

## 1. Allgemeines

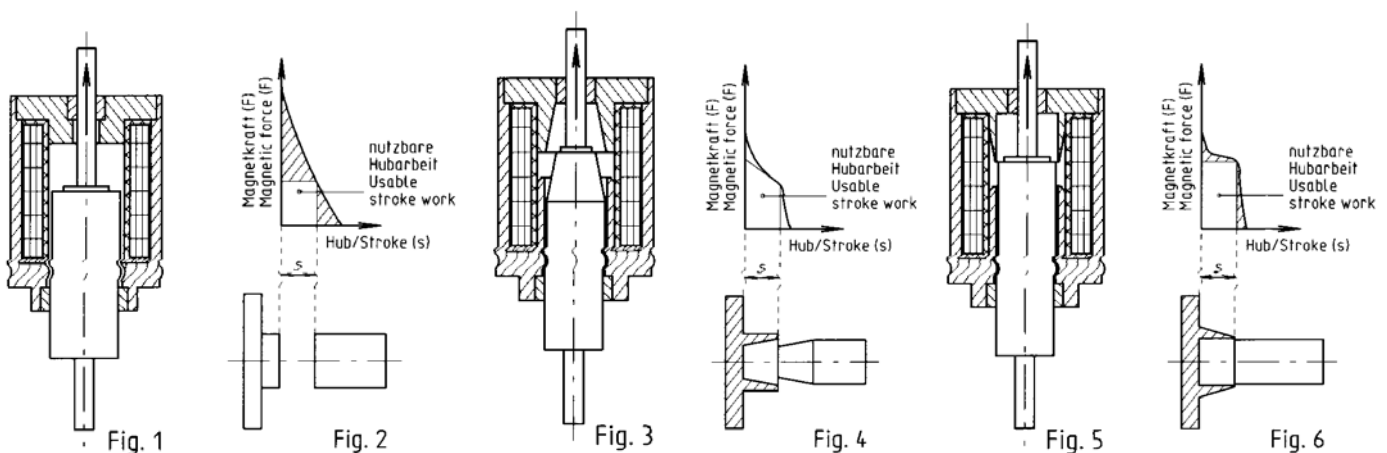
Erregt man eine Spule, die aus mehreren Windungen isolierten Draht besteht mit elektrischem Strom, so baut sich um die Spule herum ein magnetisches Feld auf, wobei an einem Ende der Spule ein Nordpol und am anderen Ende ein Südpol entsteht. Im Inneren der Spule ist das Feld am stärksten. Die Größe und die Stärke dieses Feldes resultieren aus der Amperewindungszahl  $I \times$  Windungen. Je mehr Windungen die Spule besitzt und je größer der durchfließende Strom ist, umso stärker wird das magnetische Feld. Aus der wirtschaftlichen Spulengröße und der möglichen Erwärmungsgrenze ergibt sich ein Optimalwert für die Spule. Die Erwärmung richtet sich nach der in der Spule verbrauchten elektrischen Leistung  $P$ , die sich aus dem Spulenwiderstand  $R$ , dem durch die Spule fließenden Strom  $I$  oder der anliegenden Spannung  $U$  errechnen lässt.

$$\text{Formel: } P = I^2 \times R = U^2 : R = U \times I$$

Die Oberfläche der Spule oder des Magneten lässt sich durch einfache Berechnungen bestimmen. Legt man die Erfahrungswerte von 11 bis 20 Watt/dm<sup>2</sup> zugrunde, so erhält man die den einzelnen Wärme- klassen zugeordneten zulässigen Erwärmungsgrenzen. Um die Spule herum bilden die Kraftlinien des magnetischen Feldes im Luftraum einen Rückschluss. Da der magnetische Widerstand im Luftraum groß ist und dadurch der größte Teil der magnetischen Kraftwirkung verloren geht, wird der magnetische Rückfluss bei fast allen Elektromagneten über weichmagnetische Werkstoffe vorgenommen. Im Anziehungsbereich von Anker und Gegenpol, d. h. nur im Arbeitsbereich bleibt ein Luftspalt über den gesamten Hubweg. Durch zweckmäßige Ausbildung des Arbeitsluftspaltes kann ein Höchstmaß an Leistung erreicht werden. Durch entsprechende Auslegung der Anker- und Gegenpolgeometrie können die Kennlinien in weiten Bereichen beeinflusst und somit dem jeweiligen Verwendungszweck angepasst werden.

## 2. Bauformen

**Figur 1** zeigt die noch aus den Anfängen der Magnettechnik bekannte Bauform. Ein stumpfer Magnetanker wird gegen einen flachen Gegenpol gezogen. Der Arbeitsluftspalt ist bei diesem Magnetmodell gleich dem Hub des Ankers. Hieraus ergibt sich eine sehr steil ansteigende Zugkraftkurve, die insbesondere bei langen Hüben am Anfang so schwach wird, dass eine praktische Nutzenanwendung kaum mehr möglich ist. Eine Verwertung der Magnetkraft für technische Zwecke kommt meist nur im letzten Drittel der Kennlinie in Frage, da die Hubkraft erst ab hier zum Hubende sehr steil ansteigt. Für gewisse Anwendungsfälle kann dies von Vorteil sein. Im Allgemeinen wird dieses Hubkraftverhalten jedoch als nachteilig empfunden, da sich auf Grund der hohen Haltekraft nicht nur eine große Remanenz ergibt, sondern auch durch die sehr energiereichen Aufschlagkräfte eine reduzierte Lebensdauer unvermeidbar ist.



**Figur 2** zeigt die Hubkraftkennlinie für diese Bauart. Die mit diesem Magnetmodell gemachten Erfahrungen haben zur Entwicklung neuer Bauformen geführt, die den Anforderungen der Technik in Bezug auf Hub, Magnetkraft, Haltekraft usw. besser entsprechen.

**Figur 3 bis 6** zeigen Magnetmodelle mit Innen- bzw. Außenkegelsteuerung, die für die meisten vorkommenden Anwendungsfälle verwendet werden können. Das in Figur 3 und 4 gezeigte Modell wird vornehmlich für ansteigende Kennlinien gewählt z. B. beim Arbeiten des Magneten gegen eine konstante Kraft (Gewicht) wird meist einem Modell mit waagrechter Kennlinie nach Fig. 5 und 6 der Vorzug gegeben. Auch Magnete mit abfallender Kennlinie können verwirklicht werden.

Sie werden fast ausschließlich für die Betätigung von Verriegelungen oder für solche Fälle eingesetzt, in denen es darauf ankommt, hohe Anfangskräfte und relativ geringe Endkräfte zu verwirklichen. Die beschriebenen Bauformen werden hauptsächlich für Hochleistungs-Hubmagnete eingesetzt, wobei der Magnetmantel sowohl rund als auch quadratisch oder rechteckig sein kann.

Gleich- und Wechselstrom-Kleinmagnete werden im Allgemeinen mit einem Magnetmantel aus rechteckigem oder quadratischem Profilstahl ausgerüstet. Eine Kennliniensteuerung ist bei den Gleichstrom-Kleinmagneten in Grenzen ebenfalls möglich. Als Werkstoff werden nur ausgesuchte Legierungen verwendet. Die Lagerung ist auf die geforderte Verschleißfestigkeit ausgelegt und genügt allen Anforderungen. Die Ankerlagerung kann je nach Baumuster an den Zug- und Druckstangen oder am Anker selbst erfolgen.

Die Oberflächen sind wirklich gegen Korrosion geschützt, entweder durch galvanische Überzüge oder durch Lackierungen mit besonderen Eigenschaften. Lackierte Geräte erhalten zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit bei evtl. Beschädigungen der Lackoberfläche eine zusätzliche chemische Grundierung. Grundsätzlich sind Gleichstrom-Hubmagnete in jeder Lage zu verwenden. Es muss jedoch unbedingt darauf geachtet werden, dass die Hubkraft nur in Achsrichtung abgenommen werden darf, da sonst, bedingt durch einseitige Lagerabnutzung, der Magnet durch vorzeitigen Verschleiß unbrauchbar wird. Gleichstrom-Hubmagnete können in ziehender und drückender oder aber in nur drückender Ausführung geliefert werden. Abwandlungen von den in den Datenblättern genannten Ausführungen sind fast immer möglich.

