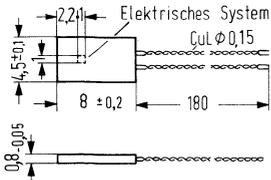
Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$  zwischen 0 °C und 100 °C

$\beta$	ca. 0,05	%/°C
---------	----------	------

Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$  und  $R_{20}$  zwischen 0 °C und 100 °C

$\alpha$	ca. 0,2	%/°C
----------	---------	------

Die Feldsonde SBV 599 eignet sich zur nahezu punktförmigen Ausmessung magnetischer Gleich- und Wechselfelder (Halbleitermaterial: InAs).



Steuerstromanschlüsse: grün/braun  
Hallspannungsanschlüsse: rot/gelb

Drahtlänge 180 mm  
Gewicht 0,3 g  
Maße in mm

**Grenzdaten**

Maximal zulässiger Steuerstrom bei Betrieb in ruhender Luft  
Wärmeleitwert zwischen Halbleiterschicht und Grundplatte  
Betriebstemperatur  
Lagertemperatur

$I_{1M}$	100	mA
$G_{thG}$	ca. 65	mW/K
$T$	-20 bis +80	°C
$T_S$	-50 bis +100	°C

**Kenndaten** ( $T_U = 25\text{ °C}$ )

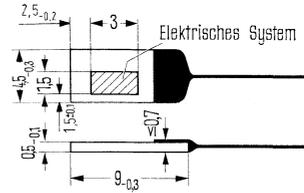
Nennwert des Steuerstromes (frei in Luft)  
Leerlaufhallspannung bei  $I_{1n}$  und  $B = 1\text{ T}$   
Steuerseitiger Innenwiderstand  
Hallseitiger Innenwiderstand  
Abschlußwiderstand für lineare Anpassung (für Feldbereich 0–1 T)  
Linearisierungsfehler bei Abschluß mit  $R_{LL}$  (bezogen auf 1 T)  
Leerlaufempfindlichkeit (bezogen auf 1 T)  
Ohmsche Nullkomponente  
Induktive Nullkomponente  
Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$  zwischen 0 °C und 100 °C  
Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$  und  $R_{20}$  zwischen 0 °C und 100 °C  
Temperaturgang der ohmschen Nullkomponente bei  $i_{1n}$  zwischen -20 °C und 80 °C

$I_{1n}$	50	mA
$U_{20}$	$\geq 250$	mV
$R_{10}$	ca. 8	$\Omega$
$R_{20}$	ca. 8	$\Omega$
$R_{LL}$	$\geq 2$	k $\Omega$
$F_{LL}$	< 0,5	%
$K_{BO}$	> 5	V/AT
$R_0$	< $10^{-3}$	V/A
$A_2$	< 0,03	cm <sup>2</sup>
$\beta$	ca. 0,07	%/K
$\alpha$	ca. 0,2	%/K
	< $\pm 1,5$	$\mu\text{V/K}$

Der SV 110 ist ein Hallgenerator hoher Empfindlichkeit und relativ hohen Innenwiderstandes für Regel- und Steueraufgaben. (Halbleitermaterial InSb – Aufdampfschicht.)

Anschlüsse: Hallspannung rot; Steuerstrom grün; Drahtlänge 100 mm.

Typ	Bestellnummer
SV 110/II	Q64021-S110-S2
SV 110/III	Q64021-S110-S3



Gewicht etwa 0,1 g

Maße in mm

## Grenzdaten

Maximal zul. Steuerstrom bei Betrieb in Luft  
Betriebstemperatur

	SV 110/II	SV 110/III	
$I_{1M}$	30	50	mA
$T$	-70 bis +80		°C

## Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )

Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb  
in Luft

Leerlaufhallspannung bei  $B = 1$  Tesla und  $I_{1n}$

Leerlaufempfindlichkeit bezogen auf  $B = 0,5$  T

Steuerseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$

Hallseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$

Ohmsche Nullspannung bei  $I_{1n}$

Induktive Nullkomponente

Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$

zwischen 0 und 50 °C

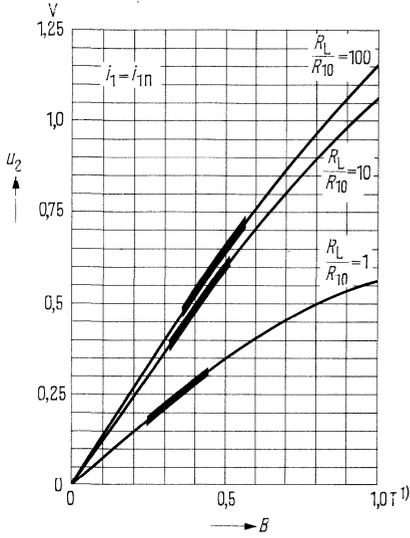
Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$

zwischen 0 und 50 °C

$I_{1n}$	15	25	mA
$U_{20}$	$\geq 1,0$	$\geq 0,8$	V
$K_{B0}$	ca. 100	ca. 50	V/AT
$R_{10}$	ca. 500	ca. 200	$\Omega$
$R_{20}$	$\leq R_{10}$	$\leq R_{10}$	$\Omega$
$U_{2RO}$	$\leq 10$	$\leq 10$	mV
$A_2$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$	cm <sup>2</sup>
$\beta$	ca. -1,0	ca. -1,0	%/°C
$\alpha$	ca. -1,5	ca. -1,5	%/°C

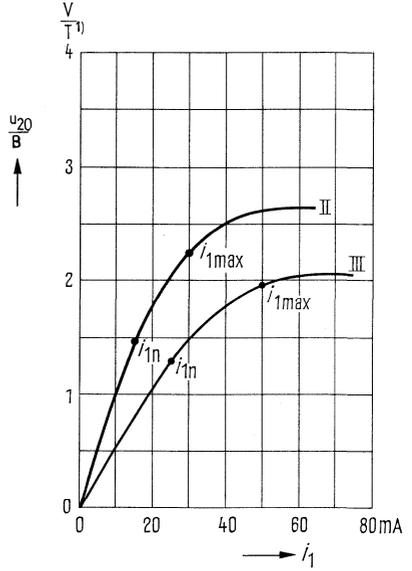
**Hallspannung**

$U_2 = f(B)$ ;  $R_L/R_{10}$  = Parameter  
 Stark betonter Kurvenbereich:  
 Ende des linearen Bereiches:  
 unterhalb  $\leq 1\%$  Linearitätsfehler



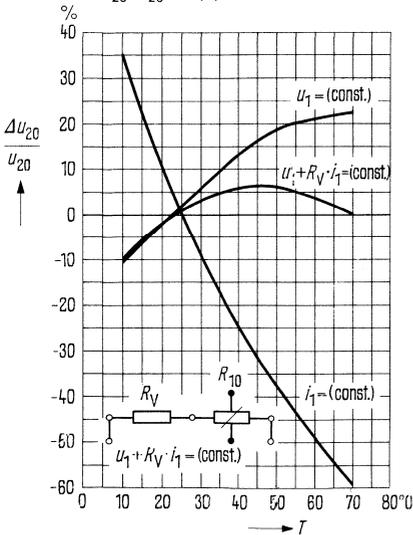
**Empfindlichkeitskurve**

$U_{20}/B = f(i_1)$



**Temperaturabhängigkeit**

der Hallspannung  
 $\Delta U_{20}/U_{20} = f(T)$



**Der optimale Vorwiderstand  $R_V$**   
 kann aus den individuellen  
 Daten nach:

$$R_V = \frac{R_{10} (\alpha - \beta)}{\beta} \text{ errechnet werden}$$

<sup>1)</sup> T = Tesla, 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

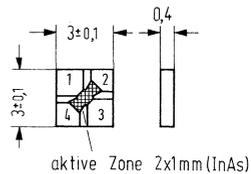
Der Hallgenerator SV 200 besitzt eine mittlere Empfindlichkeit bei relativ kleinem Temperaturkoeffizienten.

Im linearen Bereich ist er u.a. als Multiplikator zu verwenden. Er eignet sich auch für Regel- und Steueraufgaben. Ein wesentlicher Vorteil sind hierbei die drei verfügbaren Ausführungsformen. (Halbleitermaterial InAs – Aufdampfschicht).

### A. Hallchip (durch Thermokompression kontaktierbar).

Typ	Bestellnummer
SV 200/I	Q62801–F1
SV 200/II	Q62801–F2
SV 200/III	Q62801–F3

Hallspannung: Kontakte 1,3  
Steuerstrom: Kontakte 2,4

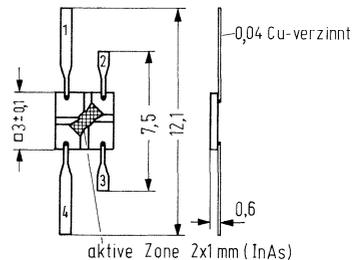


Maße in mm

### B. mit Lötflächen

Typ	Bestellnummer
SV 200/I	Q64021–S200–S7
SV 200/II	Q64021–S200–S8
SV 200/III	Q64021–S200–S9

Hallspannung: Lötfläche 1,3  
Steuerstrom: Lötfläche 2,4



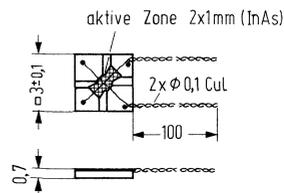
Maße in mm

### C. mit Anschlußdrähten

Typ	Bestellnummer
SV 200/I	Q64021–S200–S4
SV 200/II	Q64021–S200–S5
SV 200/III	Q64021–S200–S6

Drähte: Cu-Lackdraht 0,1  $\phi$   
100 mm lang

Hallspannung: rot/gelb  
Steuerstrom: grün/blau



Maße in mm

**Grenzdaten**

Maximal zulässiger Steuerstrom bei Betrieb in Luft  
Betriebstemperatur

	SV 200/I	SV 200/II	SV 200/III	
$I_{1m}$	80	60	40	mA
$T$		-55 bis +100		°C

**Kenndaten**

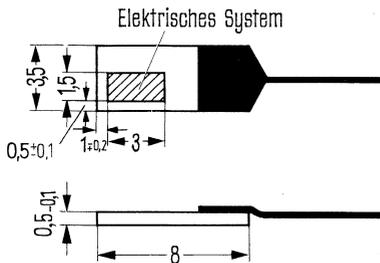
Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft  
Leerlaufhallspannung bei  $I_{1n}$  und  $B = 1$  T

$I_{1n}$	40	30	20	mA	
$U_{20}$	$\geq 100$	$\geq 150$	$\geq 200$	mV	
Leerlaufempfindlichkeit (bezogen auf $B = 0,5$ T)	$K_0$	$\geq 3,0$	$\geq 6,0$	$\geq 10$	V/AT
Steuserseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$	$R_{10}$	ca. 20	ca. 35	ca. 60	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$	$R_{20}$	$\leq R_{10} \cdot 2$	$\leq R_{10} \cdot 2$	$\leq R_{10} \cdot 2$	$\Omega$
Ohmsche Nullspannung bei $i_{1n}$	$U_{2RO}$	$\leq 3,5$	$\leq 5$	$\leq 6$	mV
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen 0 und +100°C	$\beta$	-0,1	-0,1	-0,1	%/K
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $R_{10}$ zwischen 0 und 100°C	$\alpha$	0,1	0,1	0,1	%/K
Temperaturgang der Nullspannung zwischen 0 und 100°C		$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\mu$ V/K
Induktive Nullkomponente (bei Ausführungsform C)	$A_2$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	cm <sup>2</sup>

Hallgeneratoren mittlerer Empfindlichkeit bei relativ kleinem Temperaturkoeffizienten. Im linearen Bereich u. a. als Multiplikator zu verwenden; „außerhalb“ für Regel- und Steueraufgaben (Halbleitermaterial InAs – Aufdampfschicht).

Typ	Bestellnummer
SV 210	Q64021-S210
SV 230 S	Q64021-S230-S

### SV 210

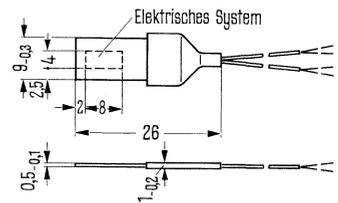


Gewicht etwa 0,1 g

Maße in mm

### symmetrisches System

### SV 230 S



Gewicht etwa 1 g

Maße in mm

Hallspannungsanschluß roter und gelber Draht, Steuerstromanschluß grüner und blauer Draht, Drahtlänge 100 mm

Hallspannungsanschlüsse: blauer Schlauch  
Steuerstromanschlüsse: roter Schlauch  
Drahtlänge: 110 mm  
Schlauchlänge: 100 mm

### Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom bei Betrieb in Luft  
Betriebstemperatur

	SV 210	SV 230 S	
$I_{1M}$	110	200	
$T$	-70 bis +100	-40 bis +100	°C

### Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )

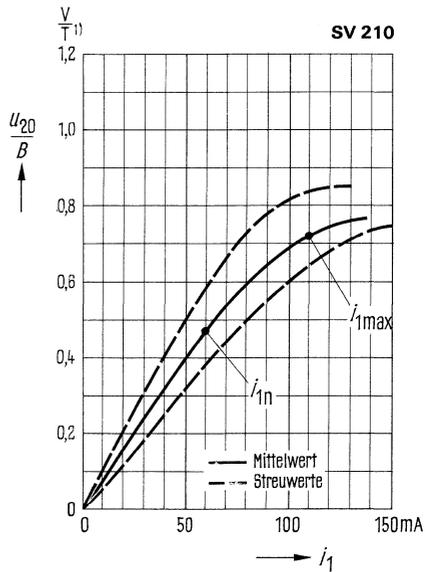
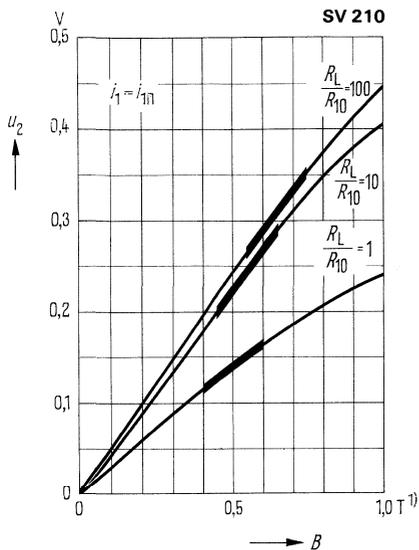
Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft<sup>1)</sup>  
Leerlaufhallspannung bei  $I_{1n}$ ;  $B = 1$  Tesla  
Leerlaufempfindlichkeit bezogen auf  $B = 0,5$  T  
Steuerseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$   
Hallseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$   
Ohmsche Nullspannung bei  $I_{1n}$   
Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$  zwischen 0 und 100 °C  
Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$  zwischen 0 und 100 °C

	SV 210	SV 230 S	
$I_{1n}$	60	100	mA
$U_{20}$	$\geq 300$	$\geq 650$	mV
$K_{B0}$	$\geq 6$	$\geq 6,5$	V/AT
$R_{10}$	ca. 30	ca. 30	$\Omega$
$R_{20}$	$\leq R_{10}$	$\leq R_{10}$	$\Omega$
$U_{2R0}$	$\leq 2$	< 10	mV
$\beta$	ca. -0,1	$\leq 0,1$	%/K
$\alpha$	ca. 0,1	< 0,1	%/K

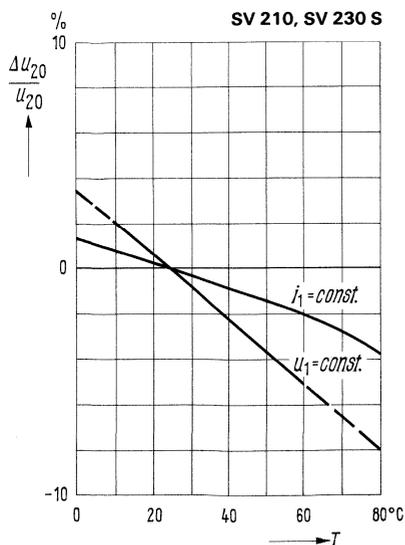
<sup>1)</sup> Bei Betrieb mit beiderseitiger Kühlung (z.B. Polschuh) kann sowohl der Nenn- als auch der maximal zulässige Steuerstrom um den Faktor 2 – 3 erhöht werden.

**Linearität**  $U_2 = f(B)$ ;  $R_L/R_{10} = \text{Parameter}$   
 Stark betonter Kurventeil: Ende des linearen  
 Bereiches: unterhalb  $\leq 1\%$  Linearitätsfehler.

**Empfindlichkeit**  $U_{20}/B = f(i_1)$   
 Streubereich

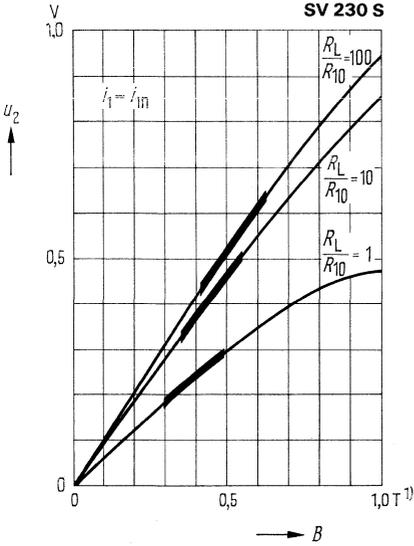


**Temperaturabhängigkeit**  
 der Hallspannung  
 $\Delta U_{20}/U_{20} = f(T)$

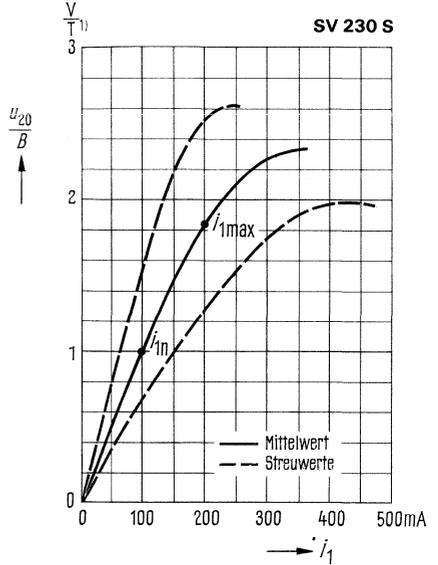


<sup>1)</sup> 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

**Linearität**  $U_2 = f(B)$ ;  $R_L/R_{10} =$  Parameter  
 Stark betonter Kurventeil: Ende des linearen  
 Bereiches: unterhalb  $\leq 1\%$  Linearitätsfehler



**Empfindlichkeit**  $U_{20}/B = f(i_1)$   
 Streubereich



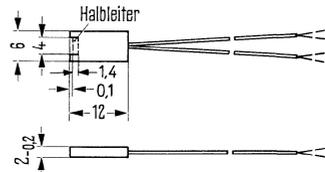
1) 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

TC 21 ist ein Hallgenerator zum Messen der Tangentialfeldstärke an magnetischen Werkstoffen (Halbleitermaterial InAs).

Hallspannungsanschlüsse: blauer Schlauch;  
 Steuerstromanschlüsse: roter Schlauch;

Drahtlänge: 120 mm  
 Schlauchlänge: 100 mm

Typ	Bestellnummer
TC 21	Q64003-T21



Gewicht etwa 0,6 g      Maße in mm

**Grenzdaten**

Maximal zulässiger Steuerstrom in ruhender Luft	$I_{1M}$	200	mA
Wärmeleitwert zwischen Halbleiterschicht und Außenseite des Mantels (beidseitig)	$G_{thG}$	ca. 30	mW/K
Betriebstemperatur	$T$	-20 bis +90	°C
Lagertemperatur	$T_S$	-50 bis +100	°C

**Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )**

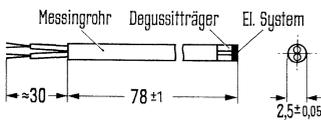
Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft	$I_{1n}$	150	mA
Leerlaufhallspannung bei $I_{1n}$ ; und $B = 1\text{ T}$	$U_{20n}$	$\cong 90$	mV
Abschlußwiderstand für lineare Anpassung für den Feldbereich 0–1 T	$R_{LL}$	ca. 6	$\Omega$
Linearisierungsfehler bei Abschluß mit $R_{LL}$ (bezogen auf 1 T)	$F_{LL}$	$< 1,5$	%
Leerlaufempfindlichkeit (bezogen auf 1 T)	$K_{BO}$	$\cong 0,6$	V/AT
Mittlere Empfindlichkeit bei Abschluß mit $R_{LL}$ (in % v. $K_{BO}$ bezogen auf 1 T)	$K_{BL}$	ca. 65	%
Steuerseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$ (einschließlich $0,45\ \Omega$ Zuleitungswiderstand)	$R_{10}$	ca. 1,2	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$ (einschließlich $0,65\ \Omega$ Zuleitungswiderstand)	$R_{20}$	ca. 1,2	$\Omega$
Ohmsche Nullkomponente	$R_0$	$< 2 \cdot 10^{-3}$	V/A
Induktive Nullkomponente	$A_2$	$< 0,08$	cm <sup>2</sup>
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen -20 und +90 °C	$\beta$	ca. -0,1	%/°C
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $R_{10}$ und $R_{20}$ zwischen -20 und + 90 °C	$\alpha$	ca. 0,2	%/°C
Wirksame Fläche des elektrischen Systems		$3 \cdot 1,5$	mm <sup>2</sup>

RHY 10 und RHY 11 sind Hallgeneratoren zur Messung von magnetischen Axialfeldern in Bohrungen kleiner bzw. größerer Durchmesser. (Halbleitermaterial InAs).

Hallspannungsanschlüsse: blauer Schlauch, Steuerstromanschlüsse: roter Schlauch.

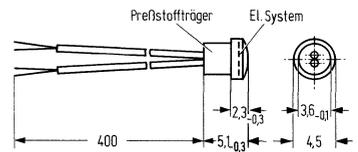
Typ	Bestellnummer
RHY 10	Q61708-Y10
RHY 11	Q61708-Y11

### RHY 10



Gewicht etwa 1,3 g      Maße in mm

### RHY 11



Gewicht etwa 0,6 g      Maße in mm

### Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom bei Betrieb in ruhender Luft  
Betriebstemperatur  
Lagertemperatur

**Kenndaten** ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft  
Leerlaufhallspannung bei  $I_{1n}$ ;  $B = 1$  Tesla  
Abschlußwiderstand für lineare Anpassung für den Feldbereich 0–1 T  
Linearisierungsfehler bei Abschluß mit  $R_{LL}$  (bezogen auf 1 T)  
Leerlaufempfindlichkeit bezogen auf:  $1 \text{ T}^1$ )  
0,01 T

Mittlere Empfindlichkeit bei Abschluß mit  $R_{LL}$  (in % v.  $K_{BO}$  bezogen auf 1 T)  
Steuerseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$  (einschl. Zuleitungswiderstand)  
Hallseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$  (einschl. Zuleitungswiderstand)  
Ohmsche Nullkomponente  
Induktive Nullkomponente  
Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$  zwischen  $-20$  und  $+90^\circ\text{C}$   
Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$  und  $R_{20}$  zwischen  $-20$  und  $+90^\circ\text{C}$

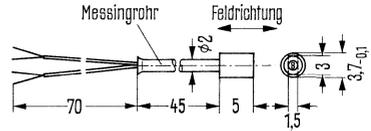
	RHY 10	RHY 11	
$i_{1M}$	150	200	mA
$T$	-20 bis +90		$^\circ\text{C}$
$T_S$	-50 bis +100		$^\circ\text{C}$
$I_{1n}$	100	150	mA
$U_{20}$	$\geq 70$	$\geq 105$	mV
$R_{LL}$	ca. 10	ca. 20	$\Omega$
$F_{LL}$	< 1	< 1	%
$K_{BO}$	$\geq 0,7$	$\geq 0,7$	V/AT
$K_{BO}$	$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	V/AT
$K_{BL}$	ca. 80	ca. 90	%
$R_{10}$	ca. 2	ca. 3	$\Omega$
$R_{20}$	ca. 1,6	ca. 2,6	$\Omega$
$R_0$	$< 2,5 \cdot 10^{-3}$	$< 2 \cdot 10^{-3}$	V/A
$A_2$	< 0,05	< 0,05	$\text{cm}^2$
$\beta$	ca. -0,1	ca. -0,1	%/ $^\circ\text{C}$
$\alpha$	ca. +0,2	ca. +0,2	%/ $^\circ\text{C}$

<sup>1)</sup> 1 T =  $10^4$  Gauß

SBV 552 ist ein Hallgenerator zur Messung von magnetischen Axialfeldern in Bohrungen. (Halbleitermaterial InAs.)

Hallspannungsanschlüsse: blauer Schlauch, Steuerstromanschlüsse: roter Schlauch, Elektrisches System: gestricheltes Rechteck.

Typ	Bestellnummer
SBV 552	Q64099-V552



Gewicht etwa 1,3 g

Maße in mm

**Grenzdaten**

Maximal zulässiger Steuerstrom in ruhender Luft	$I_{1M}$	150	mA
Betriebstemperatur	$T$	-20 bis +90	°C
Lagertemperatur	$T_s$	-50 bis +100	°C

**Kenndaten** ( $T_U = 25\text{ °C}$ )

Nennwert des Steuerstromes bei Betrieb in Luft	$I_{1n}$	100	mA
Leerlaufhallspannung (bei $I_{1n}$ und $B = 1$ Tesla)	$U_{20}$	$\cong 50$	mV
Leerlaufempfindlichkeit (bei $B = 0,01$ T)	$K_{B0}$	$\cong 0,4$	V/AT
Leerlaufempfindlichkeit (bei $B = 1$ T)	$K_{B0}$	$\cong 0,5$	V/AT
Steuerseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$ (einschließlich Zuleitungswiderstand)	$R_{10}$	ca. 1,5	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$ (einschließlich Zuleitungswiderstand)	$R_{20}$	ca. 1,1	$\Omega$
Ohmsche Nullkomponente	$R_0$	$< 10^{-3}$	V/A
Induktive Nullkomponente	$A_2$	$< 0,05$	cm <sup>2</sup>
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen -20 und +90 °C	$\beta$	ca. -0,08	%/°C
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $R_{10}$ und $R_{20}$ zwischen -20 und +90 °C	$\alpha$	ca. 0,2	%/°C
Abschlußwiderstand für lineare Anpassung (Feldbereich 0-1 T)	$R_{LL}$	ca. 4	$\Omega$
Linearisierungsfehler bei Anschluß mit $R_{LL}$ , bezogen auf 1 T	$F_{LL}$	$< 1,5$	%

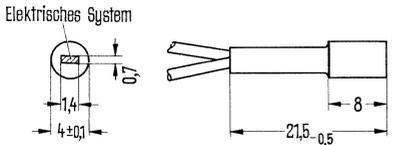
RHY 17 und RHY 18 sind Hallgeneratoren zur Messung von magnetischen Feldern bei Tieftemperaturen bis  $-269^{\circ}\text{C}$ . Flach- bzw. Rundform sind für Universal- bzw. Axialmessung geeignet. Anwendung in der Kryotechnik, u.a. Supraleitung.

(Halbleitermaterial InAs – Aufdampfschicht).

Hallspannungsanschlüsse: rote Drähte; Steuerstromanschlüsse: grüne Drähte.

Typ	Bestellnummer
RHY 17	Q61708-Y17
RHY 18	Q61708-Y18

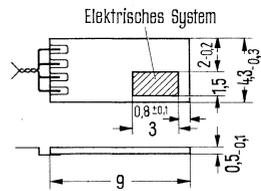
### RHY 18



Gewicht etwa 1,5 g

Maße in mm

### RHY 17



Gewicht etwa 0,4 g

Maße in mm

### Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom bei Betrieb in Luft  
 Betriebstemperatur  
 Lagertemperatur

**Kenndaten** ( $T_U = 25^{\circ}\text{C}$ )

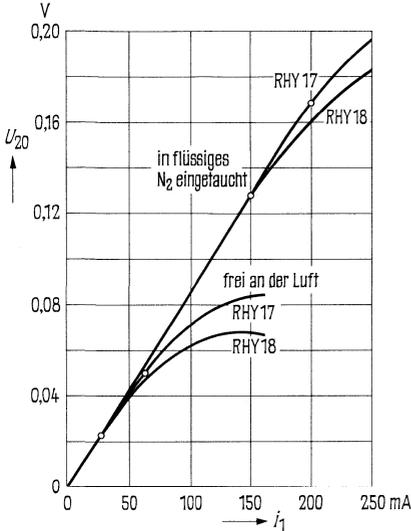
Nennwert<sup>1)</sup> des Steuerstromes bei Betrieb in Luft<sup>2)</sup>  
 Leerlaufhallspannung bei  $i_{1n}$  und  $B = 1\text{ T}$   
 Leerlaufempfindlichkeit bez. auf  $B = 0,5\text{ T}$   
 Mittlerer steuerseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$   
 Mittlerer hallseitiger Innenwiderstand bei  $B = 0$   
 Ohmsche Nullspannung bei  $i_{1n}$  und  $B = 0$   
 Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$  zwischen  $-269$  und  $+100^{\circ}\text{C}$   
 Mittlerer Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$  zwischen  $-269$  und  $+100^{\circ}\text{C}$

	RHY 17	RHY 18	
$i_{1M}$	110	70	mA
$T$	-269 bis +80		$^{\circ}\text{C}$
$T_S$	-269 bis +100		$^{\circ}\text{C}$
$I_{1n}$	60	35	mA
$U_{20n}$	$\geq 300$	$\geq 150$	mV
$K_{Bo}$	$\geq 6,0$	$\geq 6,0$	V/AT
$R_{10}$	ca. 30	ca. 30	$\Omega$
$R_{20}$	ca. 30	ca. 30	$\Omega$
$U_{2\text{ Ro}}$	$\leq 2$	$\leq 2$	mV
$\beta$	ca. -0,1	ca. -0,1	%/ $^{\circ}\text{C}$
$\alpha$	ca. +0,1	ca. +0,1	%/ $^{\circ}\text{C}$

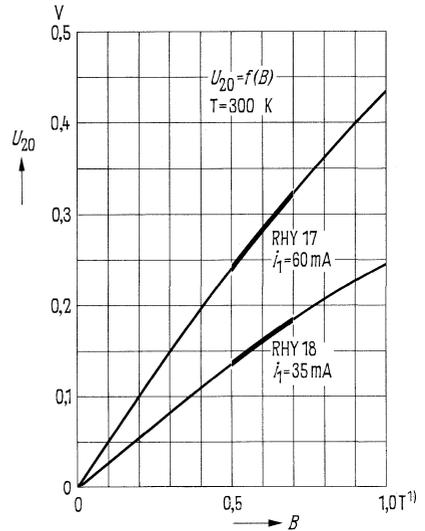
<sup>1)</sup> Mit Nennwert wird die obere Grenze des Aussteuerbereiches für Normalbetrieb bezeichnet.

<sup>2)</sup> Bei Betrieb der Sonden in verfl. Gasen (He, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) kann der Steuerstrom um den Faktor 3 – 4 erhöht werden.

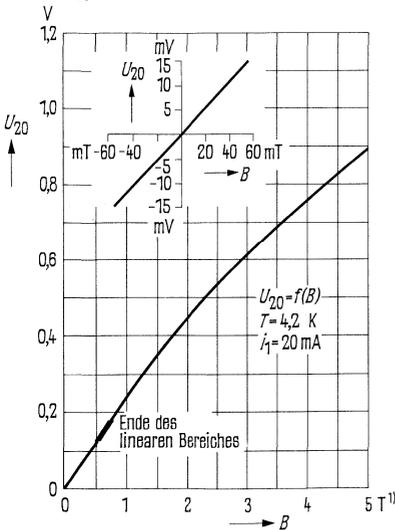
**Leerlaufhallspannung  $U_{20} = f(i_1)$**   
Die schwach gekrümmte Kurvenform zeigt, daß die Sonden weit über den Nennsteuerstrom hinaus belastbar sind.



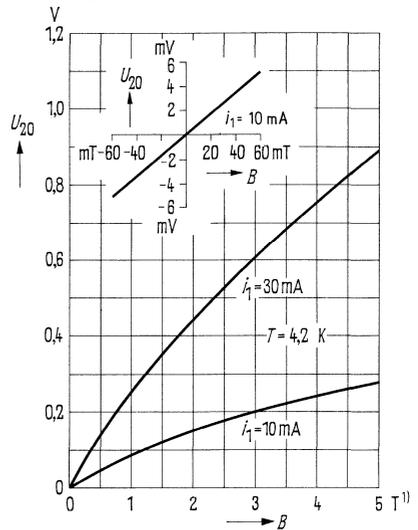
**Leerlaufhallspannung  $U_{20} = f(B)$**   
Stark betonter Kurventeil: Ende des linearen Bereiches: unterhalb  $\leq 1\%$  Linearitätsfehler.



**Kennlinie einer Tieftemperatur-Hallsonde RHY 17 bei der Temperatur flüssigen Heliums  $U_{20} = f(B)$**



**Kennlinie einer Tieftemperatur-Hallsonde RHY 18 bei der Temperatur flüssigen Heliums  $U_{20} = f(B)$**

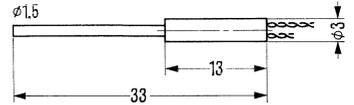


1) 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

RHY 18 S 1 ist ein Hallgenerator zur Messung von Magnetfeldern bei tiefen Temperaturen (–269 °C) in besonders kleinen Bohrungen.

Hallspannungsanschluß: blauer Schlauch; Drahtlänge = 20 mm;  
 Steuerstromanschluß: roter Schlauch; Drahtlänge = 25 mm.

Typ	Bestellnummer
RHY 18 S 1	Q61708–Y18–S2



Gewicht etwa 1,2 g      Maße in mm

**Grenzdaten**

Maximal zulässiger Steuerstrom in ruhender Luft	$I_{1M}$	25	mA
Betriebstemperatur	$T$	–269 bis +50	°C
Lagertemperatur	$T_s$	–269 bis +50	°C

**Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )**

Nennwert <sup>1)</sup> des Steuerstromes bei Betrieb in Luft <sup>2)</sup>	$I_{1n}$	10	mA
Leerlaufhallspannung (bei $I_{1n}$ u. $B = 1$ Tesla)	$U_{20}$	25	mV
Leerlaufempfindlichkeit bei $I_{1n}$ bezogen auf $B = 0,5$ T	$K_{B0}$	$\cong 3$	V/AT
Steuerseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$	$R_{10}$	ca. 40	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderstand bei $B = 0$	$R_{20}$	ca. 40	$\Omega$
Ohm'sche Nullspannung bei $I_{1n}$	$U_{2\text{ Ro}}$	$\cong 10$	mV
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen –196 und +50 °C	$\beta$	ca. –0,1	%/°C
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $R_{10}$ zwischen –196 und +50 °C	$\alpha$	ca. 0,1	%/°C

<sup>1)</sup> Mit Nennwert wird die obere Grenze des Aussteuerbereiches für Normalbetrieb bezeichnet.

<sup>2)</sup> Bei Betrieb der Sonden in verfl. Gasen (He, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) kann der Steuerstrom um den Faktor 2 erhöht werden.

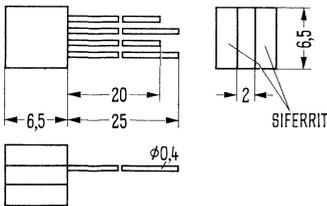
- RHY 15** ist ein Ferrithallgenerator, der in Verbindung mit kleinen Permanentmagneten zur kontaktlosen Signalabgabe und zur Steuerung oder Regelung von Bewegungsvorgängen geeignet ist. Reichweite und Signalformen siehe Bild 18 bis 24, Seite 36–38. (Halbleitermaterial Indiumantimonid [InSb]).
- RHY 15 R** ist ein Ferrithallgenerator ähnlich RHY 15, jedoch mit Remanenzverhalten. (Halbleitermaterial InSb.) Dadurch bleibt die Information auch bei Netzausfall erhalten (z.B. wichtig für die Schleichganginformation bei Werkzeugmaschinensteuerungen).
- RHY 20** ist ein Ferrithallgenerator vom Typ RHY 15 mit Ferritkopfspiegel und einer Spaltbreite von 0,2 mm zur Abfrage von Magnetogrammen mit Wellenlängen > 1 mm. (Halbleitermaterial InSb.)

Typ	Bestellnummer
RHY 15	Q61 708–Y15
RHY 15 R	Q61 708–Y15–R
RHY 20	Q61 708–Y20

Halterungen für diese Sonden siehe übernächste Seite.

Steuerstromanschlüsse lang, Hallspannungsanschlüsse kurz, Aufbau magnetisch symmetrisch.

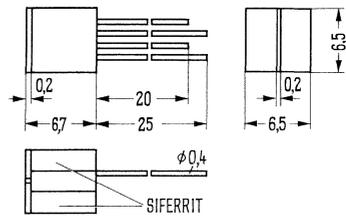
## RHY 15, RHY 15 R



Gewicht etwa 2 g

Maße in mm

## RHY 20



Gewicht etwa 2 g

## Grenzdaten

	RHY 15	RHY 15 R	RHY 20		
Maximal zulässiger Steuerstrom	$i_{1M}$	60	60	60	mA
Betriebstemperatur	$T$	-20 bis + 65			°C
Lagertemperatur	$T_S$	-50 bis +100			°C

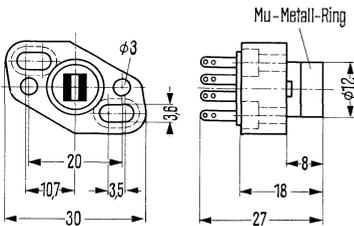
## Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )

Nennwert des Steuerstromes	$I_{1n}$	50	50	50	mA
Leerlauf-Hallspannung bei einem Sondenfluß von $2 \cdot 10^{-7}$ Wb und $I_{1n}$	$U_{20n}$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$	mV
Remanenzhallspannung nach einem Sondenfluß von $2 \cdot 10^{-3}$ Wb bei $I_{1n}$	$U_{20\text{ Rem}}$	$< 5$	$> 40$	$< 5$	mV
Steuserseitiger Innenwiderstand ( $B = 0$ )	$R_{10}$	ca. 30	ca. 30	ca. 30	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderstand ( $B = 0$ )	$R_{20}$	ca. 30	ca. 30	ca. 30	$\Omega$
Ohmsche Nullspannung bei $I_{1n}$ (Hallgenerator entmagnetisiert)	$U_{2\text{ Ro}}$	$< 10$	$< 10$	$< 10$	mV
Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen $0\text{ °C}$ und $50\text{ °C}$	$\beta$	ca. -1,5	ca. -1,5	ca. -1,5	%/°C
Temperaturkoeffizient von $R_{10}$ und $R_{20}$ zwischen $0\text{ °C}$ und $50\text{ °C}$	$\alpha$	ca. -2	ca. -2	ca. -2	%/°C
Isolationswiderstand zwischen Halbleitersystemen und Ferritteilen	$R_{is}$	$> 5$	$> 5$	$> 5$	k $\Omega$

Die Hallgeneratoren RHY 15, RHY 15 R und RHY 20 werden auf Wunsch mit nachfolgenden Halterungen geliefert. (Halterungen allein nicht lieferbar.)

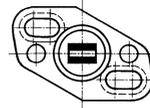
Anschlußfolge: 1–2 Steuerstrom  
3–4 Hallspannung

Typ	Bestellnummer
H 1 A	Q62901–B25



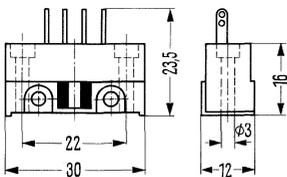
Preßstoffhalterung mit Mu-Metall-Abschirmring;  
Hallgeneratorenanschlüsse: AMP-Steckverbindung,  
Serie 110; Anlöten der Anschlußdrähte zulässig.

Typ	Bestellnummer
H 1 B	Q62901–B26



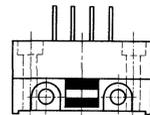
Hallgenerator  
gegenüber H 1 A  
um 90° gedreht

Typ	Bestellnummer
H 2 A	Q62901–B27



Preßstoffhalterung ohne Abschirmung; je 2 um 90°  
versetzte Befestigungslöcher;  
Hallgeneratoranschlußmöglichkeiten wie H 1

Typ	Bestellnummer
H 2 B	Q62901–B28



Hallgenerator  
gegenüber H 2 A  
um 90° gedreht

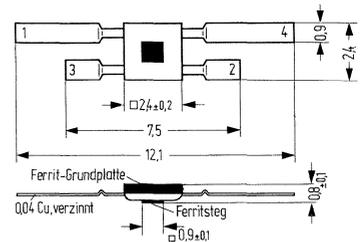
Weitere Halterungen auf Anfrage

Der Hallgenerator SBV 566 wurde speziell für kontakt- und berührungslose Signalgabe bzw. zur Stellungsmeldung von Magneten entwickelt. Bei konstantem Steuerstrom ist die Hallspannung dem magnetischen Fluß durch den Ferritsteg bis zu  $2 \cdot 10^{-7}$  Wb (entspricht einer Induktion von ca. 0,25 Tesla im Ferritsteg) proportional.

Die Temperaturabhängigkeit der Hallspannung läßt sich weitgehend kompensieren, wenn man dem Steuerstrompfad des Hallgenerators einen Widerstand von  $0,5 R_{10}$  parallel schaltet und diese Kombination mit dem 3fachen Nennsteuerstrom speist. (Halbleitermaterial: InSb)

Typ	Bestellnummer
SBV 566	Q64099-V566

Hallspannungsanschlüsse: 3,4 (oder 1,2)  
 Steuerstromanschlüsse: 1,2 (oder 3,4)



Gewicht etwa 0,02 g      Maße in mm

## Grenzdaten

- Maximal zulässiger Steuerstrom bei Betrieb in ruhender Luft
- Wärmeleitwert, einseitig auf Metallfläche aufgeklebt
- Wärmeleitwert frei in Luft
- Betriebstemperatur
- Lagertemperatur

$I_{1M}$	50	mA
$G_{thG}$	$\geq 4$	mW/K
$G_{thU}$	$\geq 2$	mW/K
$T$	-20 bis +65	°C
$T_s$	-50 bis +100	°C

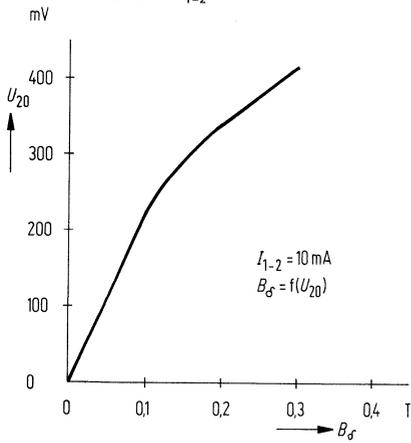
## Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

- Nennwert des Steuerstromes
- Leerlaufhallspannung (bei  $I_{10} = 10$  mA)
- Meßanordnung wie Abb. nächste Seite)
- Steuerseitiger Innenwiderstand ( $B = 0$ )
- Hallseitiger Innenwiderstand ( $B = 0$ )
- Ohmsche Nullkomponente
- Remanenzhallspannung bei  $I_{1n}$  nach Beeinflussung durch einen Magnetfluß von  $2 \cdot 10^{-3}$  Wb in % v.  $U_{20}$
- Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$  zwischen  $0^\circ\text{C}$  und  $50^\circ\text{C}$
- Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$  und  $R_{20}$  zwischen  $0^\circ\text{C}$  und  $50^\circ\text{C}$
- Isolationswiderstand zwischen Halbleitersystem und Ferriteilen

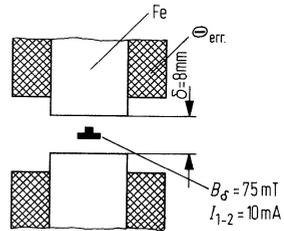
$I_{1n}$	25	mA
$U_{20}$	160 ( $\geq 130$ )	mV
$R_{10}$	ca. 30	$\Omega$
$R_{20}$	ca. 30	$\Omega$
$R_0$	$\leq 1,0$	V/A
$U_{20\text{Rem}}$	ca. 1,5 <sup>1)</sup>	%
$\beta$	ca. -1,5	%/°C
$\alpha$	ca. -2	%/°C
$R_{is}$	> 1	k $\Omega$

<sup>1)</sup> für magnetisch geschlossenen Kreis

**Leerlaufhallspannung  $U_{20}$**   
 in Abhängigkeit von der Induktion  
 im Luftspalt  $B_{\delta}$  der Meßanordnung  
 Steuerstrom  $I_{1-2} = 10 \text{ mA}$



**Meßanordnung**  
 zur Messung der Leerlaufhallspannung

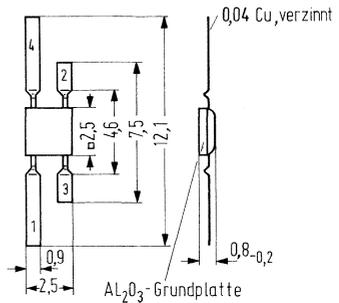


Die Signalsonde SBV 570 dient zur kontakt- und berührungslosen Signalgabe, bzw. zur Stellungsmeldung von Magneten. Aufbau und Abmessungen sind ähnlich SBV 566, jedoch ohne ferromagnetischen Steg und mit nicht ferromagnetischer Grundplatte; d.h. es bestehen keine Anziehungskräfte zwischen Hallgenerator und Magnet. (Halbleitermaterial: InSb.)

Die Temperaturabhängigkeit läßt sich weitgehend dadurch kompensieren, daß man dem Steuerstrompfad des Hallgenerators einen Widerstand von  $0,5 R_{10}$  parallel schaltet und diese Kombination mit dem 3fachen Nennsteuerstrom  $i_{1n}$  speist.

Typ	Bestellnummer
SBV 570	Q64099-V570

Steuerstromanschlüsse: 1,2 (oder 3,4)  
 Hallspannungsanschlüsse: 3,4 (oder 1,2)



Gewicht etwa 0,02 g      Maße in mm

### Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom bei Betrieb in ruhender Luft  
 Wärmeleitwert zwischen Halbleiterschicht und Grundplatte  
 Betriebstemperatur  
 Lagertemperatur

$I_{1M}$	50	mA
$G_{thG}$	ca. 5	mW/K
$T$	-20 bis +65	°C
$T_S$	-50 bis +100	°C

### Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

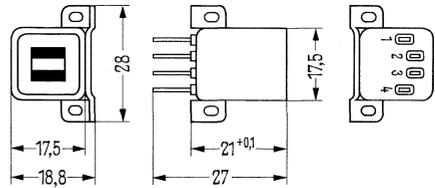
Nennwert des Steuerstromes  
 Leerlaufhallspannung bei  $i_{1n}$  und  $B = 0,2\text{ T}$   
 Steuerseitiger Innenwiderstand  
 Hallseitiger Innenwiderstand  
 Ohmsche Nullkomponente bei  $i_{1n}$   
 Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$  zwischen  $0^\circ\text{C}$  und  $50^\circ\text{C}$   
 Temperaturkoeffizient von  $R_{10}$  und  $R_{20}$  zwischen  $0^\circ\text{C}$  und  $50^\circ\text{C}$

$I_{1n}$	25	mA
$U_{20}$	$\cong 250$	mV
$R_{10}$	ca. 25	$\Omega$
$R_{20}$	ca. 25	$\Omega$
$U_{2RO}$	$\cong 25$	mV
$\beta$	ca. -1,5	%/°C
$\alpha$	ca. -2	%/°C

KSM 2 ist ein Ferrithallgenerator vom Typ RHY 15 mit einem Abschirmgehäuse aus Mu-Metall gegen Beeinflussung durch Magnete von Nachbarspuren.

Anschlüsse: Steuerstrom 1,2. Hallspannung 3,4.

Typ	Bestellnummer
KSM 2	Q64018-M2



Gewicht etwa 21 g

Maße in mm

## Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom	$i_{1M}$	75	mA
Betriebstemperatur	$T$	-20 bis +90	°C
Lagertemperatur	$T_S$	-50 bis +100	°C

## Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

Nennwert des Steuerstromes	$I_{1n}$	50	mA
Hallspannungsanstieg bei Magnetbewegung über dem Signalgeber $ x  < 1\text{ mm}$ , $\alpha = 0,5\text{ mm}$ , Magnet: $4,5\ \phi \times 10\text{ mm}$ , Stirnflächenfluß $15 \cdot 10^{-7}\text{ Wb}$			
Steilheit: $\left(\frac{du_{20}}{dx}\right)  x  < 1\text{ mm}$		> 200	mV/mm
Remanenzhallspannung nach Beeinflussung durch Magnet	$U_{20\text{ Rem}}$	< 5	mV
Steuerseitiger Innenwiderstand ( $B = 0$ )	$R_{10}$	ca. 30	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderstand ( $B = 0$ )	$R_{20}$	ca. 30	$\Omega$
Nullspannung bei $I_{1n}$ (Signalgeber entmagnetisiert)	$U_{20\text{ RO}}$	< 10	mV
Nullpunkt Konstanz		ca. 200	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen $0^\circ\text{C}$ und $50^\circ\text{C}$	$\beta$	ca. -2	%/°C
Temperaturkoeffizient von $R_{10}$ und $R_{20}$ zwischen $0^\circ\text{C}$ und $50^\circ\text{C}$	$\alpha$	ca. -2	%/°C
Isolationswiderstand zwischen Gehäuse und Halbleiterschicht bei einer Spannung bis 400 V	$R_{is}$	> 1	M $\Omega$

Die Hallmultiplikatoren MB 26/EI 38 und RMY 10 eignen sich für das weite Anwendungsgebiet der „elektrischen Multiplikation“; u.a. zur Leistungsmessung, Drehmomentbestimmung und direkten harmonischen Analyse magnetischer Wechselfelder. (Halbleitermaterial InAs).

Beim Einbau ist besonders auf Potentialfreiheit zwischen Hallgeneratoren (Steuer- und Hallspannungsanschlüsse) und Kern zu achten, da der Isolationswiderstand von Ferrit nur 5 k $\Omega$  beträgt und nicht belastbar ist.