### **3. Ausführung**

Sämtliche Gleich- und Wechselstrom-Magnete entsprechen den VDE-Vorschriften 0580. Die Schutzarten entsprechen DIN 40050.

### **4. Eigenschaften der Gleichstrom-Hubmagnete**

Für Antrieb- und Steuerzwecke lassen sich Hubmagnete sehr vielseitig einsetzen. Die zweckmäßige Anwendung setzt jedoch die genaue Kenntnis ihrer spezifischen Eigenschaften voraus. Sie zeichnen sich in der Hauptsache durch nachstehende Merkmale aus:

- a) brummfreie Arbeitsweise
- b) größtmögliche Aufschlagdämpfung und somit ruhige Arbeitsweise
- c) von der Ankerstellung unabhängiger Stromverbrauch
- d) hohe, in Grenzen veränderbare Haltekraft
- e) die maximal verwirklichtbaren Schaltzahlen werden nur begrenzt durch die Länge der Anzugs- und Abfallzeiten

Die Wicklungstemperatur erhöht sich nicht bei steigender Schaltzahl. Innerhalb des Gesamthubes kann durch äußere Mittel jeder beliebige Hub verwirklicht werden. Eine Verzögerung des Hubvorganges ist durch entsprechende Gegenkräfte möglich.

## 5. Begriffsbestimmungen nach VDE 0580

### 5.1 Kraft

**Magnetkraft (F)** ist die nutzbare, um die Reibung verminderte mechanische Kraft, die in Hubrichtung erzeugt wird. Sie wird in den Geräteblättern und auf den Typenschildern angegeben. Die Magnetkraft wird bei 90% Nennspannung und maximaler Erwärmung sicher erreicht. Bei Nennspannung erhöhen sich die Listenwerte um ca. 20%.

von unten nach oben  
ziehend oder drückend

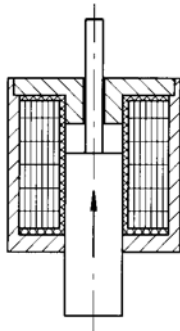


Fig. 7

Hubkraft =  
Magnetkraft – Ankergewicht

bei waagrechter Arbeitsweise  
ziehend oder drückend

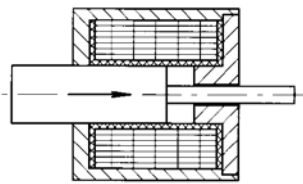


Fig. 8

Hubkraft =  
Magnetkraft

von oben nach unten  
ziehend oder drückend

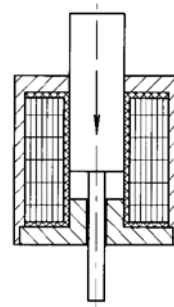


Fig. 9

Hubkraft =  
Magnetkraft + Ankergewicht

**Hubkraft** ist die Magnetkraft, welche unter Berücksichtigung der zugehörigen Komponente des Ankergewichtes nach außen wirkt (Figur 7 bis 9).

**Haltekraft** ist bei Gleichstrom-Hubmagneten die Magnetkraft in der Hubendlage, bei Wechselstrom-Hubmagneten der Mittelwert der periodisch mit dem Wechselstrom schwankenden Magnetkraft in der Hubendlage.

**Klebekraft** ist die nach dem Abschalten verbleibende Haltekraft. Diese Resthaltekraft ist auf die im Magneteisen verbleibende Remanenz zurückzuführen. Zur Verminderung dieser Erscheinung werden bei Hubmagneten Klebescheiben vorgesehen, d. h. in der Hubendlage wird absichtlich ein Luftspalt erzeugt.

**Rückstellkraft** ist die nach dem Abschalten der Erregung zur Rückführung des Ankers in die Hubanfangslage erforderliche Kraft.

### 5.2 Hub

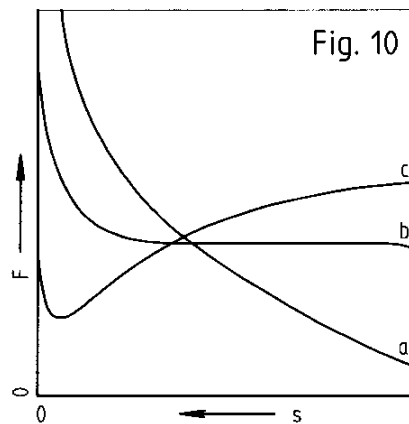
**Magnethub (s)** ist der vom Anker zwischen Hubanfangslage und Hubendlage zurückgelegte Weg.

**Hubanfangslage (s<sub>a</sub>)** ist die Lage des Ankers vor Beginn der Hubbewegung bzw. nach Beendigung der Rückstellfeder.

**Hubendlage (s<sub>e</sub>)** ist die im Magneten konstruktiv festgelegte Stellung des Ankers nach Beendigung der Hubbewegung. Es kann vorkommen, dass die Hubendlage durch äußere Mittel wie Anschläge und dergleichen fixiert werden muss.

### 5.3 Magnetkraft-Hub-Kennlinie

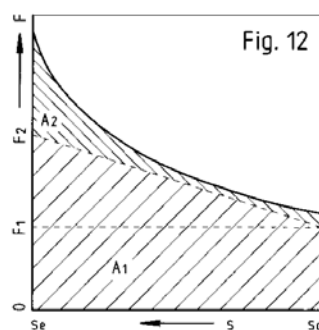
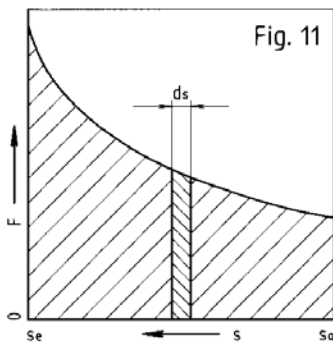
Man unterscheidet drei charakteristische Kennlinien in Richtung zur Hubendlage (Figur 10).



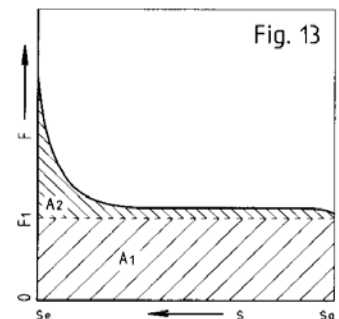
- a) ansteigende Kennlinie
- b) waagrechte Kennlinie
- c) abfallende Kennlinie

### 5.4 Hubarbeit

Hubarbeit (A) ist das Integral der Magnetkraft (F) über dem Magnethub (s), (Figur 11). Diese Hubarbeit liefert im Allgemeinen einen potentiellen Anteil A1 und einen kinetischen Anteil A2 (Figur 12 und 13). Die Anwendung der verschiedenen Magnetkraft-Hub-Kennlinien wurde bereits oben erläutert.



potentieller Anteil:  
 $A1 = (F1 + F2) / 2 \times s$   
 kinetischer Anteil:  
 $A2 = A - A1$   
 Gesamthubarbeit:  
 $A = A1 + A2$

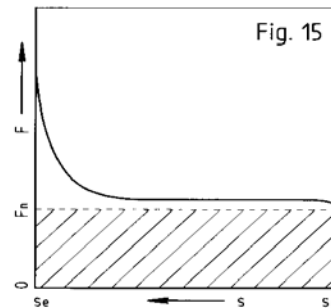
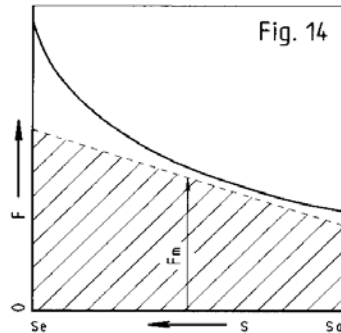


potentieller Anteil:  
 $A1 = F1 \times s$   
 kinetischer Anteil:  
 $A2 = A - A1$   
 Gesamthubarbeit:  
 $A = A1 + A2$

### 5.5 Nennhubarbeit

Die Nennhubarbeit ist das Arbeitsvermögen des Magneten, das durch eine vereinfachte Fläche (z. B. Trapez oder Rechteck) dargestellt werden kann (Figur 14 und 15 auf der Folgeseite). Die in den Geräteblättern angegebene Hubarbeit ist, wenn nicht anders vermerkt, bei Magneten mit waagrechter Kennlinie gleich dem Rechteck unter der Kennlinie, gebildet aus Nennmagnetkraft bzw. mittlerer Nennmagnetkraft und Magnethub.