Typ	Bestellnummer
MB 26/EI 38	Q64002-M26-S1
RMY 10	Q61712-Y10

Maßbilder siehe nächste Seite

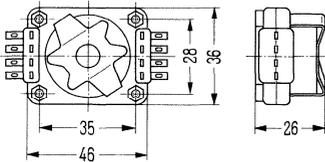
### Grenzdaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

	MB 26/EI 38	RMY 10	
Maximaler Steuerstrom	500	600	mA

### Kenndaten

Nennwert der Felderregung	$i_F \cdot n$	70	70	AW
Nennwert der Eingangsleistung (feldseitig)	$P_e$	ca. 200	ca. 200	mW
Nennwert des Steuerstromes	$I_{1n}$	400	500	mA
Steuerseitiger Innenwiderstand ( $B = 0$ )	$R_{10}$	ca. 2	ca. 2	$\Omega$
Hallseitiger Innenwiderstand ( $B = 0$ )	$R_{20}$	ca. 2	ca. 1,8	$\Omega$
Leerlauf-Hallspannung bei Nennwerten	$U_{20n}$	$\geq 160$	$\geq 200$	mV
Abschlußwiderstand für lineare Anpassung	$R_{LL}$	ca. 12	ca. 25	$\Omega$
Multiplikationsfehler bei Abschluß mit $R_{LL}$ (einschl. Hystereseanteil)	$F_{LL}$	0,3	1	%
Ohmsche Nullkomponente	$R_0$	$\leq 10^{-3}$	$\leq 10^{-3}$	V/A
Induktive Nullkomponente	$A_2$	< 0,05	< 0,05	cm <sup>2</sup>
Remanenz-Resthallspannung nach einer Felderregung = 70 AW und $I_{1n}$	$U_{Rem}$	ca. 0,8	ca. 1,5	mV
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $U_{20}$ zwischen 0 und 100°C	$\beta$	ca. -0,1	ca. -0,1	%/°C
Mittlerer Temperaturkoeffizient von $R_{10}$ und $R_{20}$ zwischen 0 und 100°C	$\alpha$	ca. 0,2	ca. 0,2	%/°C
Magnetisch wirksamer Luftspalt	$\delta$	0,3	0,3	mm
Wickelhöhe	$h_w$	4	4,5	mm
Wickelbreite	$b_w$	15	11	mm
$A_L$ -Wert	$L/n^2$	ca. $0,9 \cdot 10^{-6}$	ca. $0,5 \cdot 10^{-6}$	H/n <sup>2</sup>
Anschluß für Steuerstrom		1,2	1,2	
Anschluß für Hallspannung		3,4	3,4	
Anschluß für Feldwicklung I		5,6	5,7	
Anschluß für Feldwicklung II		7,8	6,8	

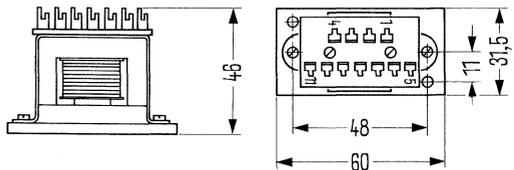
RMY 10  
Hallmultiplikator in Topfkernbauweise  
Material: Siferit N28



Gewicht etwa 75 g  
(ohne Wicklung)

Maße in mm

MB 26 eingebaut in EI 38/Mu-Metallkern  
Äußere Abmessungen:  
etwa 38 × 30 × 24 mm



Gewicht etwa 170 g  
(ohne Wicklung)

## Wickeldaten bei Verwendung von CuL-Drähten (Richtwerte)

Draht- durch- messer (mm)	Vollgewickelt ohne Lagenisolation			Draht- durch- messer (mm)	Vollgewickelt ohne Lagenisolation		
	Windungszahl <i>n</i>	EI 38 Ω	RMY 10 Ω		Windungszahl <i>n</i>	EI 38 Ω	RMY 10 Ω
0,05	12000	7800	6200	0,27	570	13,5	10,8
0,06	7800	3500	2800	0,28	540	12,0	9,5
0,07	6500	2050	1650	0,30	490	9,5	7,5
0,08	5300	1350	1080	0,32	420	6,5	5,2
0,09	4300	1100	880	0,34	375	5,2	4,1
0,10	3400	570	450	0,36	330	4,3	3,5
0,11	2800	380	300	0,38	305	3,5	2,8
0,12	2400	280	220	0,40	275	2,9	2,3
0,13	2100	220	175	0,45	210	1,9	1,5
0,14	1850	175	140	0,50	170	1,2	0,96
0,15	1650	135	108	0,55	140	0,75	0,60
0,16	1450	100	80	0,60	115	0,56	0,45
0,17	1350	80	64	0,65	100	0,4	0,32
0,18	1180	65	52	0,70	85	0,29	0,23
0,19	1080	54	43	0,75	75	0,24	0,19
0,20	1000	42	34	0,80	65	0,2	0,16
0,22	850	30	24	0,85	56	0,15	0,12
0,23	780	25	20	0,90	50	0,11	0,09
0,24	720	21	16,5	1,1	35	0,052	0,044
0,25	660	18	14,3	1,2	24	0,035	0,03
0,26	610	15,5	12,5	1,4	14	0,018	0,015
				> 1,4	–	1) <sup>1)</sup>	2) <sup>2)</sup>

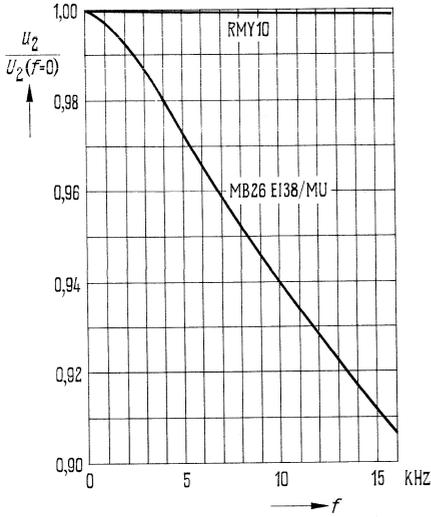
Induktivität der Feldentwicklung  $L = A_L \cdot n^2$ ;  $A_L$  = Wert siehe Kenndaten.

1) Zuleitungen > 1,4 mm Durchmesser frei herausgeführt.

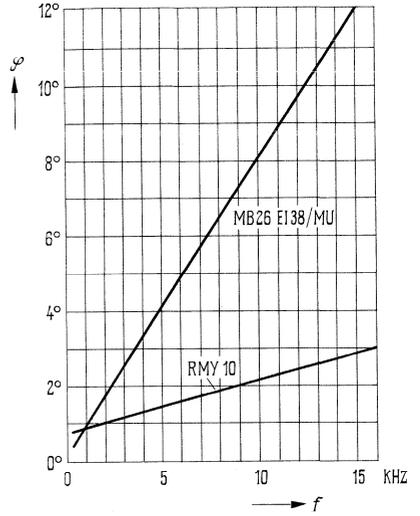
2) Drahtdurchmesser > 1,4 mm nicht möglich.

Nicht für Neuentwicklung

**Mittlere Frequenzabhängigkeit der Hallspannung**



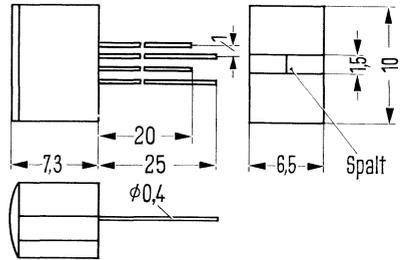
**Phasenverschiebung zwischen Feldstrom und Hallspannung (induktive Nullkomponente kompensiert) in Winkelgrad ( $\varphi$ )**



SBV 536 ist ein Abfragekopf für längsmagnetisierte Magnetbänder.  
(Halbleitermaterial InSb.)

Hallspannungsanschlüsse: kurz; Steuerstromanschlüsse: lang.

Typ	Bestellnummer
SBV 536	Q64099-V536



Gewicht etwa 2 g

Maße in mm

## Grenzdaten

Maximal zulässiger Steuerstrom

$I_{1M}$	60	mA
----------	----	----

**Kenndaten** ( $T_u = 25^\circ\text{C}$ )

Nennwert des Steuerstromes

$I_{1n}$	50	mA
----------	----	----

Leerlaufhallspannung bei  $I_{1n}$   
und Abtastung einer Aufzeichnung

(1 kHz, Spurbreite 1,5 mm,

38,1 cm/s Bandgeschwindigkeit)

mit einem Bandfluß von  $5 \cdot 10^{-10}$  Wb

Steuerseitiger Innenwiderstand

$U_{20n}$	$\geq 300$	$\mu\text{V}$
-----------	------------	---------------

Hallseitiger Innenwiderstand

$R_{10}$	ca. 30	$\Omega$
----------	--------	----------

Ohmsche Nullspannung bei  $I_{1n}$

$R_{20}$	ca. 30	$\Omega$
----------	--------	----------

Temperaturkoeffizient von  $U_{20}$

$U_{2RO}$	$\leq 10$	mV
-----------	-----------	----

Magnetisierungsrichtung

$\beta$	ca. -1,5	%/°C
---------	----------	------

Spurbreite

$s$	1,5	mm
-----	-----	----

Effektive Spalthöhe

$\delta$	$\leq 15$	$\mu\text{m}$
----------	-----------	---------------

Polschuhe aus Weicheisen

Isolationswiderstand zwischen

Halbleitersystem und Kopfspiegel

bzw. Ferritteilen

$R_{is}$	$> 5$	k $\Omega$
----------	-------	------------

5.3. Feldplatten – Typenübersicht

5.3.1. Feldplatten auf Eisenträger

Typ	Grundwiderstand bei $T = 25^\circ\text{C}$ $R_{\text{tol}} = \pm 20\%$	Relative Widerstandsänderung bei $T = 25^\circ\text{C}$ und Induktion $B =$		Temperaturkoeffizient			Wärmeleitwert in		Seite
		0,3 T	1 T	0 T	0,3 T	1 T	mW/K		
	$R_0 (\Omega)$	$R/R_0$		$TK_{25} (\%/K)$			$G_{\text{thU}}$	$G_{\text{thG}}$	
FP 17 D 500 E	500	3 ( $> 2,8$ )	15 ( $> 12$ )	-1,8	-2,7	-2,9	15	1	122
FP 30 D 250 E	250	3 ( $> 2,8$ )	15 ( $> 12$ )	-1,8	-2,7	-2,9	10	0,8	130
FP 17 L 200 E	200	1,85 ( $> 1,7$ )	8,5 ( $> 7$ )	-0,16	-0,38	-0,54	15	1	124
FP 30 L 100 E	100	1,85 ( $> 1,7$ )	8,5 ( $> 7$ )	-0,16	-0,38	-0,54	10	0,8	126
FP 30 N 60 E	60	1,6 ( $> 1,4$ )	6 ( $> 5$ )	+0,02	-0,13	-0,25	10	0,8	128

5.3.2. Differential-Feldplatten auf Eisenträger

Typ	Grundwiderstand bei $T = 25^\circ\text{C}$ $R_{\text{tol}} = \pm 20\%$	Mittensymmetrie bei $T = 25^\circ\text{C}$ $\frac{R_1 - R_2}{R_1} \cdot 100\%$ ( $R_1 > R_2$ )	Relative Widerstandsänderung bei $T = 25^\circ\text{C}$ und Induktion $B =$		Temperaturkoeffizient			Wärmeleitwert in mW/K		Seite
			0,3 T	1 T	0 T	0,3 T	1 T	$G_{\text{thU}}$	$G_{\text{thG}}$	
	$R_0 (\Omega)$	M (%)	$R_B/R_0$		$TK_{25} (\%/K)$			$G_{\text{thU}}$	$G_{\text{thG}}$	
FP 110 D 155	$2 \times 155$	2 ( $< 5$ )	3 ( $> 2,8$ )	15 ( $> 12$ )	-1,8	-2,7	-2,9	10	0,8	136
■ FP 110 L 60	$2 \times 60$	2 ( $< 5$ )	1,85 ( $> 1,7$ )	8,5 ( $> 7$ )	-0,16	-0,38	-0,54	10	0,8	134
■ FP 111 L 100	$2 \times 100$	2 ( $< 5$ )	1,85 ( $> 1,7$ )	8,5 ( $> 7$ )	-0,16	-0,38	-0,54	15	1	132

5.3.3. Feldplatten – Differential-Fühler

Typ	Gesamt- wider- stand des Geber- systems bei $T=25^{\circ}\text{C}^1)$	Toleranz- wert  $T=25^{\circ}\text{C}$	Mitten- symmetrie bei $T=25^{\circ}\text{C}$ $\frac{R_1-R_2}{R_1} \cdot 100\%$  $(R_1 > R_2)$	Leerlauf- ausgangs- spannung bei  $T=25^{\circ}\text{C}^2)$		Max. zul. Betriebs- spannung bei  $T_G = 25^{\circ}\text{C}$	Seite
				$R_{1-3}$ ( $\Omega$ )	$R_{1-3 \text{ TOL}}$ ( $\Omega$ )		
FP 200 L 100	1000	-300/+400	$\leq 10$	$\leq 132,5$	2200	10	138
FP 210 D 250	1000	$\pm 300$	$\leq 10$	$\leq 132,5$	850	7,5	147
FP 210 L 100	300	$\pm 80$	$\leq 10$	$\leq 132,5$	850	7,5	142
FP 211 D 155	400	$\pm 120$	$\leq 5$	$\leq 64$	400	5,5	151
FP 212 L 100	300	$\pm 80$	$\leq 10$	$\leq 132,5$	850	10	155

1) Luftspalt  $\delta = \infty$

2)  $U_B = 5 \text{ V}$

3) Luftspalt 0,5 mm; Stirnflächenfluß des Steuermagneten  $\phi_{St} = 2 \mu \text{ Wb}$

4) Luftspalt 0,2 mm;

**5.3.4. Feldplatten-Potentiometer**

**Feldplatten-Potentiometer ohne Verstärker**

Typ	Gesamtwiderstand bei $T=25^{\circ}\text{C}$ $R_{AE} (\Omega)$	Kleinster einstellbarer Teilwiderstand $R_O (\Omega)$	Elektr. Drehwinkel (mech. unbegrenzt) $\varphi (^{\circ})$ linearer Arbeitsbereich	Belastbarkeit $P_{\text{tot}} (W)$	Linearitätsfehler (%)	Max. Betriebstemperatur $T (^{\circ}\text{C})$	Seite
FP 300 N 2 × 35	500	50 – 75	0 – 270	0,5	± 0,6 ± 1,0 ± 1,75	–30 bis +90	159

**Feldplatten-Potentiometer mit Verstärker**

Typ	Betriebsspannung $U_B (V)$	Ausgangsstrom (eingepägt) $I_A (mA)$	Elektr. Drehwinkel (mech. unbegrenzt) $\varphi (^{\circ})$ linearer Arbeitsbereich	Bürde $R_L (\Omega)$	Linearitätsfehler (%)	Max. Betriebstemperatur $T (^{\circ}\text{C})$	Seite
FP 300 N 2 × 35	24	0 – 20	0 – 270	0 – 500	± 0,6 ± 1,0	–30 bis +90	159
FP 310 L 100	15	0 – 20	0 – 30 0 – 270 <sup>1)</sup>	0 – 500	≤ 5	–25 bis +70	168

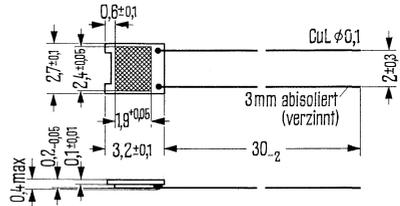
**5.4. Integrierte Hallgeneratoren (Magnetisch betätigte kontaktlose Schalter)**

Typ	Speisespannung $U_S (V)$	Ausgangsstrom $I_A (mA)$	Ausgänge	Seite
SAS 201	27	30	dynamische statische antivalente	174
SAS 211	27	30		175
SAS 221	27	30		176

<sup>1)</sup> in Vorbereitung

Die Feldplatte FP 17 D 500 E ist ein auf einen Eisenträger montierter magnetisch steuerbarer Widerstand aus InSb/NiSb mit einem Grundwiderstand  $R_0$  von 500  $\Omega$ .

Typ	Bestellnummer
FP17 D 500 E	Q65017-D500-E



Gewicht etwa 0,02 g

**Grenzdaten**

Max. Betriebstemperatur  
 Lagertemperatur  
 Max. elektr. Belastung ( $T_G = 25\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 Isolationsspannung  
 zwischen System und Unterlage  
 Wärmeleitwert:  
 einseitig auf Metallfläche aufgeklebt  
 frei in Luft

$T_{max}$	110	$^\circ\text{C}$
$T_S$	-40 bis +130	$^\circ\text{C}$
$P_{tot}$	1000	mW
$U_i$	100	V
$G_{thG}$	15	mW/K
$G_{thU}$	1	mW/K

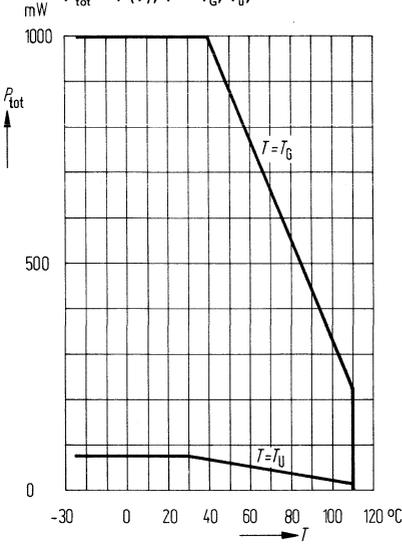
**Kenndaten** ( $T_U = 25\text{ }^\circ\text{C}$ )

Grundwiderstand  
 Toleranz des Grundwiderstandes  
 Relative Widerstandsänderung:  
 $B = \pm 0,3\text{ T}^1$   
 $B = \pm 1\text{ T}$   
 Temperaturkoeffizient:  
 $B = 0\text{ T}$   
 $B = \pm 0,3\text{ T}$   
 $B = \pm 1\text{ T}$

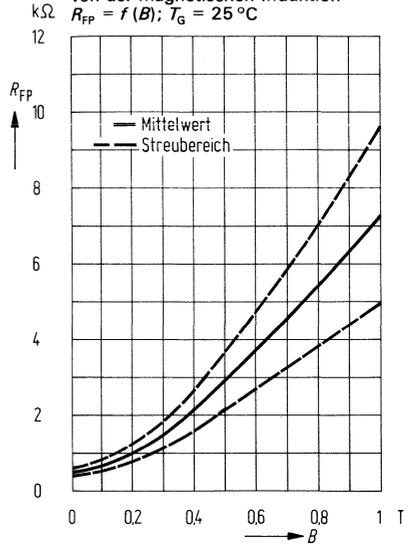
$R_0$	500	$\Omega$
$R_0\text{-Tol.}$	$\pm 20$	%
$R_B/R_0$	3 ( $> 2,8$ )	-
$R_B/R_0$	15 ( $> 12$ )	-
$TK_{25}$	-1,8	%/ $^\circ\text{C}$
$TK_{25}$	-2,7	%/ $^\circ\text{C}$
$TK_{25}$	-2,9	%/ $^\circ\text{C}$

<sup>1)</sup> 1 T = 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

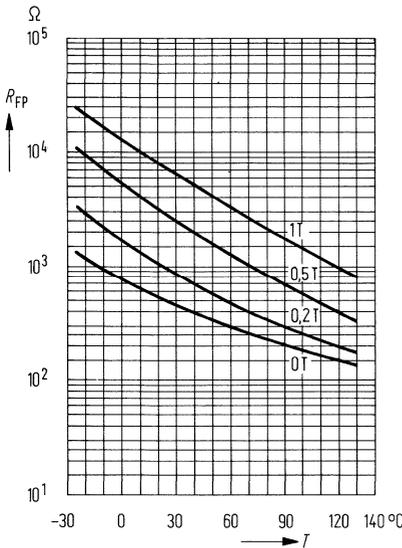
**Temperaturunabhängigkeit**  
der zulässigen Gesamtverlustleistung  
 $P_{tot} = f(T); T = T_G, T_U;$



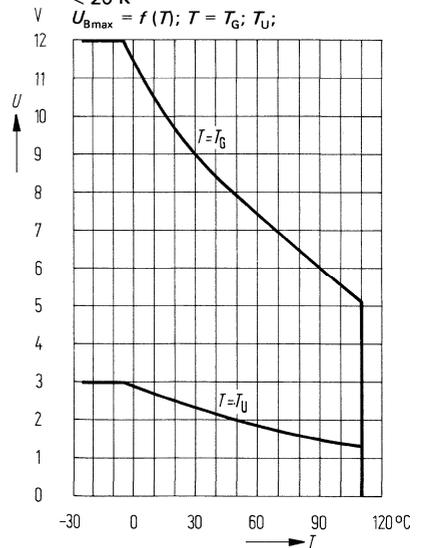
**Abhängigkeit**  
des Feldplatten-Widerstandes  $R_{FP}$   
von der magnetischen Induktion  
 $R_{FP} = f(B); T_G = 25\text{ °C}$



**Temperaturabhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes<sup>1)</sup>  
 $R_{FP} = f(T); B = \text{Parameter}$



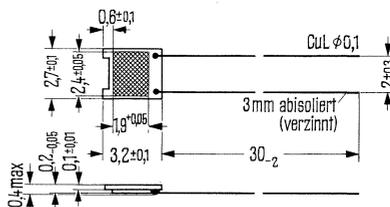
**Temperaturabhängigkeit**  
der maximal zulässigen Betriebs-  
spannung für Systemübertemperatur  
< 20 K  
 $U_{Bmax} = f(T); T = T_G; T_U;$



1) für Mittelwerte des Feldplattenwiderstandes  $R_{FP}$

Die Feldplatte FP 17 L 200 E ist ein auf einen Eisenträger montierter magnetisch steuerbarer Widerstand aus InSb/NiSb mit einem Grundwiderstand  $R_0$  von 200  $\Omega$ .

Typ	Bestellnummer
FP 17 L 200 E	Q65017-L200-E



Gewicht etwa 0,02 g

**Grenzdaten**

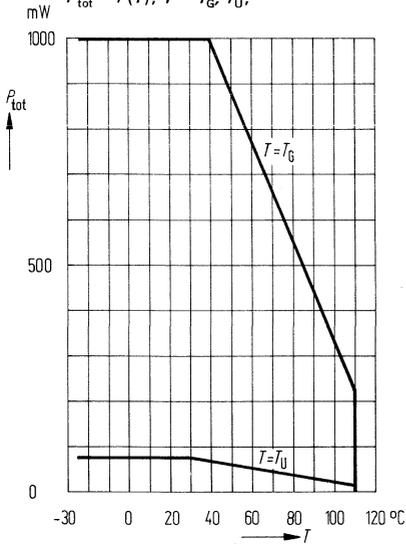
Max. Betriebstemperatur	$T_{max}$	110	°C
Lagertemperatur	$T_s$	-40 bis +130	°C
Max. elektr. Belastung ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ )	$P_{tot}$	1000	mW
Isolationsspannung zwischen System und Unterlage	$U_i$	100	V
Wärmeleitwert: einseitig auf Metallfläche aufgeklebt frei in Luft	$G_{thG}$	15	mW/K
	$G_{thU}$	1,0	mW/K

**Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )**

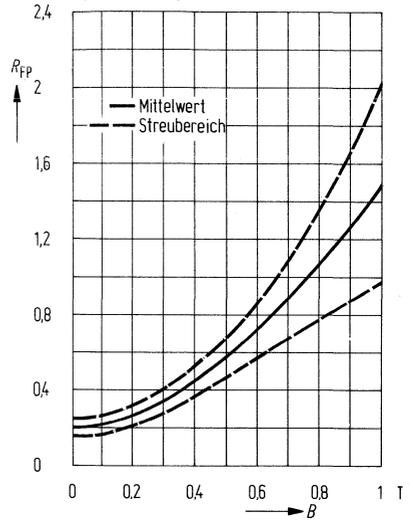
Grundwiderstand	$R_0$	200	$\Omega$
Toleranz des Grundwiderstandes	$R_0$ -Tol.	$\pm 20$	%
Relative Widerstandsänderung: $B = \pm 0,3 \text{ T}^1$	$R_B/R_0$	1,85 ( $> 1,7$ )	-
$B = \pm 1 \text{ T}$	$R_B/R_0$	8,5 ( $> 7$ )	-
Temperaturkoeffizient: $B = 0 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,16	%/°C
$B = \pm 0,3 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,38	%/°C
$B = \pm 1 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,54	%/°C

<sup>1)</sup> 1 T = 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

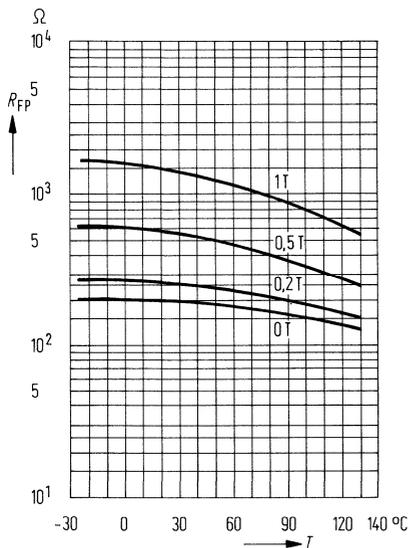
**Temperaturabhängigkeit**  
der zulässigen Gesamtverlustleistung  
 $P_{\text{tot}} = f(T); T = T_G, T_U;$



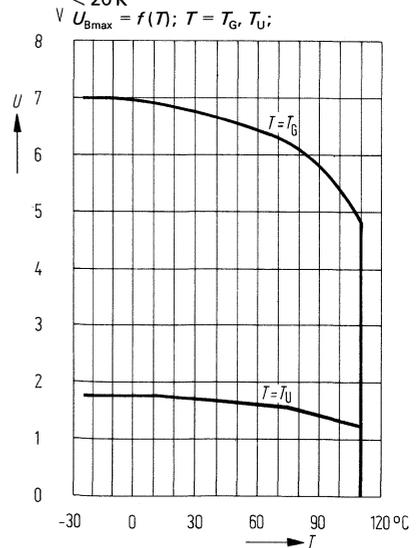
**Abhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes von der  
magnetischen Induktion  $B$   
 $R_{FP} = f(B); T_G = 25\text{ °C}$



**Temperaturabhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes<sup>1)</sup>  
 $R_{FP} = f(T); B = \text{Parameter}$



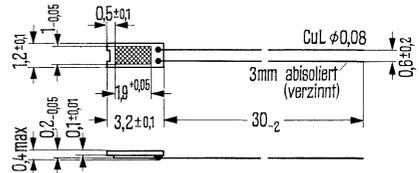
**Temperaturabhängigkeit**  
der maximal zulässigen Betriebs-  
spannung für Systemübertemperatur.  
< 20 K



<sup>1)</sup> für Mittelwerte des Feldplattenwiderstandes  $R_{FP}$

Die Feldplatte FP 30 L 100 E ist ein auf einen Eisenträger montierter magnetisch steuerbarer Widerstand aus InSb/NiSb mit einem Grundwiderstand  $R_0$  von 100  $\Omega$ .

Typ	Bestellnummer
FP 30 L 100 E	Q65030-L100-E



Gewicht etwa 0,017 g

**Grenzdaten**

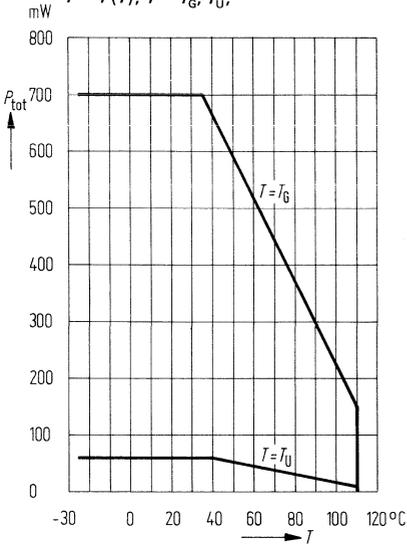
Max. Betriebstemperatur	$T_{max}$	110	°C
Lagertemperatur	$T_S$	-40 bis +130	°C
Max. elektr. Belastung ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ )	$P_{tot}$	700	mW
Isolationsspannung zwischen System und Unterlage	$U_I$	100	V
Wärmeleitwert: einseitig auf Metallfläche aufgeklebt frei in Luft	$G_{thG}$	10	mW/K
	$G_{thU}$	0,8	mW/K

**Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )**

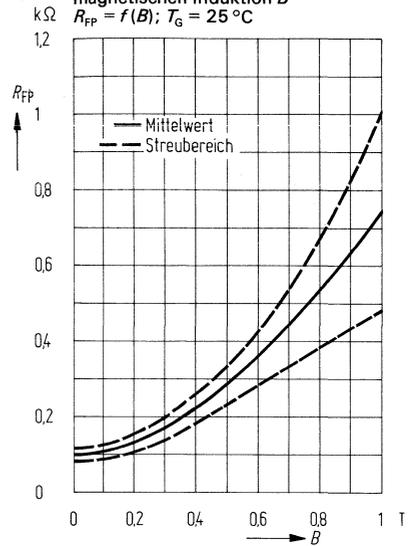
Grundwiderstand	$R_0$	100	$\Omega$
Toleranz des Grundwiderstandes	$R_0\text{-Tol.}$	$\pm 20$	%
Relative Widerstandsänderung: $B = \pm 0,3 \text{ T}^1)$	$R_B/R_0$	1,85 ( $> 1,7$ )	-
$B = \pm 1 \text{ T}$	$R_B/R_0$	8,5 ( $> 7$ )	-
Temperaturkoeffizient: $B = 0 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,16	%/°C
$B = \pm 0,3 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,38	%/°C
$B = \pm 1 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,54	%/°C

<sup>1)</sup> 1 T = 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

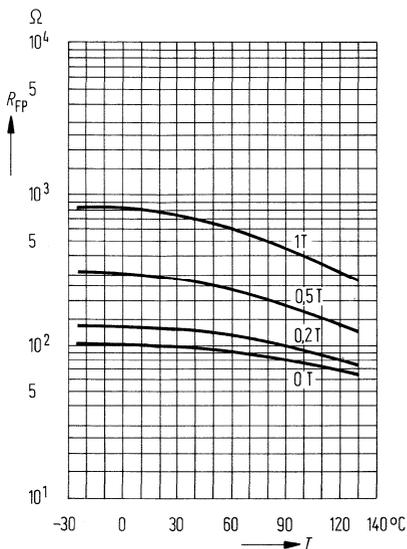
**Temperaturabhängigkeit**  
der zulässigen Gesamtverlustleistung  
 $P = f(T); T = T_G, T_U;$



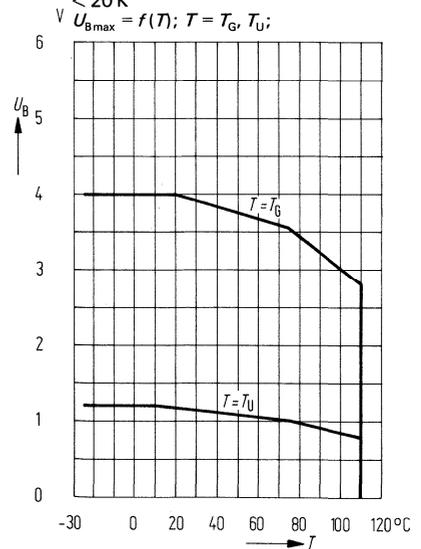
**Abhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes von der  
magnetischen Induktion B  
 $R_{FP} = f(B); T_G = 25\text{ °C}$



**Temperaturabhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes<sup>1)</sup>  
 $R_{FP} = f(T); B = \text{Parameter}$



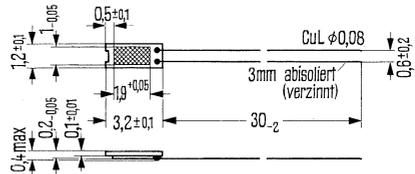
**Temperaturabhängigkeit**  
der maximal zulässigen Betriebs-  
spannung für Systemübertemperatur  
< 20 K  
 $U_{B,max} = f(T); T = T_G, T_U;$



<sup>1)</sup> für Mittelwerte des Feldplattenwiderstandes  $R_{FP}$

Die Feldplatte FP 30 N 60 E ist ein auf einen Eisenträger montierter magnetisch steuerbarer Widerstand aus InSb/NiSb mit einem Grundwiderstand  $R_0$  von 60  $\Omega$ .

Typ	Bestellnummer
FP 30 N 60 E	Q65030-N60-E



Gewicht etwa 0,017 g

**Grenzdaten**

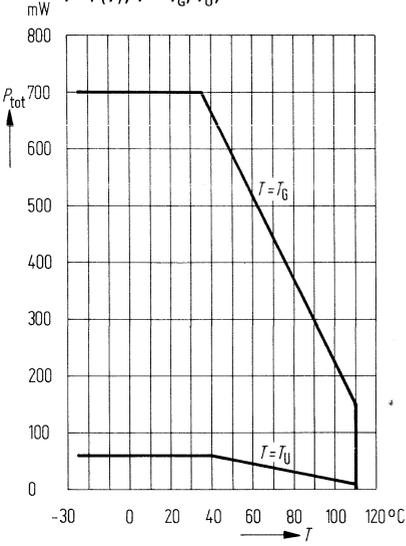
Max. Betriebstemperatur	$T_{max}$	110	°C
Lagertemperatur	$T_S$	-40 bis +130	°C
Max. elektr. Belastung ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ )	$P_{tot}$	700	mW
Isolationsspannung zwischen System und Unterlage	$U_i$	100	V
Wärmeleitwert: einseitig auf Metallfläche aufgeklebt	$G_{thG}$	10	mW/K
frei in Luft	$G_{thU}$	0,8	mW/K

**Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )**

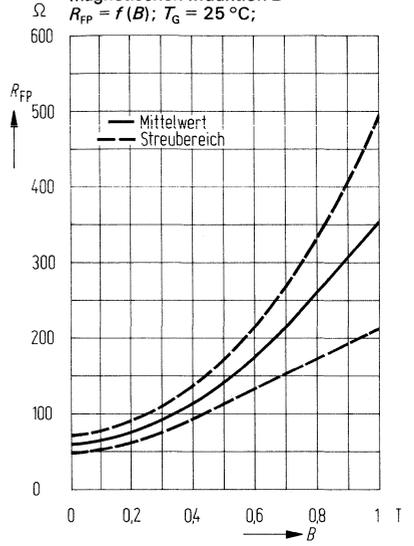
Grundwiderstand	$R_0$	60	$\Omega$
Toleranz des Grundwiderstandes	$R_0\text{-Tol.}$	$\pm 20$	%
Relative Widerstandsänderung: $B = \pm 0,3 \text{ T}^1$	$R_B/R_0$	1,6 ( $> 1,4$ )	-
$B = \pm 1 \text{ T}$	$R_B/R_0$	6 ( $> 5$ )	-
Temperaturkoeffizient: $B = 0 \text{ T}$	$TK_{25}$	+0,02	%/°C
$B = \pm 0,3 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,13	%/°C
$B = \pm 1 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,26	%/°C

<sup>1)</sup> 1 T = 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

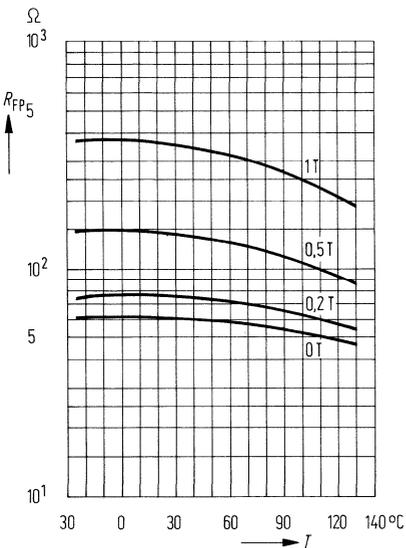
**Temperaturabhängigkeit der zulässigen Gesamtverlustleistung**  
 $P = f(T); T = T_G, T_U;$



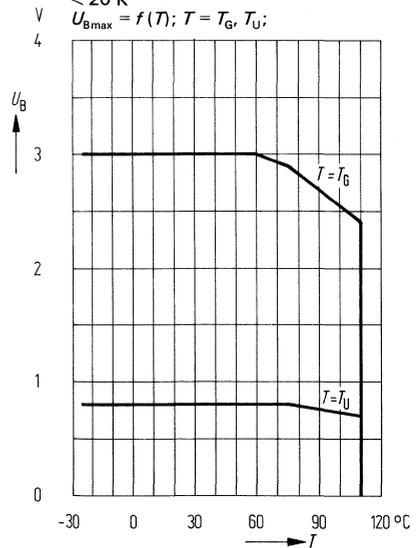
**Abhängigkeit des Feldplattenwiderstandes von der magnetischen Induktion B**  
 $R_{FP} = f(B); T_G = 25\text{ °C};$



**Temperaturabhängigkeit des Feldplattenwiderstandes<sup>1)</sup>**  
 $R_{FP} = f(T); B = \text{Parameter}$



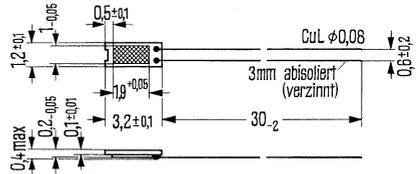
**Temperaturabhängigkeit der maximal zulässigen Betriebsspannung für Systemübertemperatur < 20 K**  
 $U_{Bmax} = f(T); T = T_G, T_U;$



<sup>1)</sup> für Mittelwerte des Feldplattenwiderstandes R\_FP

Die Feldplatte FP 30 D 250 E ist ein auf einen Eisenträger montierter magnetisch steuerbarer Widerstand aus InSb/NiSb mit einem Grundwiderstand  $R_0$  von 250  $\Omega$ .

Typ	Bestellnummer
FP 30 D 250 E	Q65030-D250-E



Gewicht etwa 0,017 g

**Grenzdaten**

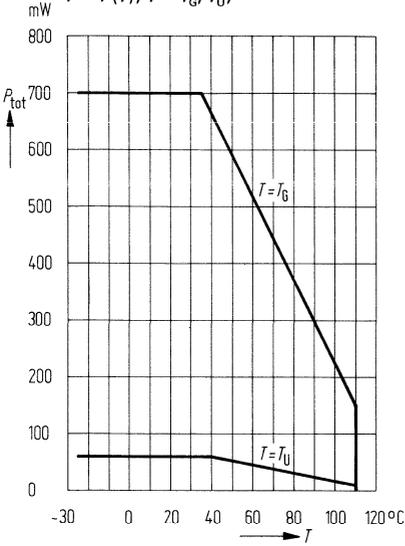
Max. Betriebstemperatur	$T_{max}$	110	°C
Lagertemperatur	$T_S$	-40 bis +130	°C
Max. elektr. Belastung ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ )	$P_{tot}$	700	mW
Isolationsspannung zwischen System und Unterlage	$U_i$	100	V
Wärmeleitwert: einseitig auf Metallfläche aufgeklebt frei in Luft	$G_{thG}$ $G_{thU}$	10 0,8	mW/K mW/K

**Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )**

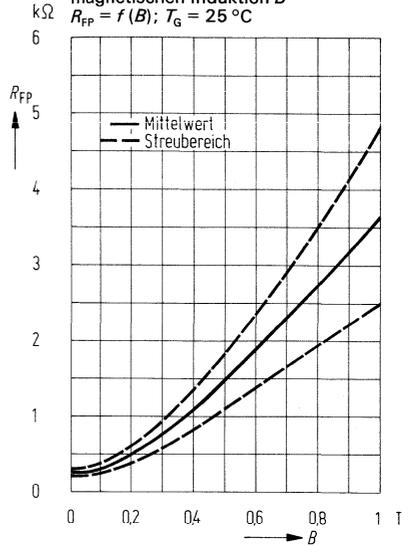
Grundwiderstand	$R_0$	250	$\Omega$
Toleranz des Grundwiderstandes	$R_0\text{-Tol.}$	$\pm 20$	%
Relative Widerstandsänderung: $B = \pm 0,3 \text{ T}^1$	$R_B/R_0$	3 ( $> 2,8$ )	-
$B = \pm 1 \text{ T}$	$R_B/R_0$	15 ( $> 12$ )	-
Temperaturkoeffizient: $B = 0 \text{ T}$	$TK_{25}$	-1,8	%/°C
$B = \pm 0,3 \text{ T}$	$TK_{25}$	-2,7	%/°C
$B = \pm 1 \text{ T}$	$TK_{25}$	-2,9	%/°C

<sup>1)</sup> 1 T = 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

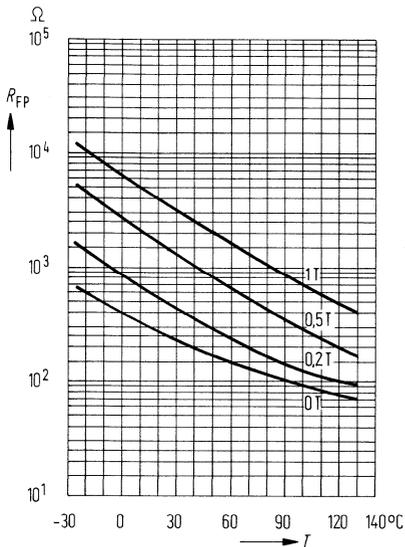
**Temperaturabhängigkeit**  
der zulässigen Gesamtverlustleistung  
 $P = f(T); T = T_G, T_U;$



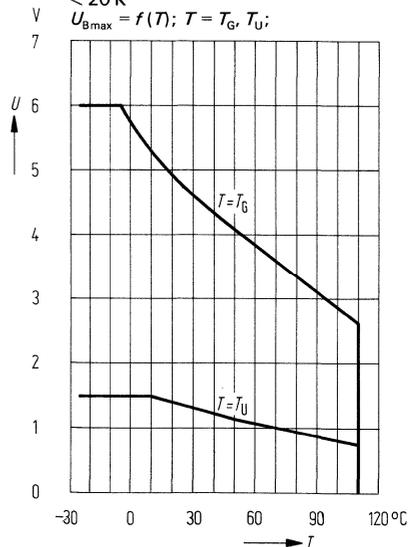
**Abhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes von der  
magnetischen Induktion  $B$   
 $R_{FP} = f(B); T_G = 25^\circ\text{C}$



**Temperaturabhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes<sup>1)</sup>  
 $R_{FP} = f(T); B = \text{Parameter}$



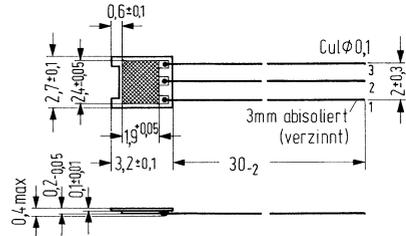
**Temperaturabhängigkeit**  
der maximal zulässigen Betriebs-  
spannung für Systemübertemperatur  
< 20 K  
 $U_{B\text{max}} = f(T); T = T_G, T_U;$



<sup>1)</sup> für Mittelwerte des Feldplattenwiderstandes  $R_{FP}$

Die Differential-Feldplatte FP 111 L 100 ist ein auf einen Eisenträger montierter magnetisch steuerbarer Widerstand aus InSb/NiSb mit einem Gesamtgrundwiderstand  $R_0$  von  $2 \times 100 \Omega$ .

Typ	Bestellnummer
FP 111 L 100	Q65111-L100-D



Gewicht etwa 0,03 g

### Grenzdaten

Betriebstemperatur  
 Lagertemperatur  
 Elektrische Belastung ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ )  
 Isolationsspannung zwischen System und Träger  
 Wärmeleitwert:  
 einseitig auf Metallfläche aufgeklebt  
 frei in Luft

$T$	110	$^\circ\text{C}$
$T_S$	-40 bis +130	$^\circ\text{C}$
$P_{\text{tot}}$	1000	mW
$U_1$	100	V
$G_{\text{thG}}$	15	mW/ $^\circ\text{C}$
$G_{\text{thU}}$	1,0	mW/ $^\circ\text{C}$

### Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

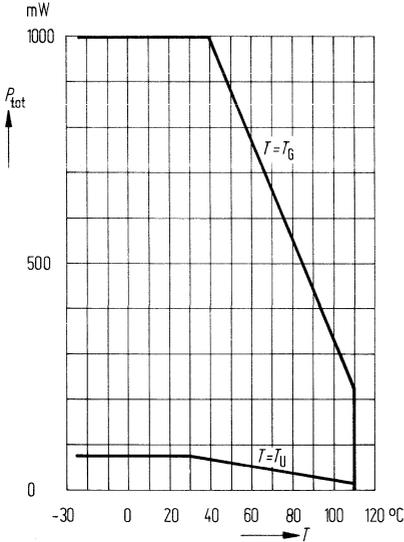
Grundwiderstand ( $B = 0$ )  
 Toleranz von  $R_0$   
 Mittensymmetrie<sup>1)</sup>  
 Relative Widerstandsänderung:  
 $B = \pm 0,3 \text{ T}^2$   
 $B = \pm 1 \text{ T}$   
 Temperaturkoeffizient:  
 $B = 0 \text{ T}$   
 $B = 0,3 \text{ T}$   
 $B = 1 \text{ T}$

$R_{1-3}$	200	$\Omega$
$R_0$ -Tol.	$\pm 20$	%
$M$	$2 (< 5)$	%
$R_B/R_0$	$1,85 (> 1,7)$	-
$R_B/R_0$	$8,5 (> 7)$	-
$TK_{25}$	-0,16	%/ $^\circ\text{C}$
$TK_{25}$	-0,38	%/ $^\circ\text{C}$
$TK_{25}$	-0,54	%/ $^\circ\text{C}$

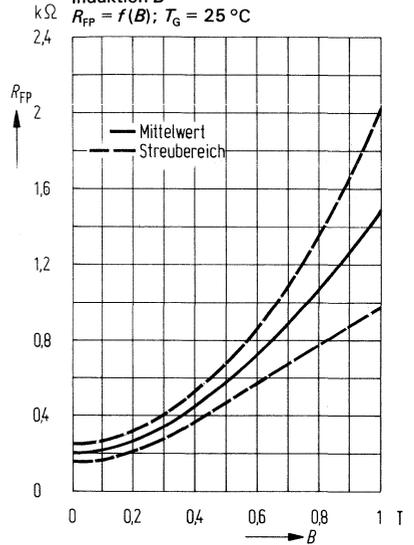
<sup>1)</sup>  $M = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \cdot 100$ ; für  $R_1 > R_2$

<sup>2)</sup> 1 T = 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

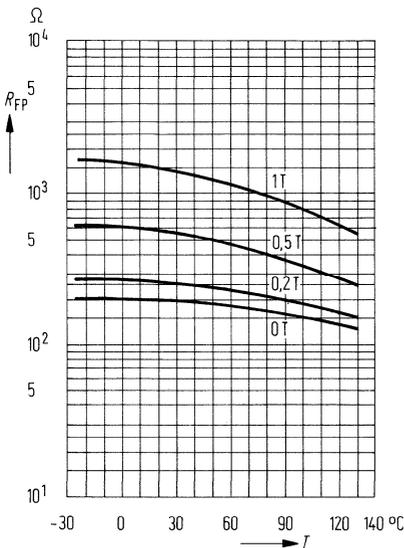
**Temperaturabhängigkeit**  
der zulässigen Gesamtverlustleistung  
 $P_{tot} = f(T); T = T_G, T_U;$



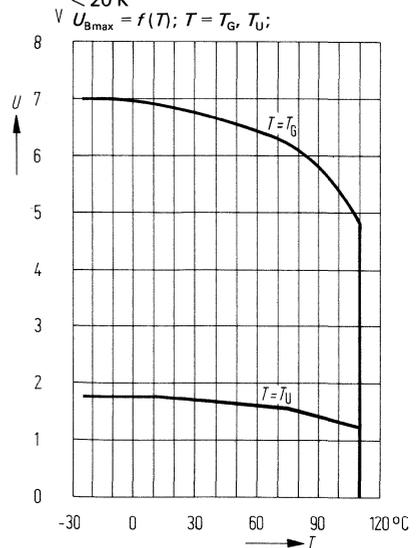
**Abhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes des  
Gesamtsystems von der magnetischen  
Induktion  $B$   
 $R_{FP} = f(B); T_G = 25\text{ °C}$



**Temperaturabhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes<sup>1)</sup>  
 $R_{FP} = f(T); B = \text{Parameter}$



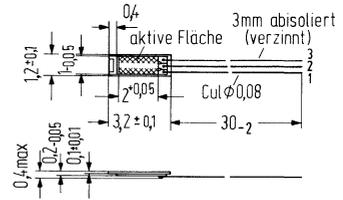
**Temperaturabhängigkeit**  
der maximal zulässigen Betriebs-  
spannung für Systemübertemperatur  
< 20 K



<sup>1)</sup> für Mittelwerte des Feldplattenwiderstandes  $R_{FP}$

Die Differential-Feldplatte FP 110 L60 ist ein auf einen Eisenträger montierter magnetisch steuerbarer Widerstand aus InSb/NiSb mit einem Gesamtgrundwiderstand  $R_0$  von  $2 \times 60 \Omega$ .