Die Nennhubarbeit ist für die einzelnen Baumuster weitgehend konstant. Bei Auslegung des Gesamthubes des Magneten auf einen neuen Wert. (dies ist nur im Werk möglich und gilt nicht bei Hubverkürzung oder -Verlängerung durch äußere Mittel) kann die annähernd zu erwartende neue Magnetkraft wie folgt errechnet werden:



$$\text{Magnetkraft (F) = Hubarbeit (A) : Magnethub (s)}$$

Das kann erforderlich sein, wenn bei einem bestimmten Magnetmodell eine höhere Magnetkraft benötigt wird, der maximal erreichbare Hub jedoch einerseits nicht ausgenutzt wird, andererseits aber die Magnetgröße nicht über- und die relative ED nicht unterschritten werden darf.

## 5.6 Zeitbegriffe

**Einschaltdauer** ist die Zeit, die zwischen dem Einschalten und dem Ausschalten des Erregerstromes vergeht. **Relative Einschaltdauer** (%ED) ist das prozentuale Verhältnis der Einschaltdauer zur Spieldauer. Sie errechnet sich nach folgender Formel:

$$\% \text{ ED} = \text{Einschaltdauer} \times 100 : \text{Spieldauer}$$

Stromlose Pause ist die Zeit, die zwischen dem Ausschalten und Wiedereinschalten des Erregerstromes liegt. **Spieldauer** ist die Summe aus Einschaltdauer und stromloser Pause. Für Gleichstrom-Hubmagnete beträgt die Spieldauer max. 5 Minuten = 300s. Dies entspricht 12 Schaltungen/h.

Die **Mindestspieldauer** ist durch die Anzugs- und Abfallzeiten in Verbindung mit der relativen Einschaltdauer begrenzt. Es ergeben sich bei einer Spieldauer von 300s für die

<b>Relative Einschaltdauer (%ED)</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>100</b>
<b>zulässige max. Einschaltdauer (s)</b>	<b>15</b>	<b>45</b>	<b>75</b>	<b>120</b>	<b>180</b>	<b>beliebig</b>

Tabelle 1

Einschaltdauer Höchstwerte, die nicht überschritten werden dürfen (Tabelle 1). Sofern die zulässige Einschaltdauer überschritten wird, ist ein Magnet mit der nächst höheren relativen Einschaltdauer zu wählen. Wird die Einschaltdauer von 180s überschritten, so ist der Magnet für 100% ED (Dauereinschaltung) auszulegen oder in Sonderfällen der sich aus dem Ein-Aus-Verhältnis errechneten Einschaltdauer durch entsprechende Auslegung der Magnetspule anzupassen.

Bei unregelmäßiger Größe der Spieldauer wird die relative Einschaltdauer aus dem Verhältnis der Summe der Einschaltzeiten zur Summe der Spieldauer über eine längere Betriebsperiode bestimmt.

**Beispiele zur Berechnung der relativen Einschaltdauer:**

- a) gegeben: Schalzhäufigkeit = 80 S/h  
Einschaltdauer = 10 s  
gesucht: relative Einschaltdauer (%ED)  
Lösung: Spieldauer = 3600 x 80 = 45s  
%ED = 10 x 100 : 45 = 22,2  
Es muss ein Magnet mit 25% ED gewählt werden!
- b) gegeben: Schalzhäufigkeit = 300 S/h  
Einschaltdauer = 5 s  
gesucht: relative Einschaltdauer (%ED)  
Lösung: Spieldauer = 3600 x 300 = 12s  
%ED = 5 x 100 : 12 = 41,7  
Es muss ein Magnet mit 60% ED gewählt werden!
- c) gegeben: Schalzhäufigkeit = 6 S/h  
Einschaltdauer = 6 s  
gesucht: relative Einschaltdauer (%ED)  
Lösung: Spieldauer = 3600 x 6 = 600s  
%ED = 6 x 100 : 600 = 1  
Es muss ein Magnet mit 5% ED gewählt werden!
- d) gegeben: Schalzhäufigkeit = 18 S/h  
Einschaltdauer = 200 s  
Hier erübrigt sich die Berechnung der relativen Einschalt-  
dauer, da die für 60% ED zulässige Einschaltdauer von  
180s überschritten wird (Tab. 1).  
Somit kann nur ein Magnet für 100% ED gewählt werden!

**Schalzhäufigkeit**

Die Schalzhäufigkeit, d. h. die maximal zulässige Schaltzahl, ist bei Gleichstrom-Magneten praktisch unbegrenzt. Die erreichbare Schaltzahl wird bestimmt durch die Anzugs- und Abfallzeiten und hängt mit von der Art der Belastung ab. Tab. 2 zeigt bei Einhaltung der relativen Einschaltdauer die Grenzwerte für Einschalt- und Ausschaltzeiten bei verschiedenen Schaltzahlen. Anhand der in den Datenblättern angegebenen Anzugszeiten können die max. zulässigen Schaltzahlen/h wie folgt berechnet werden:

$$\text{max. zul. Schalzhäufigkeit (S/h)} = 3600 \times 1000 : \text{Mindestspieldauer (ms)}$$

$$\text{Mindestspieldauer (ms)} = \text{Anzugszeit (ms)} \times 100 : \%ED$$

Ist die Summe der in den Datenblättern angegebenen Anzugs- und Abfallzeit größer als die so errechnete Mindestspieldauer, so ist mindestens dieser neu errechnete Wert in obige Formel einzusetzen.

Schaltzahl (S/h)	12		120		300		600		1200		3000	
Spieldauer (s)	300		30		12		6		3		1,2	
% ED	t ein	t aus	t ein	t aus	t ein	t aus	t ein	t aus	t ein	t aus	t ein	t aus
5	15	285	1,5	28,5	0,6	11,4	0,3	5,7	0,15	2,85	0,06	1,14
15	45	255	4,5	25,5	1,8	10,2	0,9	5,1	0,45	2,55	0,18	1,02
25	75	225	7,5	22,5	3,0	9,0	1,5	4,5	0,75	2,25	0,3	0,9
40	120	180	12	18	4,8	7,2	2,4	3,6	1,2	1,8	0,48	0,72
60	180	120	18	12	7,2	4,8	3,6	2,4	1,8	1,2	0,72	0,48
100	beliebig											

Tabelle 2



## Anzugs- und Abfallzeiten (Fig. 16)

Anzugszeit ( $t_1$ ) ist die Zeit vom Einschalten des Erregerstromes bis zum Beginn der Ankerbewegung.  
 Hubzeit ( $t_{12}$ ) ist die Zeit vom Beginn der Ankerbewegung aus der Hubanfangslage bis zum Erreichen der Hubendlage.