Typ	Bestellnummer
FP 110 L 60	Q65110-L60-D



Gewicht etwa 0,02 g      Maße in mm

## Grenzdaten

Betriebstemperatur	$T$	110	°C
Lagertemperatur	$T_S$	-40 bis +130	°C
Elektrische Belastung ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ )	$P_{\text{tot}}$	700	mW
Isolationsspannung zwischen System und Träger	$U_i$	100	V
Wärmeleitwert:			
einseitig auf Metallfläche aufgeklebt	$G_{\text{thG}}$	10	mW/K
frei in Luft	$G_{\text{thU}}$	0,8	mW/K

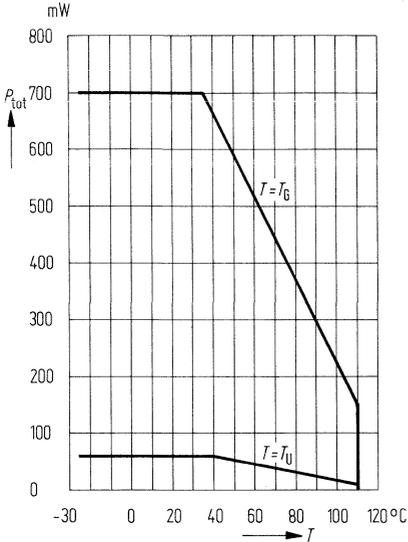
## Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

Grundwiderstand ( $B = 0$ )	$R_{1-3}$	120	$\Omega$
Toleranz von $R_0$	$R_0\text{-Tol.}$	$\pm 20$	%
Mittensymmetrie <sup>1)</sup>	$M$	$2 (< 5)$	%
Relative Widerstandsänderung:			
$B = \pm 0,3 \text{ T}^2$	$R_B/R_0$	$1,85 (> 1,7)$	-
$B = \pm 1 \text{ T}$	$R_B/R_0$	$8,5 (> 7)$	-
Temperaturkoeffizient:			
$B = 0 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,16	%/°C
$B = 0,3 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,38	%/°C
$B = 1 \text{ T}$	$TK_{25}$	-0,54	%/°C

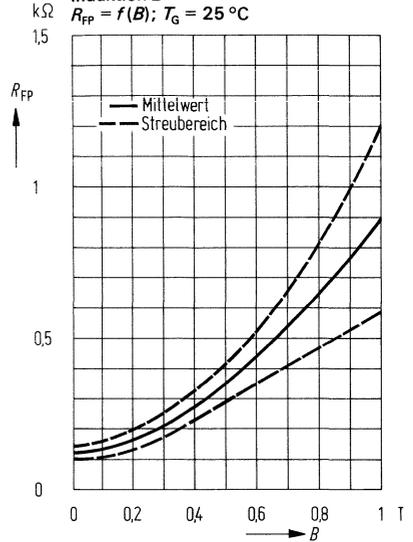
<sup>1)</sup>  $M = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \cdot 100$ ; für  $R_1 > R_2$

<sup>2)</sup> 1 T = 1 Tesla =  $10^4$  Gauß

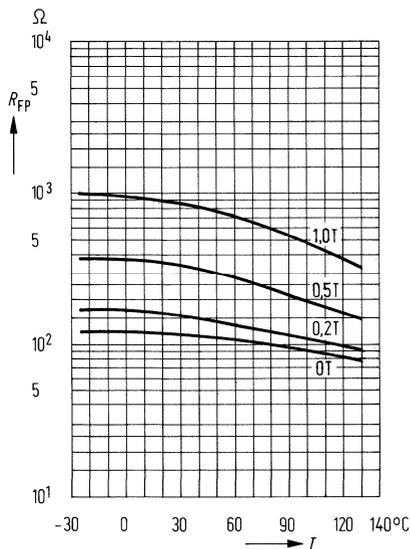
**Temperaturabhängigkeit der zulässigen Gesamtverlustleistung**  
 $P_{tot} = f(T); T = T_G, T_U;$



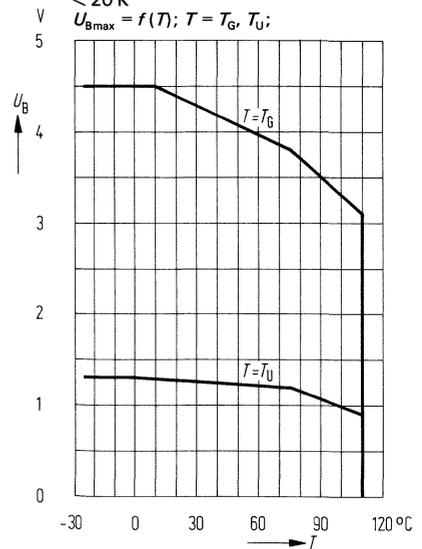
**Abhängigkeit des Feldplattenwiderstandes des Gesamtsystems von der magnetischen Induktion B**  
 $R_{FP} = f(B); T_G = 25\text{ °C}$



**Temperaturabhängigkeit des Feldplattenwiderstandes<sup>1)</sup>**  
 $R_{FP} = f(T); B = \text{Parameter}$



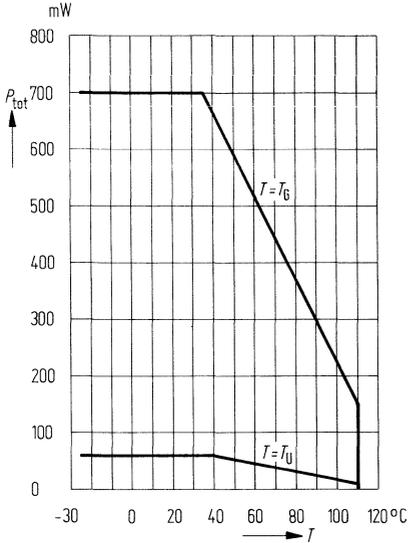
**Temperaturabhängigkeit der maximal zulässigen Betriebsspannung für Systemübertemperatur < 20 K**



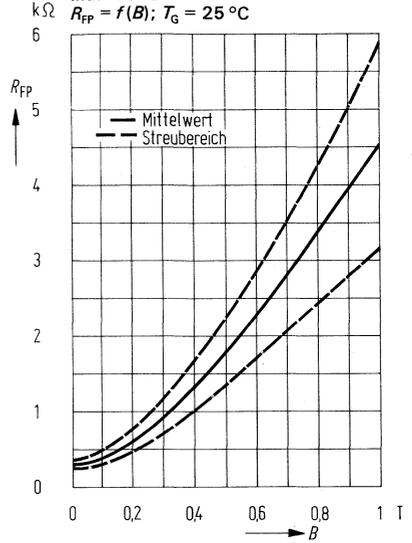
<sup>1)</sup> für Mittelwerte des Feldplattenwiderstandes  $R_{FP}$



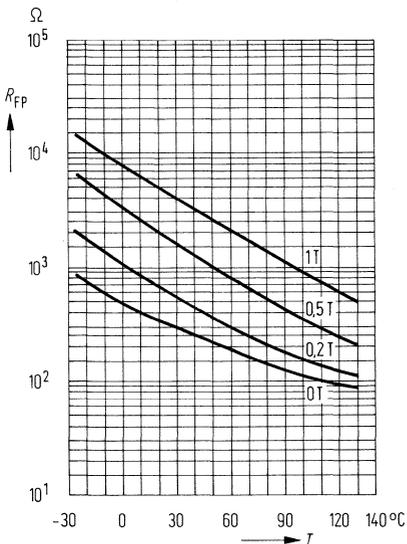
**Temperaturabhängigkeit**  
der zulässigen Gesamtverlustleistung  
 $P_{tot} = f(T); T = T_G, T_U;$



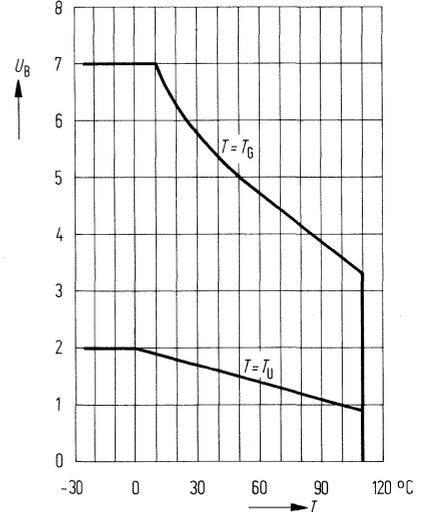
**Abhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes des  
Gesamtsystems von der magnetischen  
Induktion  $B$   
 $R_{FP} = f(B); T_G = 25\text{ °C}$



**Temperaturabhängigkeit**  
des Feldplattenwiderstandes<sup>1)</sup>  
 $R_{FP} = f(T); B = \text{Parameter}$



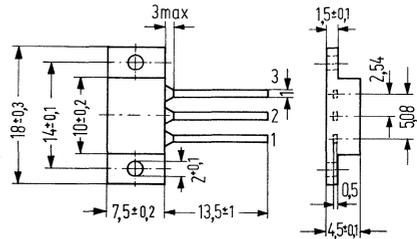
**Temperaturabhängigkeit**  
der maximal zulässigen Betriebs-  
spannung für Systemüber-  
temperatur  $< 20\text{ K}$   
 $U_{Bmax} = f(T); T = T_G, T_U;$



<sup>1)</sup> für Mittelwerte des Feldplattenwiderstandes  $R_{FP}$

Der Feldplatten-Differential-Fühler FP 200 L 100 ist aus zwei magnetisch vorgespannten Feldplatten aufgebaut, die aus L-Material bestehen und einen Grundwiderstand – ohne Vorspannung – von je etwa 125 Ω besitzen. Beide sind als Spannungsteiler geschaltet und zum Schutz gegen mechanische Beanspruchungen in ein Alugehäuse eingebaut und vergossen. Dieser magnetisch steuerbare Geber kann als richtungsabhängiger kontaktloser Schalter eingesetzt werden. Er besitzt dabei im linearen Bereich eine Spannungsänderung von etwa 1,3 V/mm.

Typ	Bestellnummer
FP 200 L 100	Q65200-L100-W



Gewicht etwa 1,4 g

**Grenzdaten** ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ )

Betriebsspannung	$U_B^{1)}$	10	V
Isolationsspannung zwischen System und Gehäuse	$U_I$	100	V
elektr. Belastung des Einzelsystems ( $R_{1-2}$ bzw. $R_{2-3}$ )	$P_{\text{tot}}$	400	mW
Gesamtssystem ( $R_{1-3}$ )	$P_{\text{tot}}$	600	mW
Betriebstemperatur	$T$	-25 bis +80	°C
Lagertemperatur	$T_s$	-25 bis +110	°C
Wärmeleitwert:			
System – Luft	$G_{\text{thU}}$	$\geq 5$	mW/K
System – Gehäuse	$G_{\text{thG}}$	$\geq 10$	mW/K

**Kenndaten** ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

Gesamtwiderstand (Luftspalt $\delta = \infty$ )	$R_{1-3}$	1000	Ω
Toleranz von $R_{1-3}$	$R_{1-3}$ -Tol.	+400 -300	Ω
Leerlauf-Ausgangsspannung <sup>2)</sup> (Stirnflächenfluß $\phi_{\text{st}} = 2 \mu\text{Wb}$ ; $\delta = 0,5 \text{ mm}$ , $U_B = 5 \text{ V}$ )	$U_{\text{ASS}}$	2,5 ( $> 2,2$ )	V
Grenzfrequenz von $U_{\text{ASS}}$ <sup>2)</sup>	$f_g$	$> 7$	KHz
Mittensymmetrie <sup>3)</sup>	$M$	$< 10$	%
Nullspannung <sup>4)</sup> ( $\phi_{\text{st}} = 0$ ; $U_B = 5 \text{ V}$ )	$U_{\text{AO}}$	$\leq 130$	mV

1) entsprechend Diagramm  $U_B = f(T)$

2) entsprechend Meßschaltung und Meßanordnung in Abb. 2

3)  $M = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \cdot 100\%$  für  $R_1 > R_2$

4) entsprechend Meßschaltung in Abb. 2

Die Ansteuerung dieses Gebersystems erfolgt mittels eines Permanentmagneten. Bei der in Abb. 1 gewählten Anordnung verstärkt der magnetische Fluß  $\phi_{st}$  des Steuer- magneten den durch die magnetische Vorspannung erzeugten Fluß  $\phi_v$  der rechten Feldplatte (Anschluß 2–3) und schwächt den der linken Feldplatte (Anschluß 1–2). Dadurch erhöht sich der Widerstandswert der FP<sub>2-3</sub>, während sich der der FP<sub>1-2</sub> verringert. Wird der Steuer magnet nach rechts bewegt, so kehrt sich der Vorgang um.

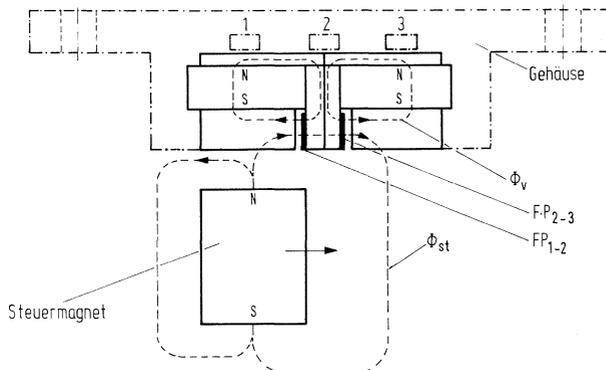


Abb. 1 Ansteuerung des Fühlers mit einem Stabmagneten

Die Anordnung zur Messung der Ausgangsspannung ist in Abb. 2 dargestellt.

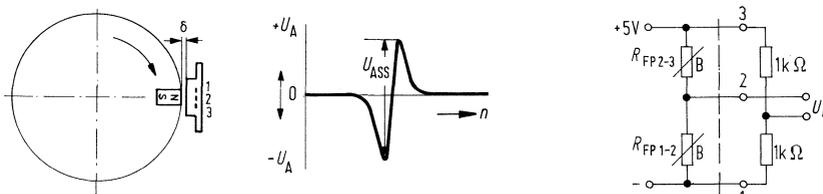
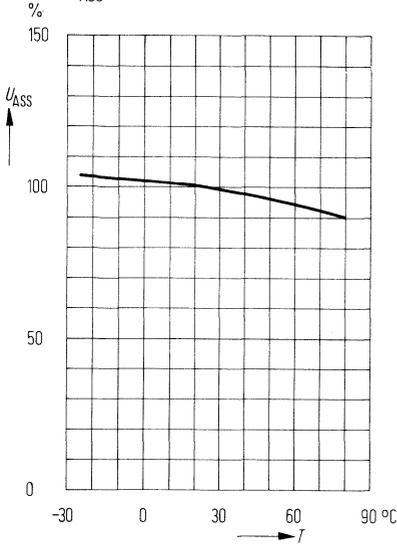


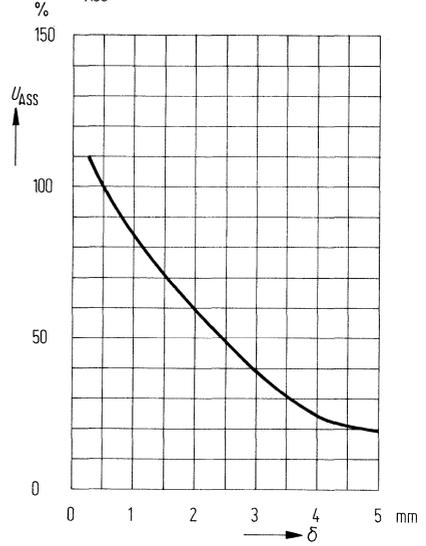
Abb. 2

Eine größere Spannungssteilheit ergibt sich bei Ansteuerung mit einem U-Magneten. Die Messung der Ausgangsspannung wird entsprechend der Anordnung von Abb. 2 mit einem Steuer magneten Alnico 450 ( $\phi$  4 mm, 6 mm lang, Stirnflächenfluß = 2  $\mu$ Wb) durchgeführt.

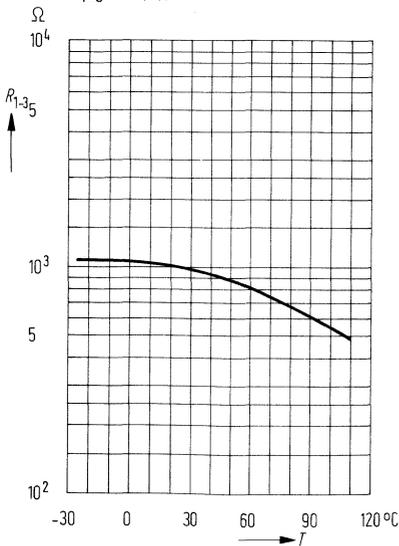
**Temperaturabhängigkeit der Ausgangsspannung (Mittelwert)**  
 $U_{ASS} = f(T); \delta = 0,5 \text{ mm}$   
 $U_{ASS}$  bei  $T = 25^\circ\text{C} \triangleq 100\%$



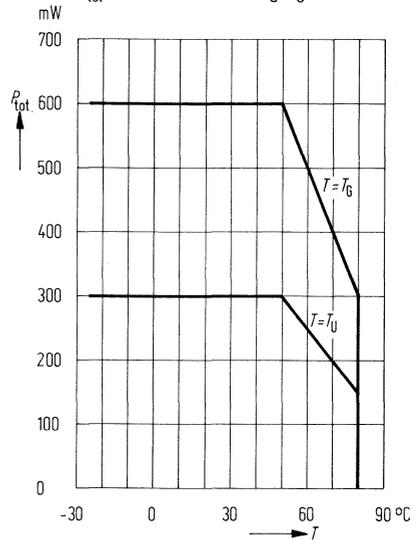
**Luftspaltabhängigkeit der Ausgangsspannung (Mittelwert)**  
 $U_{ASS} = f(\delta); T_G = 25^\circ\text{C}$   
 $U_{ASS}$  bei  $\delta = 0,5 \text{ mm} \triangleq 100\%$



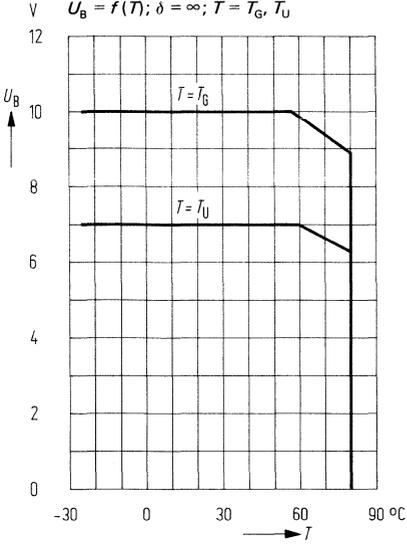
**Temperaturabhängigkeit des Gesamtwiderstandes (Mittelwert)**  
 $R_{1-3} = f(T); \delta = \infty$



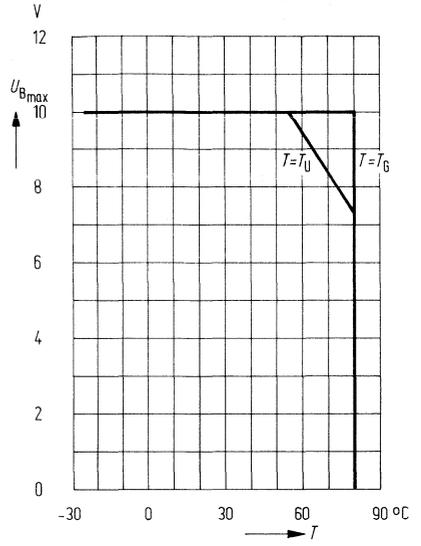
**Temperaturabhängigkeit der zul. Gesamtverlustleistung**  
 $P_{tot} = f(T); \delta = \infty; T = T_G, T_U$



**Temperaturabhängigkeit**  
 der empfohlenen Betriebsspannung  
 für Systemübertemperatur < 30 K  
 $U_B = f(T)$ ;  $\delta = \infty$ ;  $T = T_G, T_U$

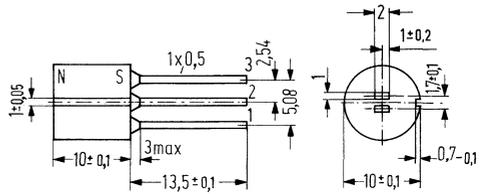


**Temperaturabhängigkeit**  
 der max. zulässigen Betriebsspannung  
 $U_{Bmax} = f(T)$ ;  $\delta = \infty$ ;  $T = T_G, T_U$



Der FP 210 L 100 besteht aus 2 Feldplatten aus L-Material, die ohne magnetische Vorspannung einen Grundwiderstand von je ca. 100 Ω besitzen. Beide sind auf einem gemeinsamen Permanentmagneten befestigt und in Reihe geschaltet, so daß sich infolge der magnetischen Vorspannung der Widerstand des Gesamtsystems auf 300 Ω bei einer Toleranz von ± 80 Ω erhöht. Zum Schutz gegen mechanische Beanspruchung ist das Gebersystem in ein unmagnetisches Gehäuse eingebaut und vergossen.

Typ	Bestellnummer
FP 210 L 100	Q65210-L100-W



Gewicht etwa 2,4 g

### Grenzdaten

Betriebstemperatur	$T$	-25 bis +80	°C
Lagertemperatur	$T_S$	-25 bis +80	°C
Betriebsspannung ( $T_G = 25\text{ °C}$ ) <sup>1)</sup>	$U_B$	7,5	V
elektr. Belastung ( $T_G = 25\text{ °C}$ )			
des einzelnen Widerstandes ( $R_{1-2}$ bzw. $R_{2-3}$ )	$P_{tot}$	250	mW
Isolationsspannung zwischen System und Gehäuse	$U_I$	100	V
Wärmeleitwert	$G_{thU}$	> 5	mW/K

### Kenndaten

Gesamtwiderstand des Gebers (Luftspalt $\delta = \infty$ )	$R_{1-3}$	300	Ω
Toleranz von $R_{1-3}$	$R_{1-3}\text{-Tol.}$	± 80	Ω
Ausgangsspannung <sup>2)</sup>			
( $R_a = 1\text{ M}\Omega$ ; $U_B = 5\text{ V}$ ; $\delta = 0,2\text{ mm}$ )	$U_{ASS}$	> 0,85	V
		> 17	% $U_B$
Mittensymmetrie (Luftspalt $\delta = \infty$ ) <sup>3)</sup>	$M$	< 10	%
Nullspannung ( $\delta = \infty$ ; $U_B = 5\text{ V}$ ) <sup>4)</sup>		≤ 130	mV
Grenzfrequenz	$f$	20	kHz

1) entsprechend Diagramm  $U_B = f(T)$

2) entsprechend Meßschaltung in Abb. 2 und Meßanordnung in Abb. 1

3)  $M = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \cdot 100\%$  für  $R_1 > R_2$

4) entsprechend Meßschaltung in Abb. 2

Wird diesem Gebersystem ein weichmagnetischer Werkstoff angenähert, so wird eine Widerstandsänderung der Feldplatten erzielt. Dabei bewirkt die Potentiometerschaltung der Feldplatten eine entsprechende Anhebung des Nutzsignals bei gleichzeitiger, weitgehender Temperaturkompensation.

Besonders geeignet ist dieses Fühlersystem zur digitalen Drehzahlmessung, wobei ein aus weichmagnetischem Werkstoff bestehendes, an der zu überwachenden Welle angebrachtes Zahnrad mit dem FP 210 L 100 abgetastet wird. Die Zahnteilung soll dem doppelten Mittenabstand der Feldplatten entsprechen (siehe Abb. 1).

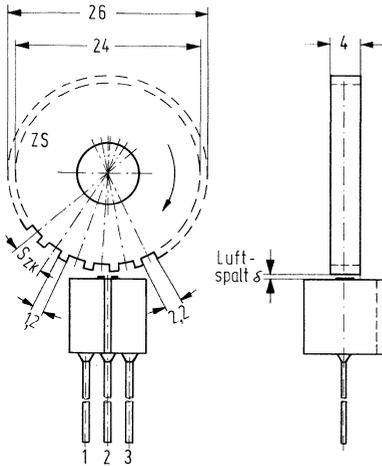


Abb. 1 Schematische Darstellung der Abtastung eines Zahnrades mittels des FP 210 L 100

Zur Messung der Ausgangsspannung werden die Feldplatten durch 2 zusätzliche Widerstände zu einer Brückenschaltung ergänzt. Die Signalspannung kann als Brückenspannung  $U_A$  erfaßt werden.

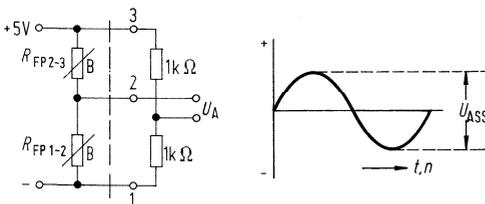


Abb. 2 Ergänzung des FP-Föhlers zu einer Vollbrücke

Zum Umsetzen kleiner Wegstrecken in proportionale elektrische Signale wird ein weichmagnetisches Eisenteil definierter Breite (z.B.  $b = 2,3 \text{ mm}$ ) an der Strirnseite des Fühlers vorbeibewegt. Proportional auswertbar sind Wegstrecken bis zu  $1,5 \text{ mm}$ . Das sinusförmige Ausgangssignal bietet im Bereich des Nulldurchgangs eine dem Weg proportionale Spannung (Abb. 3).

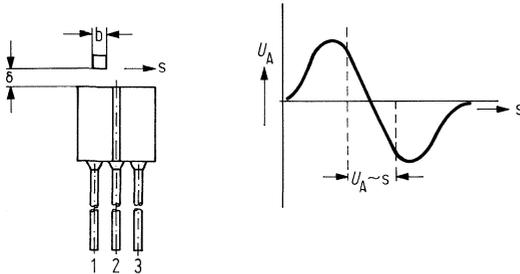
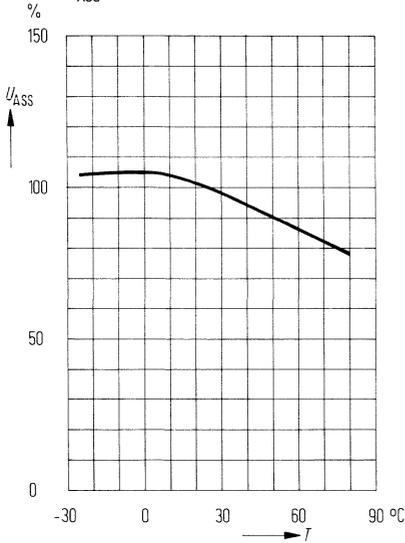


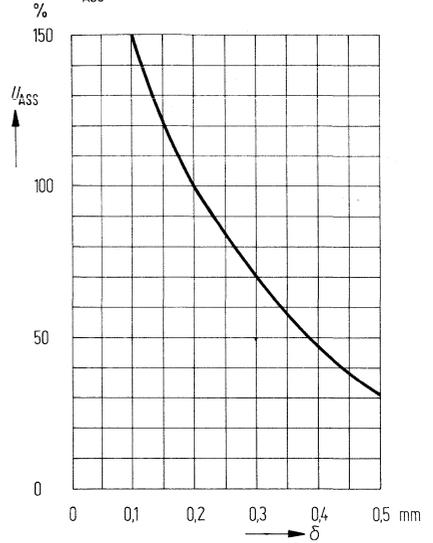
Abb. 3

Die beiden Messungen zur Bestimmung des Ausgangssignals wurden mit einem Zahnrad entsprechend Abb. 1 durchgeführt.

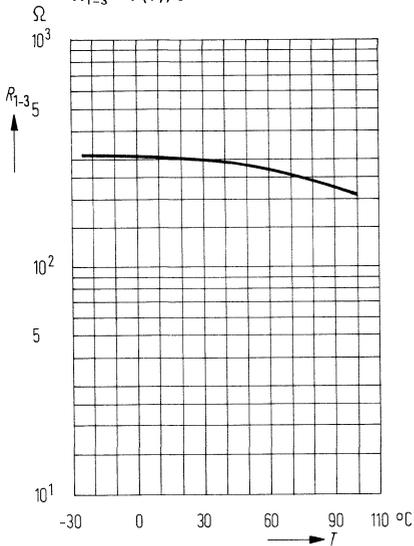
**Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals (Mittelwert)**  
 $U_{ASS} = f(T); \delta = 0,2 \text{ mm}$   
 $U_{ASS}$  bei  $T = 25^\circ\text{C} \hat{=} 100\%$



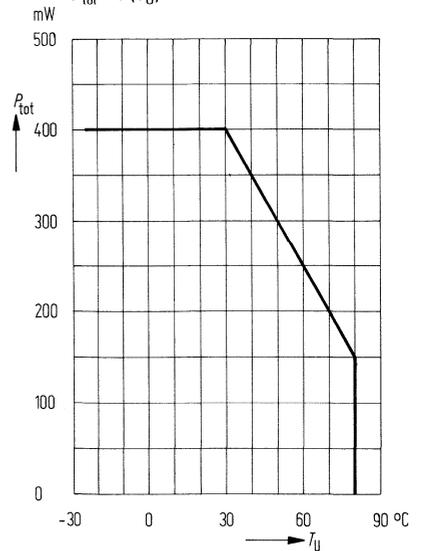
**Luftspaltabhängigkeit des Ausgangssignals (Mittelwert)**  
 $U_{ASS} = f(\delta); T = 25^\circ\text{C}$   
 $U_{ASS}$  bei  $\delta = 0,2 \text{ mm} \hat{=} 100\%$



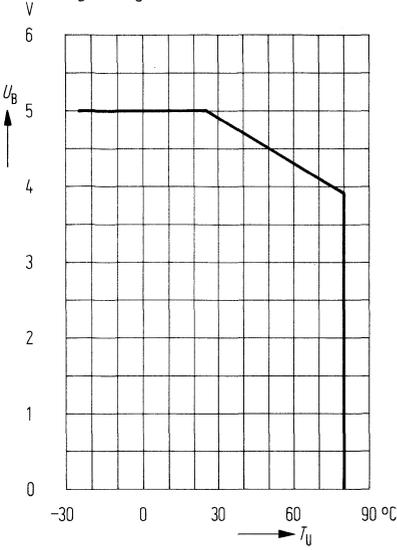
**Temperaturabhängigkeit des Gesamtwiderstandes (Mittelwert)**  
 $R_{1-3} = f(T); \delta = \infty$



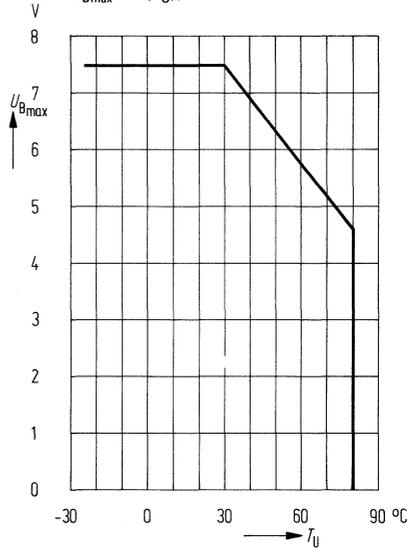
**Temperaturabhängigkeit der zulässigen Gesamtverlustleistung**  
 $P_{tot} = f(T_U)$



**Temperaturabhängigkeit**  
der empfohlenen Betriebsspannung  
für Systemübertemperatur < 20 K  
 $U_B = f(T_U); \delta = \infty$

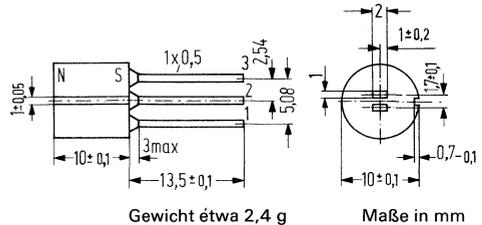


**Temperaturabhängigkeit**  
der maximal zulässigen Betriebs-  
spannung  
 $U_{Bmax} = f(T_U); \delta = \infty$



Der FP 210 D 250 besteht aus 2 Feldplatten aus D-Material, die ohne magnetische Vorspannung einen Grundwiderstand von je etwa 250 Ω besitzen. Beide sind auf einem gemeinsamen Permanentmagneten befestigt und in Reihe geschaltet, so daß sich infolge der magnetischen Vorspannung der Widerstand des Gesamtsystems auf 1 kΩ bei einer Toleranz von ± 300 Ω erhöht. Zum Schutz gegen mechanische Beanspruchungen ist das Gebersystem in ein unmagnetisches Gehäuse eingebaut und vergossen.

Typ	Bestellnummer
FP 210 D 250	Q.65 210-D 250-W



**Grenzdaten**

Betriebstemperatur	$T$	- 25 bis + 80	°C
Lagertemperatur	$T_s$	- 25 bis + 80	°C
Betriebsspannung ( $T_U = 25\text{ °C}$ ) <sup>1)</sup>	$U_B$	7,5	V
elektr. Belastung ( $T_U = 25\text{ °C}$ ) des einzelnen Widerstandes ( $R_{1-2}$ bzw. $R_{2-3}$ )	$P_{tot}$	250	mW
Isolationsspannung zwischen System und Gehäuse	$U_i$	100	V
Wärmeleitwert	$G_{thU}$	> 5	mW/K

**Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )**

Gesamtwiderstand des Gebers (Luftspalt $\delta = \infty$ )	$R_{1-3}$	1000	Ω
Toleranz von $R_{1-3}$	$R_{1-3\ Tol.}$	± 300	Ω
Ausgangsspannung <sup>2)</sup> ( $R_a = 1\text{ M}\Omega$ ; $U_B = 5\text{ V}$ ; $\delta = 0,2\text{ mm}$ )	$U_{ASS}$	> 0,85 > 17	V % $U_{1-3}$
Mittensymmetrie (Luftspalt $\delta = \infty$ ) <sup>3)</sup>	$M$	< 10	%
Nullspannung ( $\delta = \infty$ ; $U_B = 5\text{ V}$ ) <sup>4)</sup>	$U_{Ao}$	≅ 130	mV
Grenzfrequenz	$f$	> 20	kHz

<sup>1)</sup> entsprechend Diagramm  $U_B = f(T)$

<sup>2)</sup> entsprechend Meßschaltung in Abb. 2 und Meßanordnung in Abb. 1

<sup>3)</sup>  $M = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \cdot 100\%$  für  $R_1 > R_2$ .

<sup>4)</sup> entsprechend Meßschaltung in Abb. 2

Nähert sich diesem Gebersystem ein weichmagnetischer Werkstoff, so wird eine Widerstandsänderung der Feldplatten erzielt. Dabei bewirkt die Potentiometerschaltung der Feldplatten eine entsprechende Anhebung des Nutzsignales bei gleichzeitiger, weitgehender Temperaturkompensation.

Besonders geeignet ist dieses Fühlersystem zur digitalen Drehzahlmessung, wobei ein aus weichmagnetischem Werkstoff bestehendes an der zu überwachenden Welle angebrachtes Zahnrad mit dem FP 210 D 250 abgetastet wird. Die Zahnteilung soll dem doppelten Mittenabstand der Feldplatten entsprechen (siehe Abb. 1).

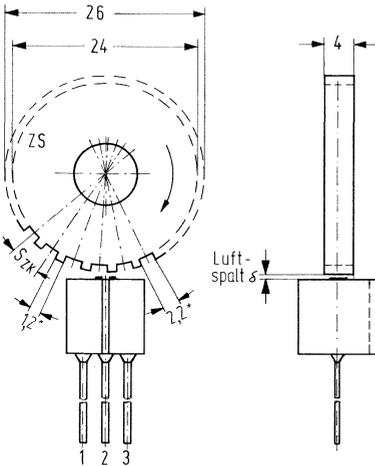


Abb. 1:  
Schematische Darstellung der Abtastung eines Zahnrades mittels eines FP 210 D 250.

\* Richtwerte

Zur Messung der Ausgangsspannung werden die Feldplatten durch 2 zusätzliche Widerstände zu einer Brückenschaltung ergänzt. Die Signalspannung kann als Brückenspannung  $U_A$  erfaßt werden.

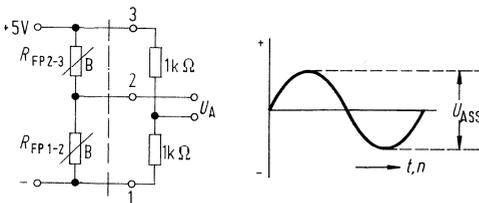


Abb. 2:  
Ergänzung des FP-Fühlers zu einer Vollbrücke

Zum Umsetzen kleiner Wegstrecken in proportionale elektrische Signale wird ein weichmagnetisches Eisenteil definierter Breite (z. B.  $b = 2,3 \text{ mm}$ ) an der Stirnseite des Fühlers vorbeibewegt. Proportional auswertbar sind Wegstrecken bis zu  $1,5 \text{ mm}$ . Das sinusförmige Ausgangssignal bietet im Bereich des Nulldurchgangs eine dem Weg proportionale Spannung (Abb. 3).

Die beiden Messungen zur Bestimmung des Ausgangssignals wurden mit einem Zahnrad entsprechend Abb. 1 durchgeführt.

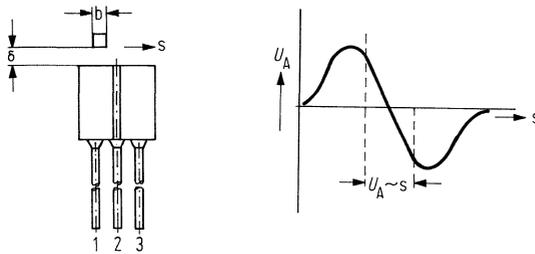
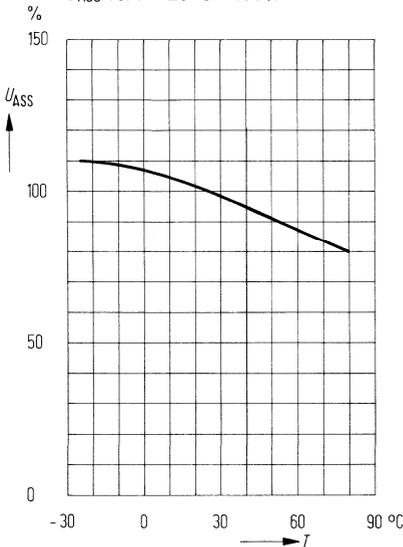
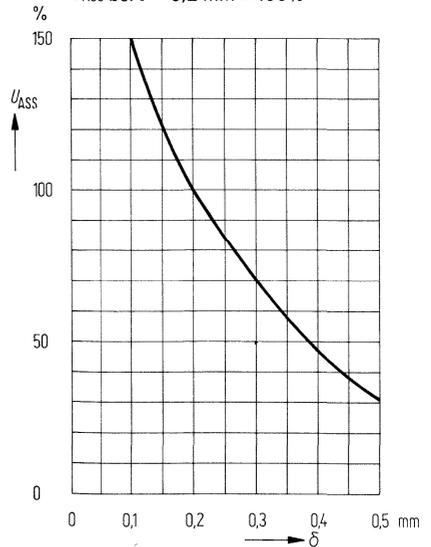


Abb. 3

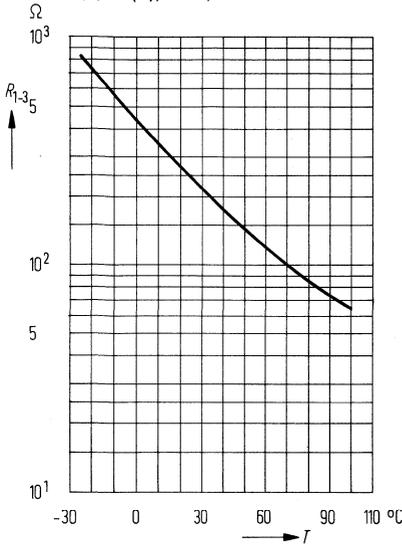
**Temperaturabhängigkeit**  
des Ausgangssignals (Mittelwert)  
 $U_{ASS} = f(T); \delta = 0,2 \text{ mm};$   
 $U_{ASS} \text{ bei } T = 25 \text{ }^\circ\text{C} \hat{=} 100\%$



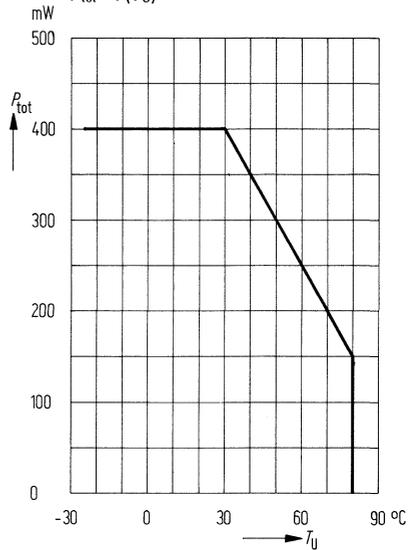
**Luftspaltabhängigkeit**  
des Ausgangssignals (Mittelwert)  
 $U_{ASS} = f(\delta); T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $U_{ASS} \text{ bei } \delta = 0,2 \text{ mm} \hat{=} 100\%$



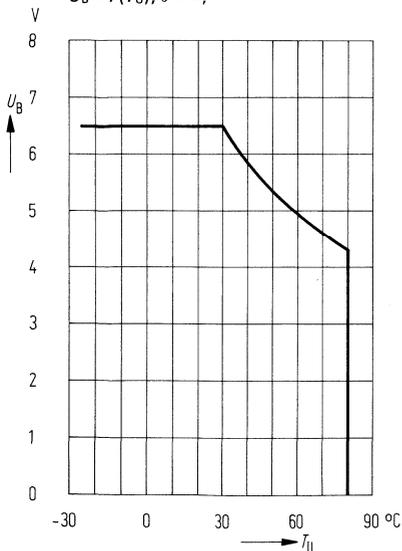
**Temperaturabhängigkeit des Gesamtwiderstandes (Mittelwert)**  
 $R_{1-3} = f(T); \delta = \infty;$



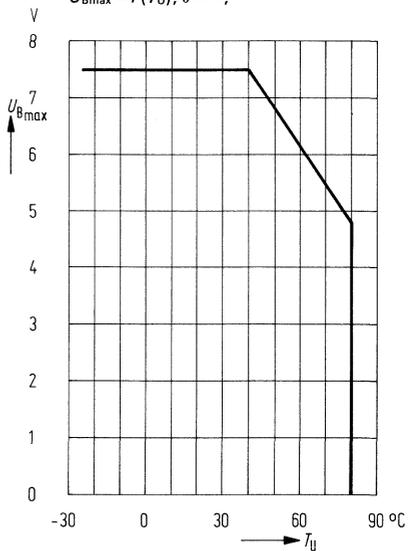
**Temperaturabhängigkeit der zulässigen Gesamtverlustleistung**  
 $P_{tot} = f(T_U)$



**Temperaturabhängigkeit der empfohlenen Betriebsspannung**  
 $U_B = f(T_U); \delta = \infty;$



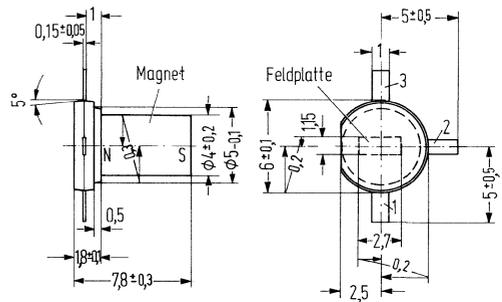
**Temperaturabhängigkeit der maximal zulässigen Betriebsspannung**  
 $U_{Bmax} = f(T_U); \delta = \infty;$



Der Feldplatten-Differential-Fühler FP 211 D 155 besteht aus einer Differential-Feldplatte aus D-Material, welche auf einen Weicheisenträger montiert ist. Der Grundwiderstand ohne magnetische Vorspannung beträgt je rund 155 Ohm. Die tablettenförmige Einheit ist kunststoffumpreßt und hat seitlich drei Anschlußfahnen. Die magnetische Vorspannung erzeugt ein auf der Unterseite des Fühlerkopfes montierter Permanentmagnet.

Das Fühlerelement eignet sich zum Umsetzen kleiner Wegstrecken in elektrische Signale, zum Erfassen von Drehzahl und Drehsinn von Zahnrädern, als exakter Positionsgeber usw. Die Signalamplitude ist unabhängig von der Geschwindigkeit des vorbeibewegten Eisenteils.

Typ	Bestellnummer
FP 211 D 155	Q 65 211-D 155-W



Gewicht etwa 0,75 g

**Grenzdaten**

Betriebstemperatur	$T$	- 25 bis + 80	°C
Lagertemperatur	$T_s$	- 25 bis + 100	°C
Isolationsspannung zwischen System und Träger	$U_I$	60	V
Betriebsspannung ( $T_G = 25\text{ °C}$ ) elektrische Belastung	$U_{B1}$	5,5	V
( $T_G = 25\text{ °C}$ )	$P_{tot}$	300	mW
( $T_U = 25\text{ °C}$ )	$P_{tot}$	150	mW
Wärmeleitwert	$G_{thU}$	2,5	mW/K
	$G_{thG}$	5	mW/K

**Kenndaten ( $T_U = 25\text{ °C}$ )**

Gesamtwiderstand (Luftspalt $\delta = \infty$ )	$R_{1-3}$	400	$\Omega$
Toleranz von $R_{1-3}$	$R_{1-3\text{ Tol.}}$	$\pm 120$	$\Omega$
Mittensymmetrie	$M^2)$	$\leq 5$	%
Nullspannung ( $U_B = 5\text{ V}$ ; $\delta = \infty$ )	$U_{A0^3)}$	$\leq 64$	mV
Leerlaufausgangsspannung ( $U_B = 5\text{ V}$ ; $\delta = 0,2\text{ mm}$ )	$U_{ASS^4)}$	$\geq 400$	mV
		$\geq 8$	% $U_B$
Grenzfrequenz	$f$	$> 20$	kHz

<sup>1)</sup> entsprechend Diagramm  $U_B = f(T)$

<sup>2)</sup>  $M = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\%$  für  $R_1 > R_2$

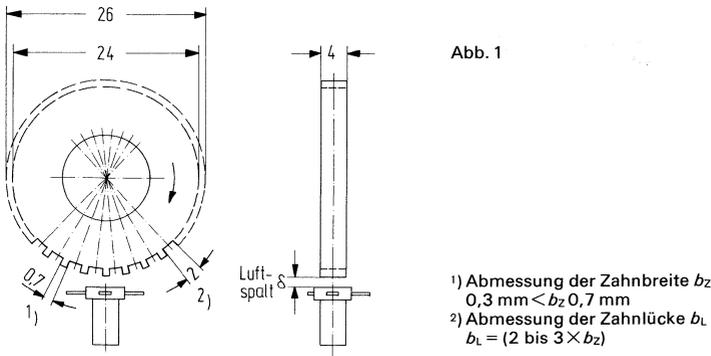
<sup>3)</sup> entsprechend Meßschaltung in Abb. 2

<sup>4)</sup> entsprechend Meßschaltung in Abb. 2 und Meßanordnung Abb. 1

**Meßanordnung**

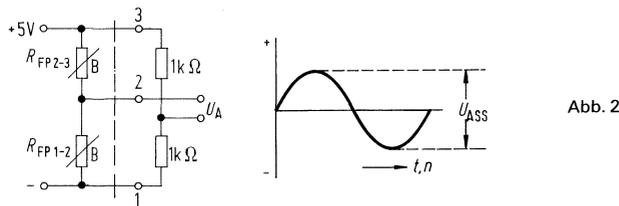
Wird diesem Fühlersystem ein weichmagnetischer Werkstoff angenähert, so stellt sich eine Widerstandsänderung der Feldplatten ein.

Zur digitalen Drehzahlmessung steuert ein aus weichmagnetischem Werkstoff bestehendes Zahnrad den Feldplattenfühler an.



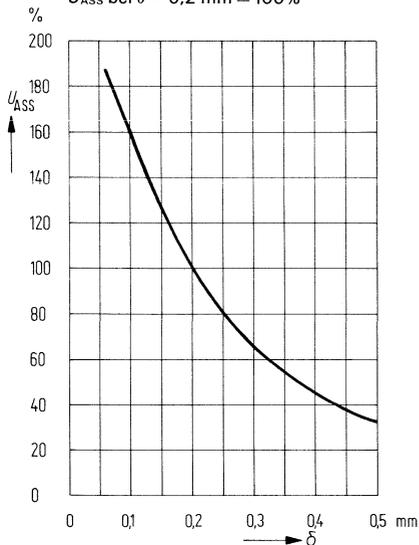
Zur Messung der Ausgangsspannung wird die Differential-Feldplatte durch zwei Widerstände zu einer Brückenschaltung ergänzt.

Die Ausgangsspannung kann als Brückenspannung  $U_A$  erfaßt werden.

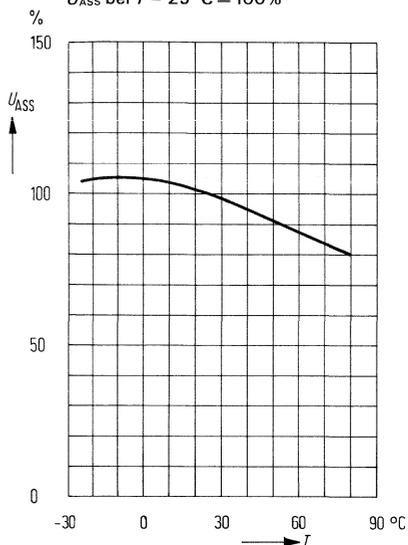


Die beiden Messungen zur Bestimmung des Ausgangssignals wurden mit einem Zahnrad entsprechend Abb. 1 durchgeführt.

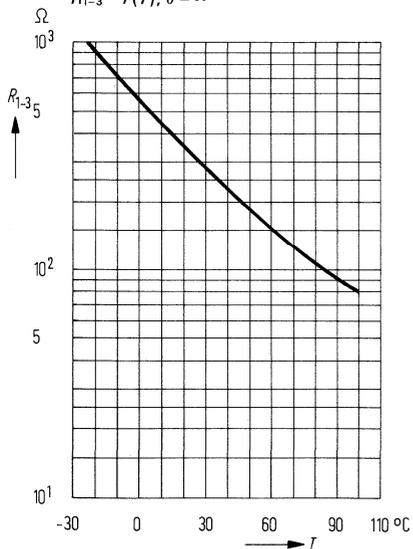
**Luftspaltabhängigkeit**  
des Ausgangssignals (Mittelwert)  
 $U_{ASS} = f(\delta); T = 25\text{ °C}$   
 $U_{ASS}$  bei  $\delta = 0,2\text{ mm} \hat{=} 100\%$



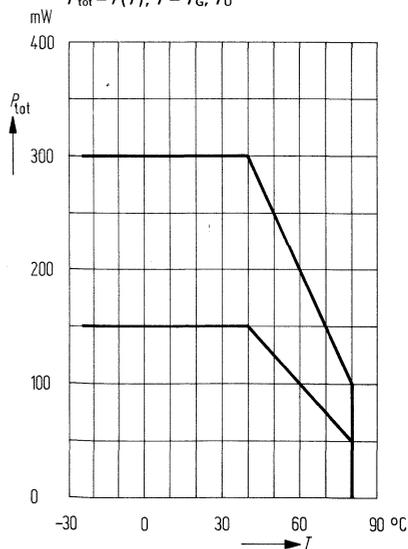
**Temperaturabhängigkeit**  
des Ausgangssignals (Mittelwert)  
 $U_{ASS} = f(T); \delta = 0,2\text{ mm}$   
 $U_{ASS}$  bei  $T = 25\text{ °C} \hat{=} 100\%$



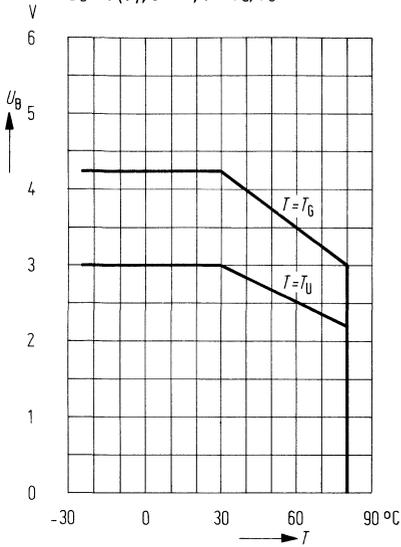
**Temperaturabhängigkeit**  
des Gesamtwiderstandes (Mittelwert)  
 $R_{1-3} = f(T); \delta = \infty$



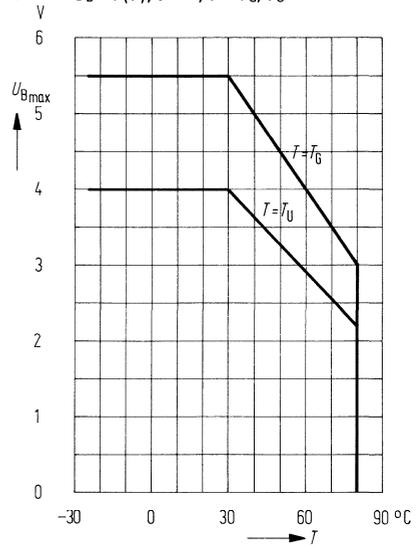
**Temperaturabhängigkeit**  
der zulässigen Gesamtverlustleistung  
 $P_{tot} = f(T); T = T_G, T_U$



**Temperaturabhängigkeit  
der empfohlenen Betriebsspannung**  
 $U_B = f(T)$ ;  $\delta = \infty$ ;  $T = T_G, T_U$



**Temperaturabhängigkeit  
der maximal zulässigen Betriebsspannung**  
 $U_{B,max} = f(T)$ ;  $\delta = \infty$ ;  $T = T_G, T_U$

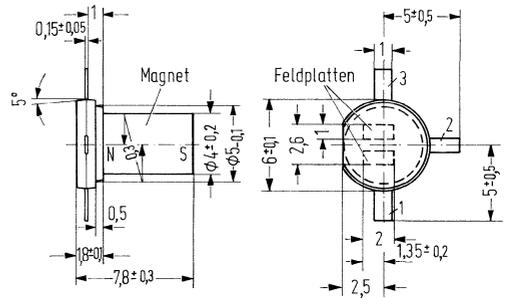


Der Feldplatten-Differential-Fühler FP 212 L 100 besteht aus zwei Feldplatten aus L-Material, welche auf einen Weicheisen-Polschuh montiert sind. Die tablettenförmige Einheit ist kunststoffverspritzt und hat seitlich drei Anschlußfahnen.