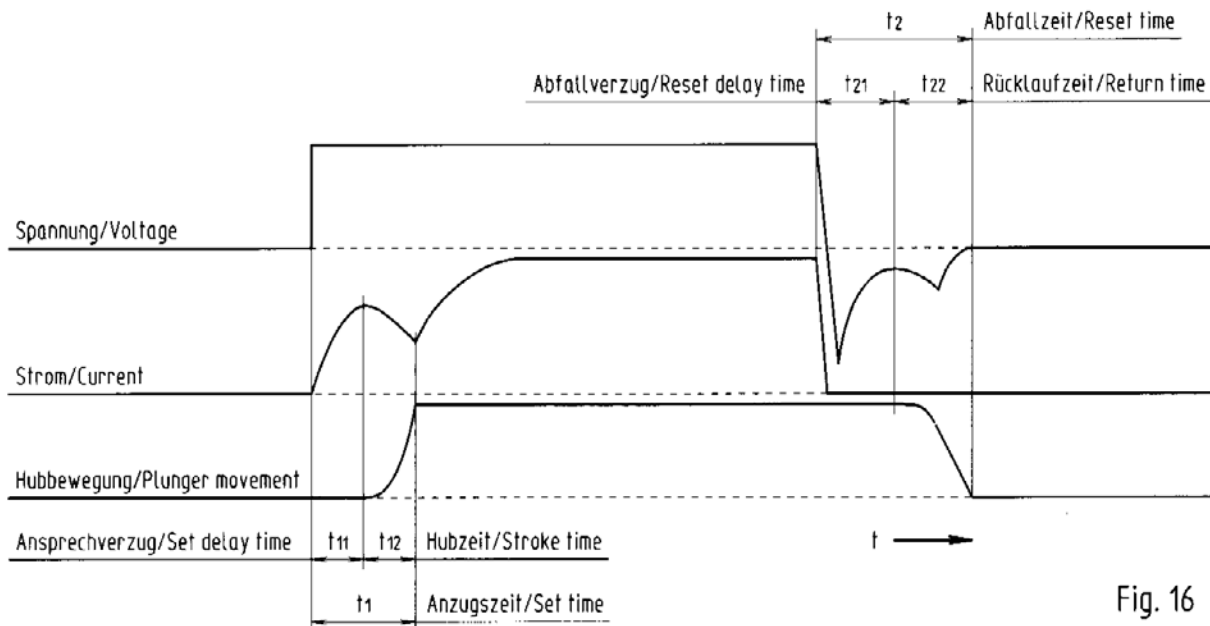


Fig. 16

**Anzugszeit ( $t_1$ )** ist die Summe aus Ansprechverzögerung und Hubzeit.

**Abfallverzöger ( $t_{21}$ )** (Klebezeit) ist die Zeit vom Ausschalten des Erregerstromes bis zum Beginn der Rücklaufbewegung des Ankers.

**Rücklaufzeit ( $t_{22}$ )** ist die Zeit vom Beginn der Rücklaufbewegung des Ankers bis zum Erreichen der Hubanfangslage.

**Abfallzeit ( $t_2$ )** ist die Summe aus Abfallverzöger und Rücklaufzeit. Figur 16 zeigt das charakteristische Oszillogramm von Spannungsabschalt-, Stromabstiegs- und Hubverlaufskurve eines Gleichstrom-Hubmagneten. Daraus geht deutlich hervor, wie sich die Anzugs- und Abfallzeiten zusammensetzen.

Die in den Datenblättern angegebenen Anzugszeiten werden sicher erreicht bei 70% Magnetkraft, betriebswarmem Magnet und bei Nennspannung.

## 5.7 Nennbetriebsarten

**Dauerbetrieb (DB)** ist der Betrieb, bei dem die Einschaltdauer so lang ist, dass die Beharrungstemperatur erreicht wird.

**Aussetzbetrieb (AB)** ist der Betrieb, bei dem die Einschaltdauer und stromlose Pause in regelmäßiger oder unregelmäßiger Folge wechseln, wobei die Pausen so kurz sind, dass sich das Gerät nicht auf die Bezugstemperatur abkühlen kann.

**Kurzzeitbetrieb (KB)** ist der Betrieb, bei dem die Einschaltdauer so kurz ist, dass die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Die stromlose Pause ist so lang, dass sich der Magnet auf die Bezugstemperatur abkühlt.

## 5.8 Temperaturbegriffe

**Umgebungstemperatur (°C)** ist die Durchschnittstemperatur der Umgebung des Gerätes.

**Bezugstemperatur (°C)** eines Magneten ist die Beharrungstemperatur im stromlosen Zustand bei bestimmungsgemäßer Anwendung. Sie kann in Sonderfällen von der Umgebungstemperatur abweichen, wenn z. B. der Magnet an Maschinenteile angebaut wird, die während des Betriebes eine höhere oder tiefere Temperatur haben. Wenn nicht anders angegeben, gilt die Bezugstemperatur +35°C.

**Übergangstemperatur (°C)** ist der Unterschied zwischen der Temperatur des Gerätes oder eines Teiles davon und der Temperatur des zum gleichen Zeitpunkt wirkenden als zugehörig festgelegten Kühlmittels (bei ungekühltem Magneten die Umgebung).

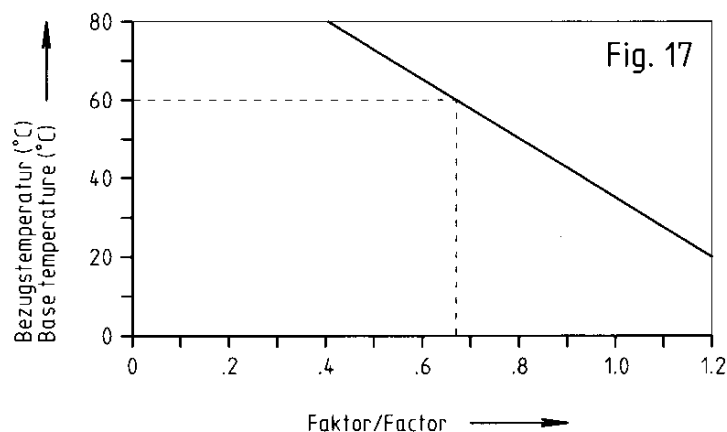
**Grenztemperatur (°C)** ist die höchste für einen Magneten oder für einen Teil davon zulässige Temperatur. Sie wird meistens durch thermische Beständigkeit der verwendeten Isolierstoffe bestimmt.

**Luftkühlung (LK)** liegt vor, wenn die Wärmeabgabe des Magneten an die Umgebungsluft erfolgt wie z. B. bei Montage auf kleinen oder schlecht wärmeleitenden Flächen wie Holz oder Kunststoff.

**Kühlflächenkühlung (KF)** liegt vor, wenn der Magnet in gut wärmeleitenden Kontakt mit einer Metallfläche steht und die Wärmeabgabe zu einem großen Teil über diese Fläche erfolgt. Bei dieser Betriebsweise kann der Magnet u. U. mit einer höheren Einschaltdauer bzw. bei gleicher Einschaltdauer mit einer höheren Spannung betrieben werden. Umgebungstemperaturen von -5°C bis +40°C, im Mittelwert über eine Dauer von 4 Stunden nicht mehr als 35°C, sollten nicht überschritten werden. Die relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft sollte bei 40°C nicht über 50% betragen. Bei geringeren Temperaturen sind höhere Luftfeuchtigkeiten zulässig.

### Abweichende Bezugstemperatur

Unsere Magnete sind auch bei abweichenden Bezugstemperaturen einsetzbar, wenn die zulässige ED mit dem entsprechenden Umrechnungsfaktor multipliziert wird. Die bei betriebswarmer Wicklung abgegebene Hubarbeit wird dadurch nicht beeinflusst. Das Diagramm Fig. 17 dient der Ermittlung der relativen Einschaltdauer bei abweichenden Bezugstemperaturen.



**Beispiel:** Ein Magnet mit einer Einschaltdauer von 25% soll bei einer Beharrungstemperatur von 60°C eingesetzt werden. Mit welchem ED darf der Magnet dann noch betrieben werden?

Unter Zuhilfenahme des Diagramms ergibt sich eine Betriebs-ED von nur noch:

$$25\%ED \times 0,67 = 16,75\% ED$$

### Isolierstoffklassen

Die Isolierstoffklassen werden nach VDE 0580 entsprechend ihrer Dauererwärmungsbeständigkeit in Isolierstoffklassen gemäß Tab. 3 eingeteilt. Unsere Hubmagnete werden je nach Baumuster in den Wärmeklassen B, F oder H gefertigt. Viele Geräte können, wenn es der Einsatzfall erfordert, auch in Wärmeklasse C geliefert werden.