Der Grundwiderstand des Gesamtsystems beträgt  $2 \times 100 \Omega$ . An der Unterseite des Fühlerkopfes ist ein Permanentmagnet befestigt, der die magnetische Vorspannung liefert. Das Fühlerelement eignet sich sowohl zum Aufnehmen von Drehzahlen und zur exakten Positionserfassung bewegter Teile als auch zum Umsetzen kleiner Wegstrecken in proportionale elektrische Signale.

Die Signalamplitude ist unabhängig von der Geschwindigkeit des vorbeibewegten Eisenteils.

Typ	Bestellnummer
FP 212 L 100	Q 65 212-L 100-W



Gewicht etwa 0,75 g

**Grenzdaten**

Betriebstemperatur	$T$	- 25 bis + 110	°C
Lagertemperatur	$T_s$	- 25 bis + 110	°C
Isolationsspannung zwischen System und Träger	$U_i$	60	V
Betriebsspannung ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ ) elektrische Belastung ( $T_G = 25^\circ\text{C}$ ) ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )	$U_{B^1}$	10	V
Wärmeleitwert	$P_{tot}$	700	mW
	$P_{tot}$	300	mW
	$G_{thU}$	$\geq 4$	mW/K
	$G_{thG}$	$\geq 10$	mW/K

**Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )**

Gesamtwiderstand (Luftspalt $\delta = \infty$ )	$R_{1-3}$	300	$\Omega$
Toleranz von $R_{1-3}$	$R_{1-3 \text{ Tol.}}$	$\pm 80$	$\Omega$
Mittensymmetrie ( $\delta = \infty$ )	$M^2$	$\leq 10$	%
Nullspannung ( $U_B = 5 \text{ V}$ ; $\delta = \infty$ )	$U_{A0^3}$	$\leq 130$	mV
Leerlaufausgangsspannung ( $U_B = 5 \text{ V}$ ; $\delta = 0,2 \text{ mm}$ )	$U_{ASS^4}$	$\geq 0,85$	V
		$\geq 17$	% $U_B$
Grenzfrequenz	$f$	$\geq 20$	kHz

<sup>1)</sup> entsprechend Diagramm  $U_B = f(T)$

<sup>2)</sup>  $M = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\%$  für  $R_1 > R_2$

<sup>3)</sup> entsprechend Meßschaltung in Abb. 2

<sup>4)</sup> entsprechend Meßschaltung in Abb. 2 und Meßanordnung in Abb. 1

**Meßanordnung**

Wird diesem Fühler stirnseitig ein weichmagnetischer Werkstoff angenähert, so stellt sich eine Widerstandsänderung der Feldplatten ein.

Zur digitalen Drehzahlmessung steuert ein aus weichmagnetischem Werkstoff bestehendes Zahnrad den Feldplattenfühler an.

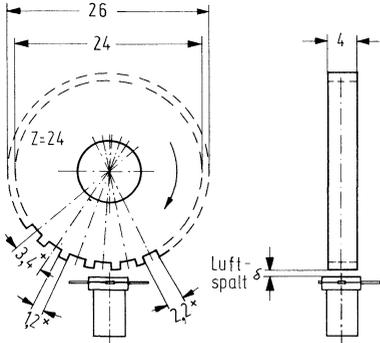


Abb. 1

\* Richtwerte

Zur Messung der Ausgangsspannung werden die beiden Feldplatten durch zwei Widerstände zu einer Brückenschaltung ergänzt. Die Ausgangsspannung kann als Brückenspannung  $U_A$  erfaßt werden.

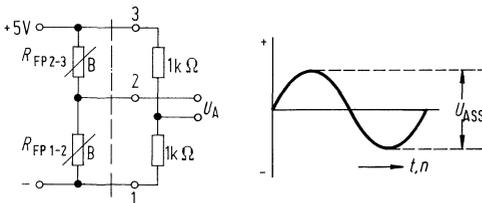


Abb. 2

Zum Umsetzen kleiner Wegstrecken in proportionale elektrische Signale wird ein weichmagnetisches Eisenteil definierter Breite (z. B.  $b = 2,3 \text{ mm}$ ) an der Stirnseite des Fühlers vorbeibewegt. Proportional auswertbar sind Wegstrecken bis zu  $1,5 \text{ mm}$ . Das sinusförmige Ausgangssignal bietet im Bereich des Nulldurchgangs eine dem Weg proportionale Spannung.

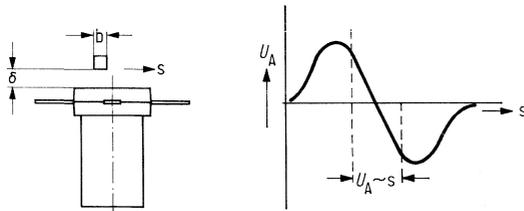
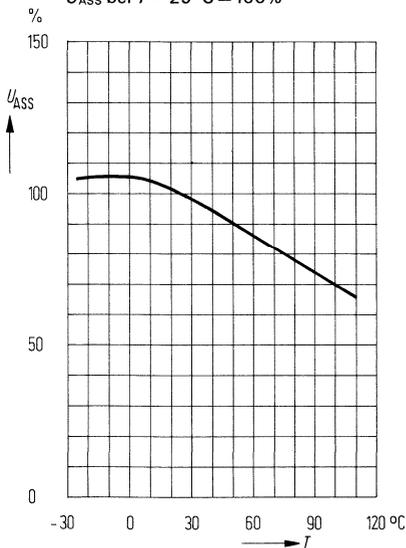


Abb. 3

Die beiden Messungen zur Bestimmung des Ausgangssignals wurden mit einem Zahnrad entsprechend Abb. 1 durchgeführt.

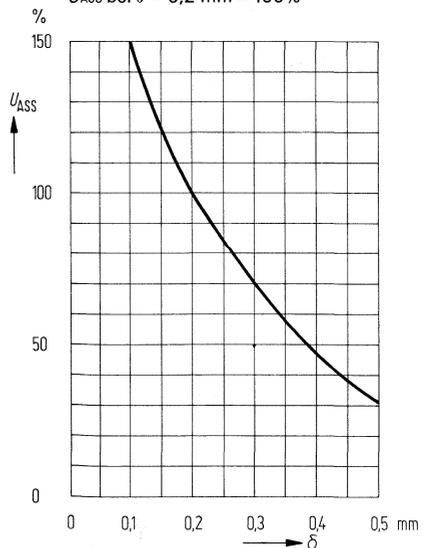
**Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals (Mittelwert)**

$U_{ASS} = f(T)$ ;  $\delta = 0,2 \text{ mm}$ ;  
 $U_{ASS}$  bei  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C} \hat{=} 100\%$

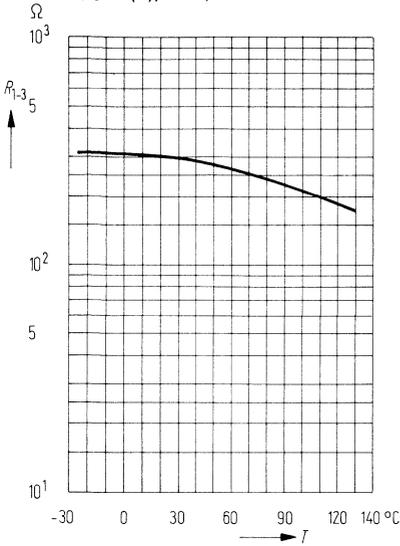


**Luftspaltabhängigkeit des Ausgangssignals (Mittelwert)**

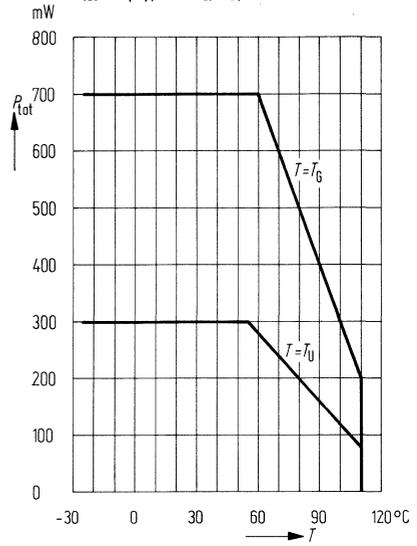
$U_{ASS} = f(\delta)$ ;  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 $U_{ASS}$  bei  $\delta = 0,2 \text{ mm} \hat{=} 100\%$



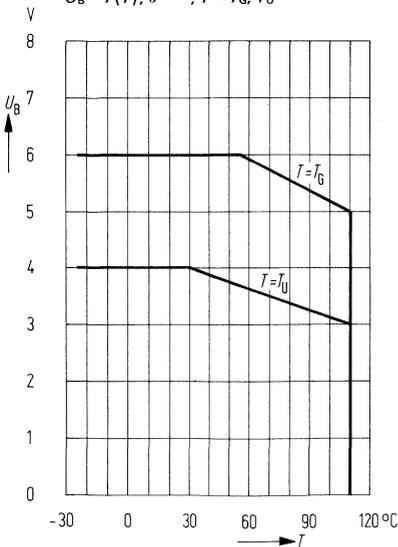
**Temperaturabhängigkeit des Gesamtwiderstandes (Mittelwert)**  
 $R_{1-3} = f(T); \delta = \infty;$



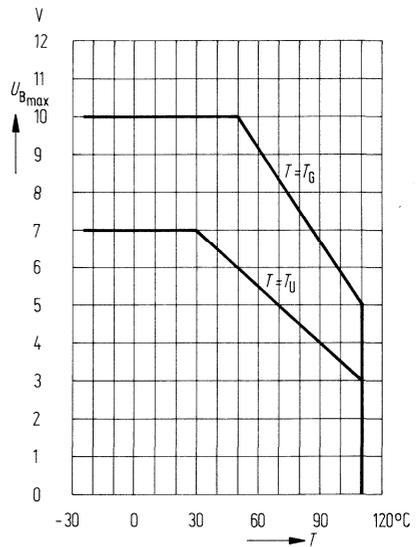
**Temperaturabhängigkeit der zulässigen Gesamtverlustleistung**  
 $P_{tot} = f(T); T = T_G, T_U;$



**Temperaturabhängigkeit der empfohlenen Betriebsspannung für Systemübertemperatur < 20 K**  
 $U_B = f(T); \delta = \infty; T = T_G, T_U$

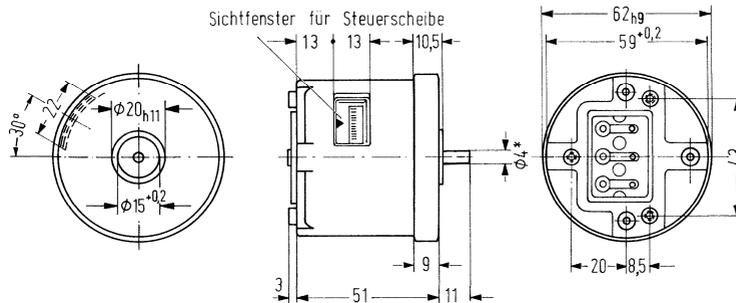


**Temperaturabhängigkeit der maximal zulässigen Betriebsspannung**  
 $U_{Bmax} = f(T); \delta = \infty; T = T_G, T_U$



FP 300 N 2 x 35 ist ein Feldplatten-Potentiometer, dessen Aufbau und Funktionsweise anschließend beschrieben wird.

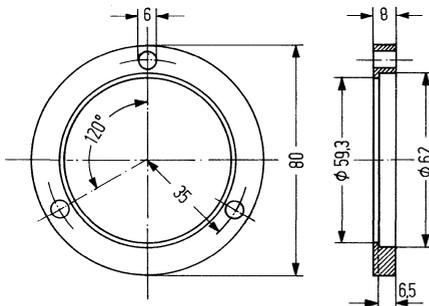
Typ	Bestellnummer
FP 300 N 2 x 35 (Linearitätsfehler $\pm 1,75\%$ )	Q 65 300-N 35-U
FP 300 N 2 x 35 – S1 (Linearitätsfehler $\pm 1\%$ )	Q 65 300-N 35-U1
FP 300 N 2 x 35 – S2 (Linearitätsfehler $\pm 0,6\%$ )	Q 65 300-N 35-U2
FP 300 N 2 x 35 – S3 (mit Verstärker Linearitätsfehler $\pm 1\%$ )	Q 65 300-N 35-U3
FP 300 N 2 x 35 – S4 (mit Verstärker Linearitätsfehler $\pm 0,6\%$ )	Q 65 300-N 35-U4



Gewicht etwa 360 g

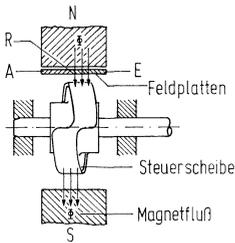
\*  $\phi 6$  mm in  
Vorbereitung

Befestigungsring  
wird mitgeliefert

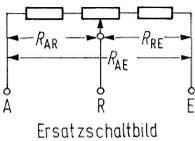


Im Luftspalt eines Permanent-Magnetkreises sind zwei Feldplatten aus *N*-Material mit einem Grundwiderstand von je 35 Ω angeordnet und elektrisch in Reihe geschaltet (Anschlüsse A, R, E). Die Feldplatten stellen rein ohmsche Widerstände dar, deren Wert von dem magnetischen Fluß, der die Feldplatten durchsetzt, abhängt.

Eine Steuerscheibe aus ferromagnetischem Material bildet die Funktion des Schleifers eines herkömmlichen Potentiometers nach: Durch Drehen der Steuerscheibe wird das konstante Magnetfeld von der einen Feldplatte zu der anderen verschoben. Dadurch ändern sich die Teilwiderstände der in Reihe geschalteten Feldplatten  $R_{AR}$  und  $R_{RE}$  im gegenläufigen Sinne; der Gesamtwiderstand  $R_{AE}$  bleibt dabei annähernd gleich.



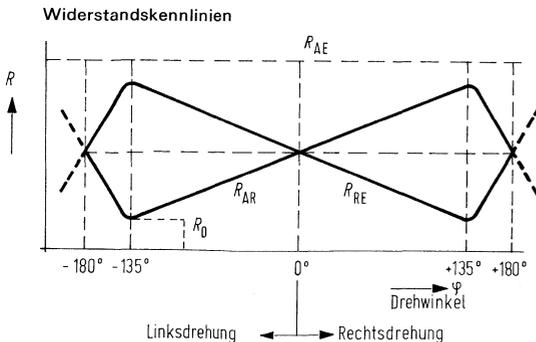
Prinzipdarstellung des Feldplattenpotentiometers



Ersatzschaltbild

Der Verlauf der Widerstandskennlinie wird durch die Formgebung der Steuerscheibe bestimmt.

Der kleinste einstellbare Widerstandswert ist durch den Grundwiderstand  $R_0$  einer Feldplatte gegeben. Die beiden Grundwiderstände  $R_A$  bzw.  $R_0$  betragen je etwa 10 bis 15% des Gesamtwiderstandes  $R_{AE}$ .



Zu beachten ist, daß der Gesamtwiderstand  $R_{AE}$  des Potentiometers durch magnetischen Nebenschluß benachbarter Eisenteile beeinflusst wird. Diese Beeinflussung kann z. B. bei Einbau in eine Stahlblech-Frontplatte auftreten (vgl. unter „Technische Daten“).

Das Feldplatten-Potentiometer hat keine mechanischen Anschläge. Die Potentiometerstellung kann über eine Skalenscheibe von 0 bis 270° abgelesen werden. Sie ist im Gehäuse auf die Steuerwelle montiert und durch ein Fenster von außen sichtbar.

Der elektrische Anschluß erfolgt über drei Lötflächen auf der Rückseite.

Das FP 300 N 2 x 35 zeichnet sich gegenüber herkömmlichen Potentiometern durch folgende Eigenschaften aus:

<b>Eigenschaften</b>	<b>Vorteile gegenüber konv. Potentiometern</b>
Keine Widerstandsdrahtwicklung bzw. keine Widerstandsschicht	Unbegrenztetes Auflösungsvermögen, d. h. keine sprunghaften Widerstandsänderungen; keine Korrosionsgefahr.
Keine Schleifkontakte	Keine Funkenbildung; keine mechanische Abnutzung.
Keine Drehwinkelbegrenzung	Keine Rutschkupplung

**Applikationen:**

- Sollwertvorgabe
- Istwerterfassung für analoge Regelungen
- Rechen- und Überwachungsschaltungen
- Anzeigezwecke

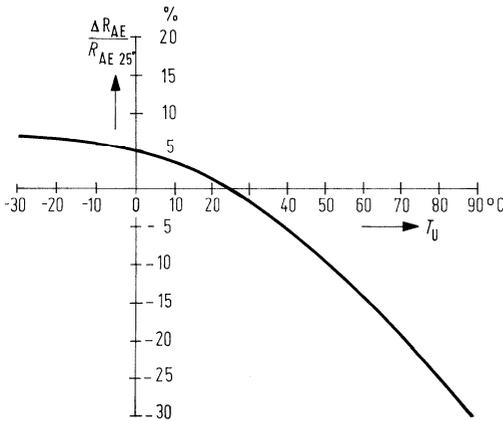
**Einbauhinweise**

Beim Einbau ist darauf zu achten, daß die Steuerwelle nicht beschädigt wird. Eine mechanische Bearbeitung der Steuerwelle ist nicht zulässig. Beim Einsatz von Kupplungen ist darauf zu achten, daß bei deren Befestigung keine axialen Kräfte auftreten. Es empfiehlt sich eine spielfreie flexible Kupplung, z. B. Federscheiben-Kupplung, damit keine Verspannkräfte auftreten. Zulässige Kräfte an der Steuerwelle siehe „Mechanische Daten“.

**Technische Daten**

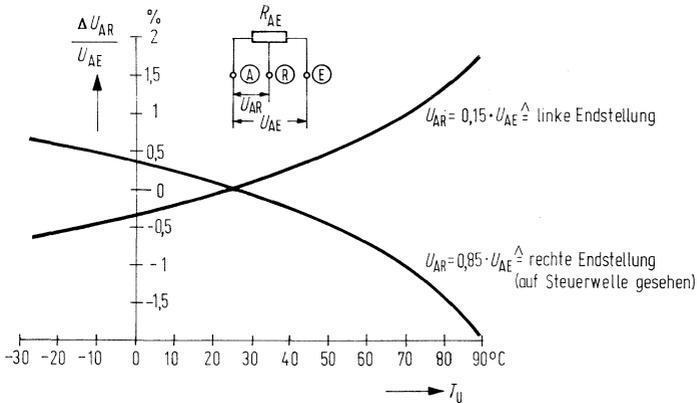
Schutzart nach DIN 40 040  
 Prüfspannung, Anschlüsse A, R, E  
 gegen Masse  
 Zul. Umgebungstemperatur  
 bei Betrieb  
 bei Lagerung

IP 40 (mit Ausnahme der Anschlüsse A, R, E)  
 500 V (eff), 50 Hz  
 - 30 °C bis + 90 °C  
 - 50 °C bis + 130 °C



Temperaturgang des  
 Gesamtwiderstandes  $R_{AE}$

Temperaturgang der Spannungsteilung bei linker und rechter Endstellung der Steuerwelle



**Feldplatten**

Gesamtwiderstand bei  $T_U = 25^\circ\text{C}$

Exemplarstreuung

Belastbarkeit

Linearer Arbeitsbereich bei Verwendung als Spannungsteiler (keine Begrenzung durch Anschläge)

Kleinster einstellbarer Teilwiderstand

**Fehler**

Max. Linearitätsfehler bei  $+25^\circ\text{C}$  und Leerlauf (je nach Ausführung)

Die Werte gelten für den linearen Arbeitsbereich und sind bezogen auf  $R_{AE} = 500 \Omega$

$R_{AE}$	500	$\Omega$
	$\pm 5$	%
$P_{tot}$	max. 0,5	W
$\varphi$	$\pm 135$	Grad
$R_0$	50 bis 75	$\Omega$
$F_L$	$\pm 0,6$	%
	$\pm 1,0$	%
	$\pm 1,75$	%

**Einfluß des magnetischen Nebenschlusses:**

Der Gesamtwiderstand  $R_{AE}$  kann durch benachbartes Eisenblech (magnetischen Nebenschluß) verändert werden. Bei 2 mm dickem Eisenblech und allseitigem Abstand  $x$  zwischen Potentiometer und Eisenblech gelten folgende Richtwerte:

Änderung von $R_{AE}$ bei $x = 5$ mm	$\leq 8$	%
Änderung von $R_{AE}$ bei $x = 15$ mm	$\leq 3$	%

**Mechanische Daten an der Stellachse**

Erforderliches Drehmoment	$M_{d\text{ erf}}$	$< 0,3$	N · cm
Typischer Wert etwa (gleichbleibend im linearen Arbeitsbereich)		0,1	N · cm
zul. Axiallast	$P_{am}$	$\leq 1$	N Grenzwerte zur Einhaltung der
zul. Radiallast	$P_{rm}$	$\leq 10$	N Widerstands- charakteristik

Bei Einhaltung der angegebenen Belastungsgrenzen und einer Drehzahl  $n = 500$  U/min. ist eine Lebensdauer der Lager bei Dauerbetrieb von mindestens 5000 Stunden zu erwarten.

### Ausführung mit angebautem Verstärker

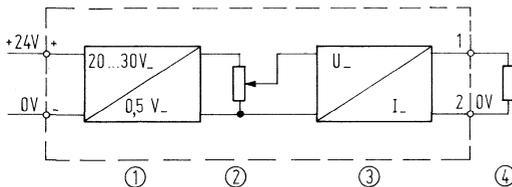
Das Feldplatten-Potentiometer FP 300 N 2 x 35 ist auch als Sonderausführung mit angebautelem Verstärker lieferbar.

Gegenüberstellung der beiden Typen:

	<b>Feldplatten-Potentiometer ohne Verstärker</b>	<b>Feldplatten-Potentiometer mit angebautelem Verstärker</b>
Anschlußspannung $U_{AE}$	Stabilisierte Anschlußspannung erforderlich	Unstabilisiert (Stabilisierte Spannung wird intern erzeugt)
Ausgangssignal	Spannung (Wert je nach Anschlußspannung)	Eingepprägter Strom (Mit Bürdenwiderstand kann die benötigte Spannung gebildet werden)
Fehlerkompensation	Intern nicht vorgesehen	Nullpunkts-, Proportionalitäts- und Temperaturfehler werden in der Schaltung kompensiert
Austausch	Exemplarstreuungen des Gesamtwiderstandes und der Grundwiderstände wirken sich aus	Einstellmöglichkeiten gewährleisten gute Austauschbarkeit

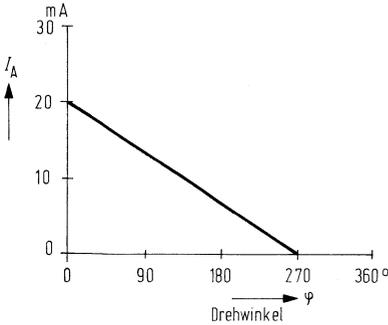
Der Verstärker besteht aus einer Stabilisierungsschaltung und der eigentlichen Verstärkerschaltung.

Prinzipschaltplan

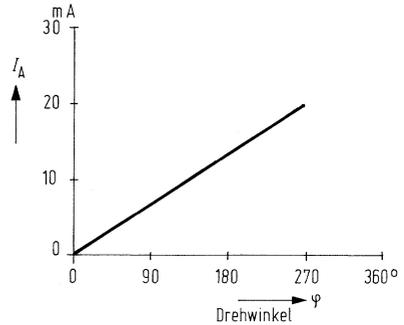


- 1 Stabilisierungsschaltung
- 2 Feldplattenpotentiometer
- 3 Verstärkerschaltung, U/ I-Umsetzung
- 4 Bürde 0 bis 500  $\Omega$

Durch entsprechende Lötbrücken lassen sich wahlweise die nachstehenden Kennlinien erzielen (bei Rechtsdrehung mit Blickrichtung auf die Steuerwelle).



Lötbrücken 1-4, 2-3 (bei Lieferung)



Lötbrücken 1-2, 3-4 (nachträgliche Änderung)

### Einstellelemente

Das Potentiometer  $r_3$  dient dem Nullpunktabgleich, das Potentiometer  $r_{16}$  dem Proportionalbereich. Die Lötstützpunkte werden entsprechend der nachfolgenden Abbildung verbunden.