## 5.9 Elektrische Begriffe

**Die Nennspannung ( $U_n$ )** ist die in den Geräteblättern angegebene Betriebsspannung. Es gelten die Richtlinien nach VDE 0175 und 0176. Vorzugsspannungen für Gleichstrom-Hubmagnete sind 12, 24, 48, 60, 110, 180 und 220V. Die in den Geräteblättern gemachten Angaben über Magnetkraft und Leistungsaufnahme gelten im Allgemeinen für die Spannung 24 VDC. Bei abweichenden Betriebsspannungen können sich aufgrund des sich ändernden Kupferfüllfaktors Abweichungen von den Tabellenwerten ergeben. Als Spannungstoleranz, bei der weder der Magnet zu warm noch die im Katalog angegebene Magnetkraft überschritten wird, sind +5% bis -10% der Nennspannung zugelassen.

### Nennleistung ( $P_{20}$ )

Die Nennleistung ist die Leistung, die sich aus dem Produkt der Nennspannung ( $U_n$ ) und des Nennstromes ( $I_n$ ) bei einer Spulentemperatur von 20°C ergibt. Die Nennleistung ist in den Geräteblättern angegeben. Der Nennstrom kann gegebenenfalls nach folgender Formel errechnet werden:

$$I_n = P_n : U_n$$

Reihen- Spannung	DC (V)	30	60	110	250	440	600	800	200	1500
	AC (V)	30	60	125	250	380	500	-----	1000	-----
Prüfspannung $U_p$ (V)		600	1000	1500	2000	2500	2500	3000	3500	5000

Tabelle 3

## 5.10 Wicklungsprüfung

Sämtliche Magnete werden vor Verlassen des Werkes auf ausreichende Isolation und Spannungsfestigkeit geprüft (VDE 0580 §39). Die Prüfspannung ( $U_p$ ) wird zwischen die Erregerwicklung einerseits und den Magnetkörper andererseits gelegt. Falls mehrere getrennte Wicklungen vorhanden sind, so werden diese sowohl gegeneinander als auch gegen den Magnetkörper auf Spannungsfestigkeit geprüft.

Bei Seriengeräten mit einer Reihenspannung bis 600 V wird bei der Stückprüfung mit voller Prüfspannung während der Prüfzeit von 1s geprüft. Die Prüfspannung ist eine Wechselfeldspannung von 50Hz und richtet sich nach der Reihenspannung ( $U_r$ ) des Gerätes. Tab. 4 gibt hierüber Aufschluss. Die bei der Stückprüfung durchgeführte Spannungsprüfung soll nach Möglichkeit nicht wiederholt werden. Eine auf besonderen Wunsch, etwa bei einer Abnahme durchzuführende zweite Prüfung darf nur mit etwa 80% der in der Tab. 4 angegebenen Werte vorgenommen werden (VDE 0580 §40).

## 5.11 Schutzarten und Schutzklassen

Schutzarten werden durch ein Kennzeichen angegeben, das sich aus zwei stets gleich bleibenden Kennbuchstaben IP und zwei Kennziffern für den Schutzgrad zusammensetzt. Die angegebenen Schutzarten sind festgelegt nach DIN 40050. Sie gelten für den Schutz gegen Berührung, Fremdkörper und Feuchtigkeit. Die erste Kennziffer gilt für Schutzarten gegen Berührung und gegen Eindringen von Wasser. Die einzelnen Schutzarten können nachfolgender Tabelle entnommen werden. Weicht die Schutzart z. B. des elektrischen Anschlusses von der des Magneten ab, so wird die Schutzart des Anschlusses gesondert angegeben z. B. Gehäuse IP 54, Klemmen IP 00.

## Schutzklassen

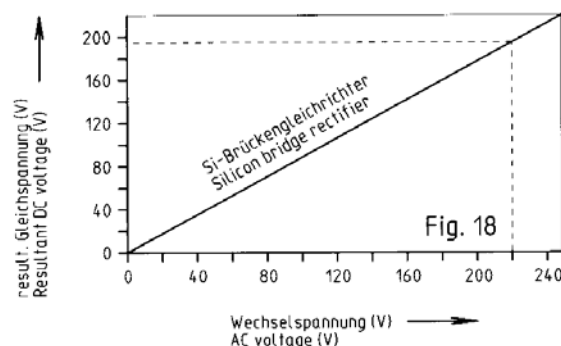
Ein elektromagnetisches Gerät der Schutzklasse I ist ein Gerät, welches einen Schutzleiteranschluss hat und bei dem die spannungsführenden Teile nur Betriebsisolierung haben. Ein Gerät der Schutzklasse II ist ein Gerät mit Betriebs- und Schutzisolierung, das keine Möglichkeit für den Anschluss eines Schutzleiters hat. Ein elektromagnetisches Gerät der Schutzklasse III ist ein Gerät für den Anschluss einer Schutzkleinspannung (kleiner als 42V) und das außerdem keine Stromkreise hat, die für den Betrieb mit höherer Spannung bestimmt sind.

1. Kennziffer Berührungs- und Fremdkörperschutz	2. Kennziffer Wasserschutz
0 kein Schutz	0 kein Schutz
1 Schutz gegen Fremdkörper	1 Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser
2 Schutz gegen mittelgroße Fremdkörper	2 Schutz gegen schräg fallendes Tropfwasser
3 Schutz gegen kleine Fremdkörper	3 Schutz gegen Sprühwasser
4 Schutz gegen kornförmige Fremdkörper	4 Schutz gegen Spritzwasser
5 Schutz gegen Staubablagerung	5 Schutz gegen Strahlwasser
6 Schutz gegen Staubeintritt	6 Schutz gegen Überfluten
	7 Schutz beim Eintauchen
	8 Schutz beim Untertauchen

Tabelle 4

## 6. Betrieb mit Wechselspannung

Nach VDE 0580 ist die Spannung 180 VDC eine Vorzugsspannung. So erhält man beispielsweise bei der Gleichrichtung der Netzwechselspannung von 230 V mit einem Selenbrückengleichrichter als arithmetischen Mittelwert ca. 180 VDC. Aufgrund der erheblich kleineren Baugröße bei gleichen technischen Daten haben sich jedoch Siliziumgleichrichter verstärkt durchgesetzt. Wir liefern als Zubehör zu unseren Magneten mit angebaute Gerätestecker auch Gerätesteckdosen mit eingebautem Siliziumgleichrichter. Wird der Anschluss eines Magneten mit einer Gerätesteckdose mit Si-Gleichrichter an die Netzwechselspannung 240 V vorgesehen, so ist jedoch darauf zu achten, dass die Wicklung des Magneten nicht für 197 VDC, sondern für 215 VDC ausgelegt werden muss. Bei der Bestellung sind in diesem Fall die von der Vorzugsspannung abweichende Spulenspannung sowie die gewünschte relative Einschaltdauer anzugeben. Die erforderliche Wicklung wird dann von uns bestimmt. Entsprechend zu verfahren ist auch beim Anschluss an andere Wechselspannungen. Der arithmetische Mittelwert der resultierenden Gleichspannung aus der Gleichrichtung von Wechselspannungen mit Siliziumbrückengleichrichter kann aus dem Diagramm Fig. 18 entnommen werden.



## 7. Beschalten von Gleichstrom-Hubmagneten

### 7.1 Schnellerregung

Durch erhöhte kurzzeitige Erregung des Magneten kann die Magnetkraft erhöht und damit die Anzugszeit verkürzt werden. Die Übererregung darf jedoch, um eine Zerstörung der Wicklung durch Überhitzung zu vermeiden, nur so lange andauern, wie dies für die Funktion unbedingt erforderlich ist. Nach dem Durchziehen des Magneten muss die Erregung auf einen zulässigen Wert, welcher der relativen ED entspricht, herabgesetzt werden.

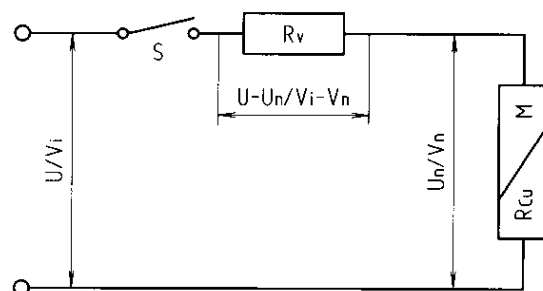
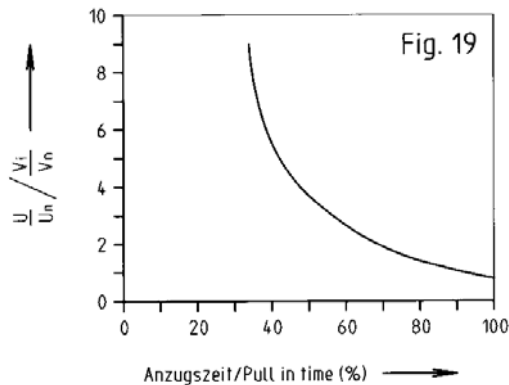


Fig. 20

#### 7.1.1 Schnellerregung über Vorwiderstand

Das Diagramm Fig. 19 gibt Aufschluss über die Verkürzung der Anzugszeit für Gleichstrom-Hubmagnete bei Reihenschaltung eines Vorwiderstandes ( $R_v$ ) Fig. 20 und die entsprechende Erhöhung der Netzspannung ( $U$ ). Die Nennspannung ( $U_n$ ) des Magneten muss dabei immer konstant sein. Der Wert des Vorwiderstandes ( $R_v$ ) errechnet sich entsprechend dem Wicklungswiderstand ( $R_{Cu}$ ) nach folgender Formel:

$$R_v = R_{Cu} \times (U - U_n) : U$$

Soll die Anzugszeit z. B. nur 50% des Listenwertes betragen, so ergibt sich entsprechend dem Diagramm Fig. 19 eine Nennspannung von:

$$U = 3,5 \times U_n$$

Hieraus errechnet sich der Vorwiderstand:

$$R_v = R_{Cu} \times 3,5 \times (U - U_n) : U_n = 2,5 \times R_{Cu}$$

Falls nur die Netzspannung  $U = U_n$  zur Verfügung steht, ist ein Magnet mit einer entsprechend niedrigen Nennspannung  $U_n$  zu wählen. Entsprechend obigem Beispiel wäre dann eine Wicklung für eine Nennspannung auszulegen von:

$$U_{n1} = U_n : 3,5 = 0,286 U_n$$

Der ohmsche Widerstand beträgt dann:

$$R_v = 2,5 \times R_{Cu}$$

Als  $R_{Cu}$  ist der Widerstand der Erregerwicklung im betriebswarmen Zustand einzusetzen. Er ergibt sich für die Isolierstoffklassen E bis H aus folgenden Formeln ( $R_{20}$  = Widerstand der Erregerwicklung bei 20°C):

$$R_{Cu} = 1,392 \times R_{20} \text{ (Isolierstoffklasse E)}$$

$$R_{Cu} = 1,431 \times R_{20} \text{ (Isolierstoffklasse B)}$$

$$R_{Cu} = 1,529 \times R_{20} \text{ (Isolierstoffklasse F)}$$

$$R_{Cu} = 1,627 \times R_{20} \text{ (Isolierstoffklasse H)}$$

### 7.1.2 Vorwiderstand und Hilfskontakt (Fig. 21)

Nach dem Schließen des Hauptschalters (S) liegt über dem Hilfskontakt (HK) die volle Betriebsspannung (U) am Magnet an. Durch die nun erfolgende Ankerbewegung wird der Hilfskontakt (HK) (Mikroschalter oder dgl.) geöffnet. Jetzt liegt nur noch die durch den Vorwiderstand ( $R_v$ ) herabgesetzte Spannung ( $U_n$ ) am Magneten an. Der Vorwiderstand wird so ausgelegt, dass die Magnetentwicklung bei Erreichen der Grenztemperatur den noch zulässigen Strom führt. Für die Dimensionierung von ( $R_v$ ) gilt ebenfalls obige Formel.

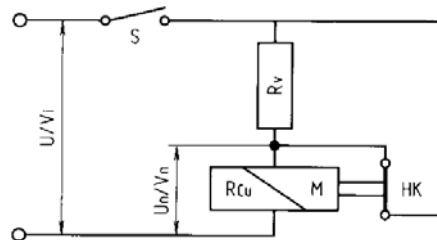


Fig. 21

### 7.1.3 Vorwiderstand und Kondensator (Fig. 22)

Der Kondensator (C) wird bei geöffnetem Schalterkontakt (S) auf die Anschlussspannung (U) aufgeladen. Wird nun der Kontakt geschlossen, so liegt die Magnetentwicklung kurzfristig an der Anschlussspannung (U), die in der Praxis das zwei- bis dreifache der Magnetennspannung beträgt. Während der Entladung sinkt die Kondensatorspannung auf die Nennspannung des Magneten ab. Die Nennspannung ( $U_n$ ) des Magneten wird durch die Dimensionierung des Vorwiderstandes ( $R_v$ ) bestimmt. Ist die Anschlussspannung (U) eine ungesiebte Gleichspannung, so ist zu berücksichtigen, dass, bedingt durch die Siebwirkung des Kondensators, der arithmetische Mittelwert der Spannung angehoben wird.

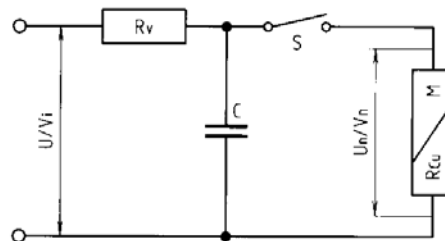


Fig. 22

### 7.1.4 Anzugs- und Haltewicklung (Fig. 23)

Werden in einem Magneten zwei hintereinander geschaltete Wicklungen untergebracht, so kann die eine Wicklung mit niedriger ED als Anzugswicklung und beide Wicklungen in Reihe als Haltewicklung verwendet werden. Die Umschaltung von Anzugs- auf Haltestrom wird entweder durch einen Umschaltkontakt über die Zug- oder Druckstange des Magneten oder aber bei elektronischer Ansteuerung über geeignete Zeitschaltungen vorgenommen. Diese Methode hat den Vorteil, dass keine zusätzliche Leistung durch einen Vorwiderstand verbraucht wird.

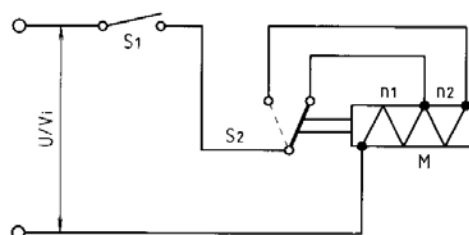


Fig. 23

### 7.1.5 Sparschaltung (Fig. 24)

Da die Haltekraft von Gleichstrom-Hubmagneten meistens wesentlich über der Anfangskraft liegt, bietet es sich an, den Magneten für die Dauer der Anzugszeit mit einer höheren Spannung zu betreiben, um eine höhere Magnetkraft zu erreichen. Nach erfolgtem Hub wird der Magnet durch entsprechende Schaltungsmaßnahmen auf die Nennspannung umgeschaltet.

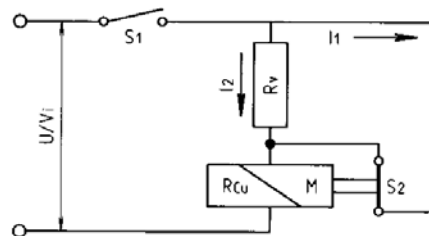


Fig. 24

Die Schaltung nach Fig. 24 ist dafür geeignet. Es ist zweckmäßig, den Schalter (S2) zwangsläufig durch die Druck- oder Zugstange des Magneten bei oder kurz vor Erreichen der Hubendlage zu öffnen. Es ergeben sich folgende Beziehungen:

Anker in Hubanfangslage:

$$P_1 = I_1 \times U_i = I_1^2 \times R_{Cu}$$

Anker in Hubendlage (Schalter S2 offen):

$$P_2 = I_2 \times U_i = I_2^2 \times (R_v + R_{Cu})$$

$$I_2 = U_i : (R_v + R_{Cu}) = I_1 \times R_{Cu} : (R_{Cu} + R_v)$$

Der genaue Wert  $R_v$  muss empirisch ermittelt werden. Als Richtwert kann der ein- bis zweifache Wert von  $R_{Cu}$  angenommen werden.