### Technische Daten

Schutzart nach DIN 40 040

zul. Umgebungstemperatur

IP 40 (mit Ausnahme der Anschlüsse 1, 2, +, -)  
- 20 °C bis + 65 °C

**Elektrische Daten**

Prüfspannung (Anschlüsse 1, 2, +, –  
gegen Masse),  $f = 50$  Hz

Versorgungsgleichspannung  
(+ 20 bis + 30 V)

zul. Welligkeit

Stromaufnahme  
( $U_{\text{Batt}} = + 24$  V,  $I_A = 20$  mA)

zulässige Bürde  
(Ausgang ist leerlaufest)

Linearer Arbeitsbereich

Nullpunkt  
einstellbar bis auf Verstärker –  
Fehlerstrom (3,5 ‰ von  $I_A = 20$  mA)

Proportionalverstärkung

Max. Temperaturfehler (0 bis 65 °C)

Max. Linearitätsfehler  
Feldplatte allein, wahlweise  
bezogen auf  $R_{AE} = 500$  Ohm

Verstärker allein

Max. Proportionalfehler

Max. Fehler durch Änderung  
der Versorgungsspannung

Max. Bürdenfehler  
(bei Änderung der Bürde  
von 500 bis 5 Ohm)

Welligkeit des Ausgangsstromes  
bei 13% Welligkeit der  
Versorgungsspannung

bezogen auf  
 $I_A = 20$  mA

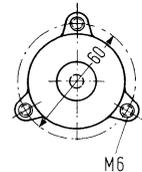
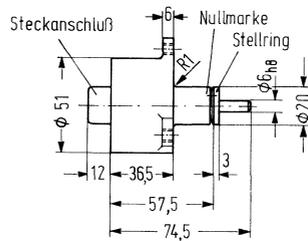
$U$	500	$V_{\text{eff}}$
$U_{\text{Batt}}$	+ 24	V
$U_{\text{ss}}/U_{-}$	$\leq 13$	%
$I$	$\leq 45$	mA
$R_A$	0 bis 500	Ohm
$\varphi$	0 bis 270	Grad
$I_{F \text{ max.}}$	70	$\mu\text{A}$
	einstellbar	
	etwa 0,5	‰/K
$F_L$	$\pm 1$ oder 0,6	%
	$\pm 0,2$	%
	$\pm 1,5$	%
	0,1	‰/V
	+ 1,2	%
	etwa 0,1	%

Beim Feldplatten-Potentiometer FP 310 L100 geschieht die Umsetzung der mechanischen Größe in eine elektrische kontaktlos, so daß hohe Lebensdauer und Wartungsfreiheit gewährleistet sind.

Es wird ein konstanter Magnetfluß zwischen zwei als Spannungsteiler geschalteten Feldplatten verschoben. Zu diesem Zweck befindet sich auf der Drehwelle des Potentiometers eine Steuerscheibe, die sich an der Stirnfläche eines Feldplattenfühlers vorbeibewegt. Ein eingebauter Verstärker verwertet die erzielte Widerstandsänderung. Bei 15 V Betriebsspannung und einer Bürde von maximal 500  $\Omega$  liegt das Ausgangssignal im entsprechenden Drehwinkelbereich zwischen 0 und 20 mA.

**Anwendung:** Analoger Soll- und Istwertgeber, Drehwinkelgeber

Typ	Bestellnummer
FP 310 L100	Q.65 310-L100-U



Gewicht etwa 150 g

Als Anschlußstecker wird die 3teilige Steckerkombination der Fa. Bosch empfohlen. Sie besteht aus:

- 1 Stekhülse Nr. 1 284 485 064
- 3 Kontaktbuchsen Nr. 1 284 477 026
- 1 Gummitülle Nr. 1 280 703 022

Zum Anschluß können auch AMP-Stecker AMP-925590-2 verwendet werden.

### Elektrische Grenzdaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

Betriebsgleichspannung	$U_{\text{Batt}}$	15	V
Toleranz von $U_{\text{Batt}}$	$U_{\text{Batt}}$	+ 3	V
Stromaufnahme	$I$	$\leq 75$	mA
Gleichspannungsfestigkeit <sup>1)</sup>	$U_i$	> 100	V
Lagertemperatur	$T_s$	- 25 bis + 70	$^\circ\text{C}$
Betriebstemperatur	$T_U$	- 25 bis + 70	$^\circ\text{C}$

<sup>1)</sup> höhere Spannungsfestigkeit auf Anfrage

## Elektrische Kenndaten ( $T_U = 25^\circ\text{C}$ )

Drehwinkelbereich <sup>1)</sup>	$\varphi$	0 bis 30	Grad
Ausgangssignal (für $\varphi = 0-30^\circ$ )	$I_A$	0 bis 20	mA
Bürde (Ausgang leerlaufest)	$R_L$	0 bis 500	$\Omega$
Linearitätsfehler		$\leq 5$	%
Bürdenfehler (bei Änderung von 500 $\Omega$ auf 0 $\Omega$ )		$\leq 0,5$	%
Fehler durch Betriebsspannungs- Schwankung		0,5	%/V
Temperaturfehler			
im Bereich 0–50 °C		$\leq \pm 5$	%
im Bereich – 25–70 °C		$\leq \pm 10$	%
Auflösung		$\infty$	–
Hysteresefehler		$\leq \pm 1$	%
Drehrichtung für ansteigenden Strom (auf Welle gesehen)		rechts	

## Mechanische Daten

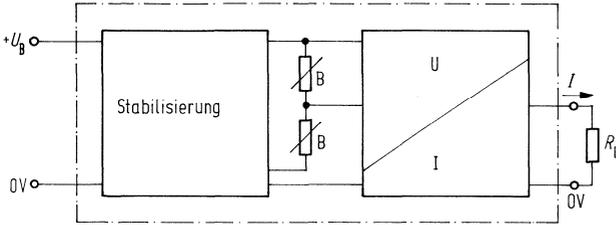
Mechanischer Drehwinkel		360	Grad, durchdrehbar
erforderliches Drehmoment bei Standardausführung			
mit Filzringdichtung <sup>2)</sup>	$M_d$	$\leq 0,5$	Ncm
mit Quadringdichtung <sup>3)</sup>	$M_d$	$\leq 2$	Ncm
ohne Dichtung <sup>3)</sup>	$M_d$	$\leq 0,1$	Ncm
maximal zulässige Axialdruckkraft	$F_a \text{ druck}$	$\leq 10$	N
maximal zulässige Axialzugkraft	$F_a \text{ zug}$	$\leq 5$	N
maximal zulässige Radialkraft am Wellenaustritt	$F_r$	$\leq 10$	N
maximal zulässige Drehzahl	$n$	$\leq 3000$	min <sup>-1</sup>
Lebensdauer (bei geringer Lagerbelastung)	$L$	100 Mill.	Zyklen
Gewicht	$G$	$\approx 150$	g

<sup>1)</sup> Ein Drehwinkelbereich von 0 bis 270° ist in Vorbereitung

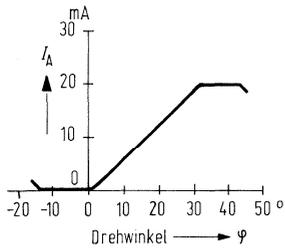
<sup>2)</sup> Normalausführung

<sup>3)</sup> auf Anfrage

Für das Feldplatten-Potentiometer FP 310 L100 kann folgendes Blockschaltbild angegeben werden:



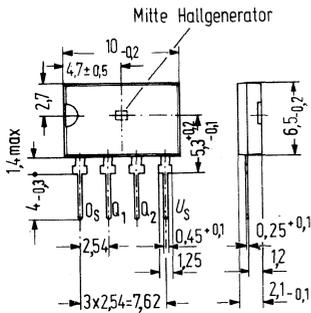
Der Drehwinkelbereich für die 30°-Version und für die in Vorbereitung befindliche 270°-Version ist wie folgt definiert:



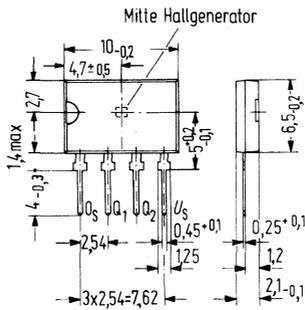
# Magnetisch betätigter kontaktloser Schalter

## 5.4. Integrierte Hallgeneratoren (Magnetschalter)

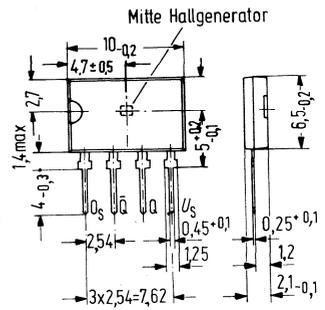
Typenbezeichnung	Funktion
<b>SAS 201</b>	Magnetisch betätigter kontaktloser Schalter mit dynamischen Ausgängen
<b>SAS 211</b>	Magnetisch betätigter kontaktloser Schalter mit statischen Ausgängen
<b>SAS 221</b>	Magnetisch betätigter kontaktloser Schalter mit antivalenten Ausgängen



**Bauform  
SAS 201**



**Bauform  
SAS 211**



**Bauform  
SAS 221**

Typ	Bestellbezeichnung
SAS 201 S2	Q.67 000-S 21-S2
SAS 201 S4	Q.67 000-S 21-S4

Der Baustein SAS 201 ist ein kontaktloser Schalter, der durch ein Magnetfeld betätigt wird. Die Ausgänge mit offenen Kollektoren ermöglichen wired-AND-Verknüpfungen zur Erzeugung kodierter Signale. Die Ausgänge Q<sub>1</sub> und Q<sub>2</sub> geben gleichphasige Signale ab, die unabhängig von der Einwirkungsdauer des Magnetfeldes sind. Das Magnetfeld muß senkrecht mit dem Süd-Pol auf die mit der Kerbe gekennzeichneten Fläche einwirken.

Grenzdaten		Prüfbedingungen	untere Grenze B	typ.	obere Grenze A	Einheit
Speisespannung						
SAS 201 S2	$U_S$				27	V
SAS 201 S4	$U_S$				18	V
Ausgangsstrom	$I_{Q1}$ $I_{Q2}$		0		30	mA
Umgebungstemperatur	$T_U$		0		70	
Lagertemperatur	$T_S$		-40		125	°C

**Statische Kenndaten** bei  $U_S = 4,75$  bis  $18$  V,  $T_U = 5$  bis  $60$  °C

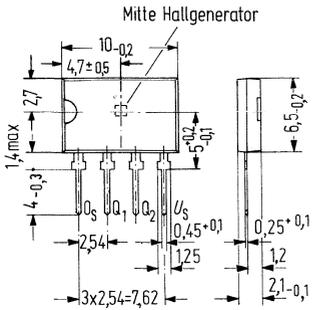
Speisestrom	$I_S$				9	mA
Einschaltinduktion	$B_E$		0,065			T*
Ausschaltinduktion	$B_A$				0,005	T*
Magnetische Hysterese	$B_H$		0,017		0,035	T*
Ausgangsstrom	$-I_{Q1}$ $-I_{Q2}$	$B < B_A$			10	µA
	$I_{Q1}$ $I_{Q2}$	$B > B_E$		8		mA
Ausgangsspannung	$U_{Q1}$ $U_{Q2}$	$I_{Q1} = I_{Q2} = 8$ mA			0,4	V

**Schaltzeiten** bei  $U_S = 18$  V,  $T_U = 25$  °C

Signalübergangszeit	$t_{TLH}$	zw. 10 und 90%			1	µs
	$t_{THL}$	zw. 90 und 10%			1	µs
Ausgangsimpulsdauer	$t_Q$	zw. 50 und 50%	15	20		µs

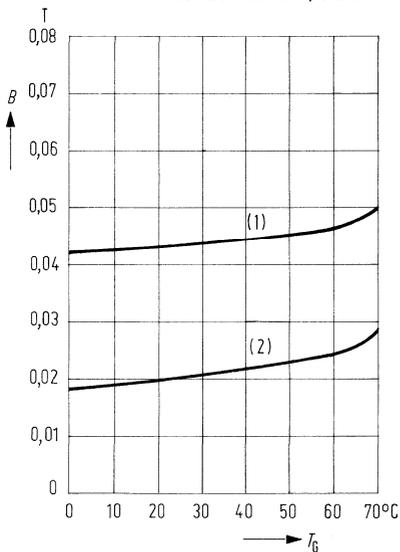
\* 1 T (Tesla) = 10<sup>4</sup> G (Gauss)

## Gehäusebauform

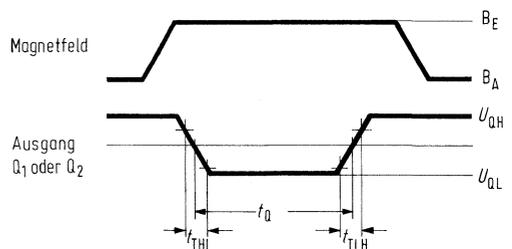


Gewicht etwa 0,5 g

## Typischer Verlauf der Einschaltinduktion (1) und der Ausschaltinduktion (2) als Funktion der Gehäusetemperatur



## Impulsdiagramm



Typ	Bestellbezeichnung
SAS 211 S2	Q.67 000-S.22-S2
SAS 211 S4	Q.67 000-S.22-S4

Der Baustein SAS 211 ist ein kontaktloser Schalter, der durch ein Magnetfeld betätigt wird. Die Ausgänge mit offenen Kollektoren ermöglichen wired-AND-Verknüpfungen zur Erzeugung kodierter Signale. Die Ausgänge Q<sub>1</sub> und Q<sub>2</sub> geben gleichphasige Signale ab. Das Magnetfeld muß senkrecht mit dem Süd-Pol auf die mit der Kerbe gekennzeichneten Fläche einwirken.

Grenzdaten		Prüfbedingungen	untere Grenze B	typ.	obere Grenze A	Einheit
Speisespannung						
SAS 211 S2	$U_S$				27	V
SAS 211 S4	$U_S$				18	V
Ausgangsstrom	$I_{Q1}$ $I_{Q2}$		0		30	mA
Umgebungstemperatur	$T_U$		0		70	°C
Lagertemperatur	$T_S$		-40		125	°C

**Statische Kenndaten** bei  $U_S = 4,75$  bis  $18$  V,  $T_U = 5$  bis  $60$  °C

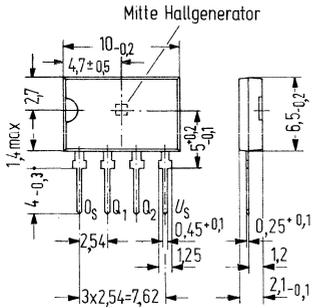
Speisestrom	$I_S$				7	mA
Einschaltinduktion	$B_E$		0,065			T*
Ausschaltinduktion	$B_A$				0,005	T*
Magnetische Hysterese	$B_H$		0,017		0,035	T*
Ausgangsstrom	$-I_{Q1}$ $-I_{Q2}$	$B < B_A$			10	µA
	$I_{Q1}$ $I_{Q2}$	$B > B_E$		16		mA
Ausgangsspannung	$U_{Q1}$ $U_{Q2}$	$I_{Q1} = I_{Q2} = 16$ mA			0,4	V

**Schaltzeiten** bei  $U_S = 18$  V,  $T_U = 25$  °C

Signalübergangszeit	$t_{TLH}$	zw. 10 und 90%			1	µs
	$t_{THL}$	zw. 90 und 10%			1	µs

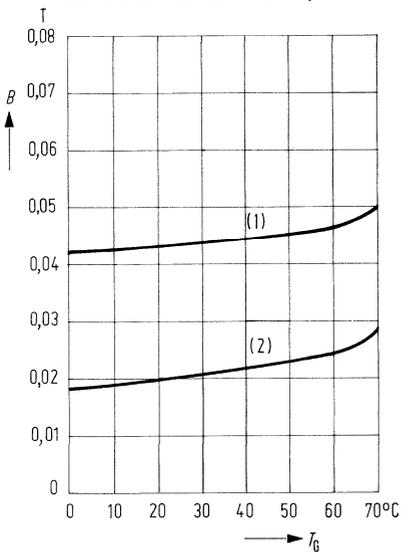
\* 1 T (Tesla) =  $10^4$  G (Gauss)

## Gehäusebauform



Gewicht etwa 0,5 g

**Typischer Verlauf**  
der Einschaltinduktion (1)  
und der Ausschaltinduktion (2)  
als Funktion der Gehäusetemperatur



Typ	Bestellbezeichnung
SAS 221 S2	Q 67 000-S 33-S2
SAS 221 S4	Q 67 000-S 33-S4

Der Baustein SAS 221 ist ein kontaktloser Schalter, der durch ein Magnetfeld betätigt wird. Die Ausgänge mit offenen Kollektoren ermöglichen wired-AND-Verknüpfungen zur Erzeugung kodierter Signale. Der Ausgang Q wechselt von H auf L bei  $B > B_E$ . Die Ausgänge Q und  $\bar{Q}$  sind antivalent. Das Magnetfeld muß senkrecht mit dem Süd-Pol auf die mit der Kerbe gekennzeichneten Fläche einwirken.

Grenzdaten		Prüfbedingungen	untere Grenze B	typ.	obere Grenze A	Einheit
Speisespannung						
SAS 221 S2	$U_S$				27	V
SAS 221 S4	$U_S$				18	V
Ausgangsstrom	$I_{Q1}$ $I_{Q2}$		0		30	mA
Umgebungstemperatur	$T_U$		0		70	°C
Lagertemperatur	$T_S$		-40		125	°C

Statische Kenndaten bei  $U_S = 4,75$  bis 18 V,  $T_U = 5$  bis 60 °C

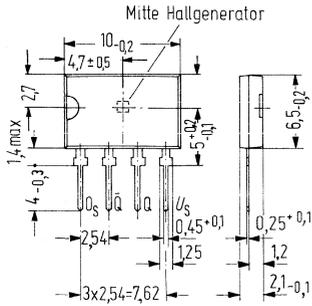
Speisestrom	$I_S$				7	mA
Einschaltinduktion	$B_E$		0,065			T*
Ausschaltinduktion	$B_A$				0,005	T*
Magnetische Hysterese	$B_H$		0,017		0,035	T*
Ausgangsstrom	$-I_{Q1}$ $-I_{Q2}$	$B < B_A$			10	µA
	$I_{Q1}$ $I_{Q2}$					
		$B > B_E$				
Ausgangsspannung	$U_{Q1}$ $U_{Q2}$	$I_{Q1} = I_{Q2} = 16$ mA			0,4	V

Schaltzeiten bei  $U_S = 18$  V,  $T_U = 25$  °C

Signalübergangszeit	$t_{TLH}$	zw. 10 und 90%			1	µs
	$t_{THL}$	zw. 90 und 10%			1	µs

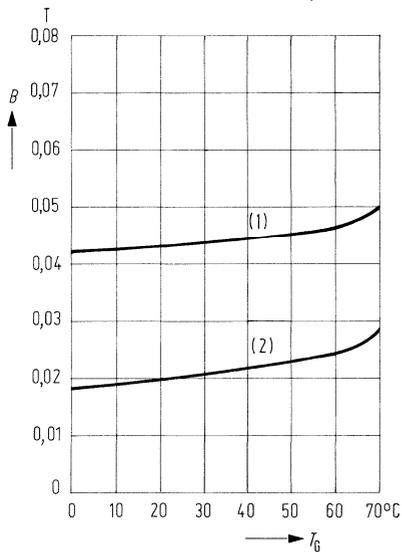
\* 1 T (Tesla) = 10<sup>4</sup> G (Gauss)

## Gehäusebauform



Gewicht etwa 0,5 g

**Typischer Verlauf**  
der Einschaltinduktion (1)  
und der Ausschaltinduktion (2)  
als Funktion der Gehäusetemperatur





## 5.6. Literaturhinweise

- 1.) Kuhr / Lippmann: Hallgenerator. Springer Verlag
- 2.) H. Weiß: Physik und Anwendung galvanomagnetischer Bauelemente. Sammlung Vieweg
- 3.) Dohrmann u. a.: Kleinstantriebe mit Elektronikmotoren. ETZ Bd. 24 72.
- 4.) Handbuch der Elektrotechnik, Seite 136–160. Siemens AG
- 5.) Handbuch Weichmagnetische Werkstoffe. VAC – Hanau
- 6.) Schüler / Brinkmann: Dauermagnete. Springer Verlag 1970
- 7.) v. Borcke / Hini: Feldplattenpotentiometer ein kontaktlos veränderbarer Widerstand. Siemens Zeitschrift 1973 Heft 6
- 8.) Dauermagnet-Werkstoffe. Firmenschrift VAC
- 9.) H. Loos: Gaußmeter GMH1 zur genauen Magnetfeldmessung. Siemens Zeitschrift 1970 Heft 44
- 10.) Schaltbeispiele 1975
- 11.) SB I 10/72 Heft 5 Seite 129/132
- 12.) Bauteile Report Heft 3



---

**Anschriften unserer Geschäftsstellen**

---



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

### 1000 Berlin 61

Schöneberger Straße 2-4  
Postanschrift:  
1000 Berlin 11, Postfach 1105 60  
Tel. 2 55-1, Telex 1 83 766

### 2800 Bremen 1

Contrescarpe 72  
Postfach 10 78 27  
Tel. 3 64-1  
Telex 2 45 451

### 4600 Dortmund 1

Märkische Straße 8-14  
Postfach 658  
Tel. 54 90-1  
Telex 8 22 312

### 4000 Düsseldorf 1

Lahnweg 10  
Postfach 1115  
Tel. 30 30-1  
Telex 8 581301

### 4300 Essen 1

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

### 6000 Frankfurt (Main) 1

Gutleutstraße 31  
Postfach 4183  
Tel. 2 62-1  
Telex 4 14 131

### 2000 Hamburg 1

Lindenplatz 2  
Postfach 10 56 09  
Tel. 2 82-1  
Telex 21 62 721

### 3000 Hannover 1

Am Maschpark 1  
Postfach 53 29  
Tel. 199-1  
Telex 9 22 333

### 5000 Köln 30

Franz-Geuer-Str. 10  
Postfach 30 11 66  
Tel. 5 76-1  
Telex 8 881 005/6

### 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 2109  
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 421431

### 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 Beratungsbüro  
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 Osakeyhtiö  
Mikonkatu 8  
**SF-00101 Helsinki 10**  
(PL 8)  
Tel. 1 62 61, Telex 12 465

#### Frankreich

Siemens S.A.  
B.P. 109  
**F-93203 Saint-Denis CEDEX 1**  
Tel. 8 20 6120, Tx. 62 0853

#### Griechenland

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

#### Großbritannien

Siemens Ltd.  
Great West House,  
Great West Road  
**Brentford TW8 9DG**  
Tel. 5 68 9133, Telex 23 176

#### Irland

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

#### Island

Smith & Norland H/F  
Nóatún 4,  
**Reykjavik** (P.O.B. 519)  
Tel. 2 83 22, 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  
Masarikava 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  
Østre Aker Vei 90  
**N-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 813 287

## 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  
Strada Edgar Quinet 1  
**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**  
Löwenstraße 35  
(CH-8021 Zürich,  
Postfach 605)  
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 ČSSR  
Václavské náměstí 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** (Findikli)  
(P.K. 64 Tophane)  
Tel. 45 20 90, Telex 22 290

## Ungarn

INTERCOOPERATION Rt.  
Siemens-Kooperations-  
büro  
Böszörményi út 9-11  
**H-1126 Budapest**  
(P.O.B. 1525)  
Tel. 15 49 70, Telex 224 133

## Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken

Ständige Vertretung der  
Siemens AG in Moskau  
Internationales Postamt  
Postfach 77  
**SU-Moskau**  
Tel. 2 23 52 57, Telex 7413

## Afrika

### Ägypten

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

### Äthiopien

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

### Libyen

Assem Azzabi, Tariq Building  
1, September Street  
**Tripoli** (P.O.B. 2583)  
Tel. 4 15 34 Telex 20029

### Marokko

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

### Nigeria

Siemens Nigeria Limited  
**Apapa**

Development House.  
21, Wharf Road  
(POB 304)  
Tel. 4 25 02, Telex 21 357

### Südafrika

Siemens (Proprietary) Limited  
Siemens House  
Corner Wolmarans and Biccard  
Streets, Braamfontein  
**Johannesburg 2000**  
(P.O.B. 4583)  
Tel. 7 25 25 00, Telx 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  
é Industrial Hansa Ltda.  
**La Paz** (Cajón 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.  
División 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  
**Bogotá**  
(Apartado Aéreo 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  
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. 61 41, Telex 212 351

### Israel

Transelectro 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 Frères)  
Rue du Port  
**Beyrouth** (P.O.B. 110242)  
Tel. 22 1180, Telex 20 614

### Malaysia

Guthrie Eng. (Malaysia) Sdn. Bhd.  
Electrical & Communications  
Division  
17, Jalan Semangat  
**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. 5160 61, Telex 820

### Philippinen

Engineering Equipment, Inc.  
Machinery Division,  
Siemens Department  
P.O.B. 7160 Airmail Exchange Office  
**Manila** International Airport  
Philippines 3120  
Tel. 85 40 11/19, Telex EEC 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. 134 31/33

### Taiwan

Delta Engineering Ltd.  
42, Hsu Chang Street,  
8th floor  
**Taipei** (P.O.B. 58497)  
Tel. 3 61 02 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.)  
Tel. 72 98 61, Telex 31 233