## 7.2 Bedämpfung der Abschaltüberspannung

Durch die im Magnetkreis gespeicherte Energie tritt insbesondere bei größeren Gleichstrom-Hubmagneten beim Abschalten eine hohe Überspannung auf. Bei großen Geräten mit hohen Nennspannungen kann die Abschaltüberspannung zum Durchschlagen der Erregerwicklung führen. Besonders unerwünscht ist die Abschaltüberspannung, wenn der Magnet elektronisch angesteuert wird, da die Spannungsspitzen zu Zerstörung von Halbleiterbauelementen führen können. Zur Bedämpfung der Abschaltüberspannung gibt es mehrere Maßnahmen.

### 7.2.1 Ohmscher Widerstand (Fig. 25)

Die Abschaltüberspannung wird durch den Parallelwiderstand ( $R_p$ ) wirksam begrenzt. Sie wird umso mehr begrenzt, je kleiner der Parallelwiderstand ist. Allerdings erhöht sich damit auch die Abschaltzeit des Magneten. Außerdem verbraucht dieser Widerstand auch zusätzlich elektrische Leistung. Die Abschaltüberspannung wird durch den Parallelwiderstand reduziert auf den Wert:

$$U_{\ddot{u}} = U \times R_p : R_{Cu}$$

Es errechnet sich die Nennleistung des Widerstand  $R_p$ :

$$P_{R_p} = 1,2 \times U^2 : R_p$$

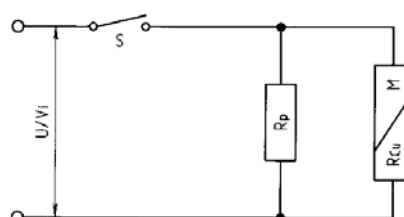


Fig. 25

### 7.2.2 Diodenbeschaltung (Fig. 26)

Bei der Auswahl der Dioden muss darauf geachtet werden, dass diese die Betriebsspannung sicher sperren und kurzzeitig den Nennstrom der beschalteten Induktivität in Durchlassrichtung aushalten müssen. Der Ankerabfall wird auch bei dieser Schaltung leicht verzögert. Besonders bewährt haben sich in solchen Schaltungen Dioden mit Avalanche-Verhalten.

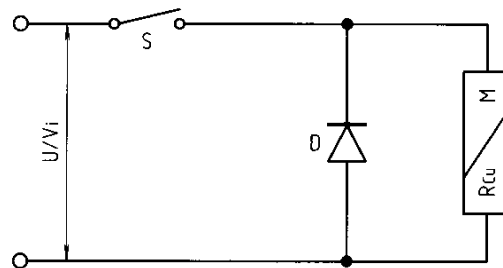


Fig. 26

### 7.2.3 Varistor Beschaltung (Fig. 27)

Der Varistor ( $V$ ) (spannungsabhängiger Widerstand) hat bei Nennspannung einen hohen Widerstand, so dass bei geschlossenem Schalter ( $S$ ) nur ein geringer Strom fließen kann. Beim Auftreten der Abschaltüberspannung verringert sich jedoch der Widerstand des Varistors ganz erheblich. Dadurch wird die Abschaltüberspannung beträchtlich gedämpft. Die Abfallzeit wird nur sehr gering verzögert.

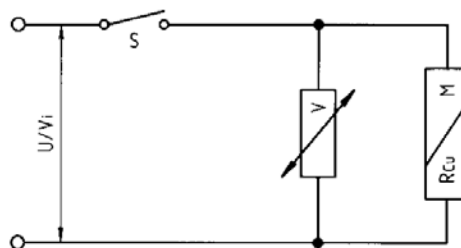


Fig. 27

### 7.2.4 Dämpfung der Abschaltüberspannung durch Brückengleichrichter (Fig. 28)

Wird die Schaltung wechselstromseitig, d. h. vor dem Gleichrichter vorgenommen, so wird die Abschaltüberspannung vollständig gedämpft. Diese Maßnahme hat jedoch zur Folge, dass der Ankerabfall sehr stark verzögert wird.

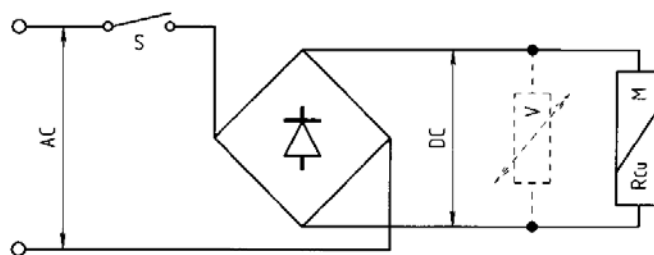


Fig. 28



### 7.3 Funkenlöschung (Fig. 29)

Die beim Abschalten von Gleichstrom-Hubmagneten entstehende Induktionsspannung verursacht insbesondere bei größeren Magneten Kontaktabbrand an den Schaltern, sofern dem nicht durch geeignete Maßnahmen begegnet wird. Die gebräuchlichsten Maßnahmen zur Löschung des Schaltfunkers ist eine Kombination aus Widerstand und Kondensator. Bei der Auslegung der Löschkombination ist zu beachten, dass große Kapazitäten parallel zum Kontakt zwar eine erhebliche Verkleinerung oder ein völliges Verschwinden des Abschaltfunkers bewirken, jedoch kann der Schalterkontakt durch einen zu hohen Entladestromstoß beim Schließen verschweißen.

Eine schlecht angepasste Funkenlöschung kann ungünstiger sein als gar keine. Bei kleinen Schaltleistungen bis ca. 10 Watt verzichtet man im Allgemeinen ganz auf die Funkenlöschung. Bei stark induktiven Lasten empfehlen wir die Verwendung eines Kondensators von max. 0,1 bis 0,5  $\mu\text{F}$  bei 24 V und eines Kondensators von 0,01 bis 0,1  $\mu\text{F}$  bei 110 V bis 220 V. Bei größeren Kapazitäten muss unbedingt ein Strombegrenzungswiderstand von ca. 0,5 bis 1 Ohm in Reihe zur Kapazität geschaltet werden. Die genannten Kapazitäten können nur als Richtwerte gelten.

Die optimale Funkenlöschung muss für jeden Anwendungsfall durch Versuche ermittelt werden. Der erforderliche Aufwand an Zeit wird in den meisten Fällen aufgewogen durch eine verlängerte Lebensdauer der Schalterkontakte.

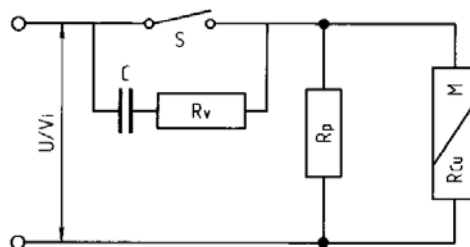


Fig. 29

### 7.4 Elektronisches Schalten von Hubmagneten

In vielen Fällen wird heute die elektronische Ansteuerung von Elektromagneten bevorzugt. Die Vorteile liegen auf der Hand. Mechanische Verschleißteile wie Schalter oder Relais entfallen ganz. Dadurch kommt die meist sehr hohe Lebensdauererwartung der Hubmagnete erst richtig zur Geltung. Der wirtschaftliche Nutzen ist trotz meist etwas höherer Kosten unübersehbar. Als elektronische Schaltelemente kommen sowohl Leistungstransistoren wie auch Thyristoren zum Einsatz. Schnellerregungen, Abfallverzögerungen, Impulsansteuerungen zur Kraftregulierung sowie Spannungsumschaltungen zur Energieeinsparung können elegant verwirklicht werden. Zur erforderlichen galvanischen Trennung des Leistungskreises vom Steuerkreis können sowohl Kleinrelais wie auch Optokoppler oder auch Übertrager verwendet werden. Am Markt ist inzwischen eine Vielzahl von preiswerten Halbleiterrelais erhältlich, die in vielen Fällen den direkten Ersatz mechanischer Schalteinrichtungen mit allen Vorteilen der Elektronik ermöglichen.

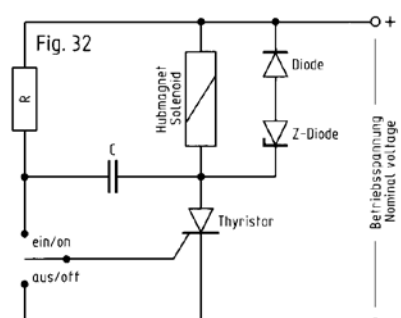
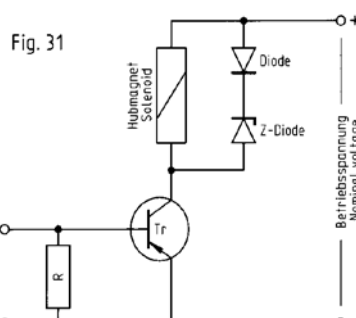
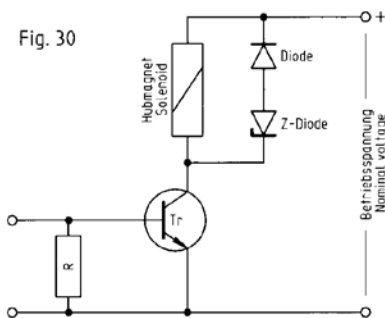


Fig. 30 bis 32 zeigen die Ansteuerung von Hubmagneten mit Transistoren und Thyristoren.

Die über der Magnetspule liegende Anordnung aus Diode und Zenerdiode ermöglicht bei richtiger Dimensionierung eine optimale Bedämpfung der Abschaltüberspannung bei geringer Beeinflussung der Abfallzeit. Der Grund dafür ist der, dass die Zenerdiode nur so lange wirksam ist, wie der Wert der Abschaltüberspannung über der Nennspannung der Zenerdiode liegt. Bei niedrigeren Werten der Spannung erfolgt keine Bedämpfung mehr. Der Hubmagnet fällt verzögert ab. Die Nennspannung der Zenerdiode ist so zu wählen, dass der Schalttransistor nicht beschädigt wird, d. h. die Zenerdiode muss eine niedrigere Spannung haben als der verwendete Transistor. Die zusätzliche Diode sorgt dafür, dass in Durchlassrichtung kein Strom über die Zenerdiode fließen kann.

Da jeder Anwendungsfall anders liegt und eine ganz spezifische Behandlung erfordert, können keine allgemein gültigen Angaben über Schaltungen gemacht werden. Allein der Versuch würde weit über den Rahmen dieser Abhandlung hinausgehen. Zur Vertiefung dieser Materie sollte die einschlägige Fachliteratur zu Rate gezogen werden.

## 8. Lebensdauer

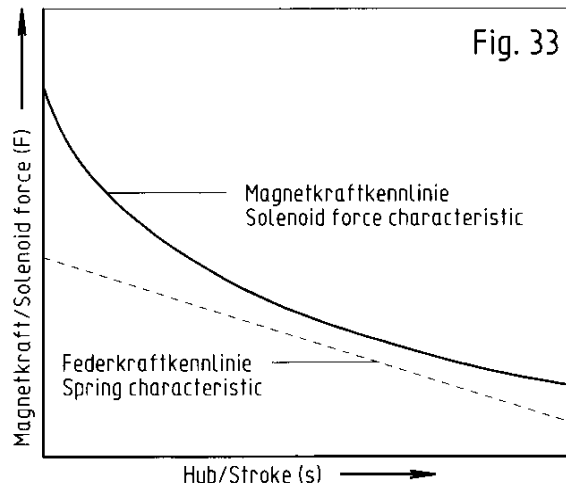
Die Lebensdauer elektromagnetischer Geräte ist nicht nur von der Bauart, sondern in hohem Maße auch von äußeren Bedingungen wie z. B. Klima, Temperaturen, Verschmutzungen und dgl., sowie auch von der Höhe der Belastung abhängig. Um vorzeitigen Verschleiß zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass die Magnete nur mit 70% ihrer Nennmagnetkraft ausgelastet werden. Aussagen über Lebensdauer, Anforderungen und Prüfungen müssen deshalb im Einzelfall bei konkreter Angabe der auftretenden Betriebsbedingungen ermittelt werden.

Die Kraftabnahme soll stets nur in Krafrichtung erfolgen, um einseitigen Lagerverschleiß zu vermeiden. Die von uns z. T. verwendeten Sinterlager sind selbstschmierend und wartungsfrei. Nach jahrelangem Betrieb bei erhöhter Umgebungstemperatur kann u. U. ein nachträgliches leichtes Öl von Vorteil sein. Zur Verwendung kommen sollten ausschließlich dünnflüssige, nicht harzende und säurefreie Öle. Mit DU-Buchsen ausgerüstete Magnete dürfen nicht geschmiert werden, da dadurch die Lebensdauer der Lager herabgesetzt wird und die Lagerstellen zum Kleben neigen.

Nachträgliche Bearbeitung an Elektromagneten sollte vermieden werden, da durch das Eindringen von Bohr- und Feilspänen und dgl. die Funktion des Gerätes u. U. empfindlich gestört werden kann. Beim Befestigen der Magnete mit Schrauben an den dafür vorgesehenen Gewindebohrungen ist darauf zu achten, dass die Schraubenlänge so gewählt wird, dass eine Beschädigung der Erregerwicklung durch zu tief eingedrehte Schrauben vermieden wird. Die Gewindetiefe ist an kritischen Stellen in den Datenblättern angegeben.

## 9. Wechselstrom-Kleinmagnete

Im Betriebsverhalten und in ihren Eigenschaften unterscheiden sich Wechselstrom-Hubmagnete von Gleichstrom-Hubmagneten in mehreren Punkten wesentlich. Bei Wechselstrom-Hubmagneten ist die Stromaufnahme abhängig von der Ankerstellung. Sie ist am größten bei ausgefahrenem Magnetanker, also in Hubanfangslage. Bedingt durch diese von der Ankerstellung abhängige Stromaufnahme und durch den schnellen Stromanstieg beim Einschalten arbeiten Wechselstrom-Hubmagnete sehr schnell und kräftig. Hieraus ergibt sich, und dies ist bei der Anwendung unbedingt zu beachten, dass die Hubbewegung nicht durch einen äußeren Anschlag begrenzt werden darf. Die Polflächen müssen in Hubendlage unbedingt dicht aufeinander liegen, da sonst starkes Brummen und unzulässige Temperaturerhöhungen auftreten können. Die Hubbewegung darf weder gedämpft noch verzögert werden, da auch diese Maßnahmen zur unzulässigen Erwärmung der Erregerwicklung führen. Damit die Magnetspule nicht zerstört wird, muss der Wechselstrom-Hubmagnet auch vor kurzzeitigen Überlastungen geschützt werden.



Das Arbeiten des Wechselstrom-Hubmagneten gegen eine Feder ist nur zulässig, wenn gewährleistet ist, dass die Magnetkennlinie stets über der Federkennlinie liegt (Fig. 33).

Außerdem ist zu beachten, dass die Wicklungstemperatur bei Schaltzahlerhöhung ansteigt.

## 9.1 Schalthäufigkeit

Nach VDE 0580 wurde für die in den Datenblättern angegebenen Werte eine Schalthäufigkeit von 120 S/h zugrunde gelegt. Bei größerer Schalthäufigkeit steigt die Erwärmung der Wechselstrom-Hubmagnete u. U. auf unzulässig hohe Werte an. Durch Hubverkürzung oder durch Verringerung der relativen Einschaltdauer lässt sich die unzulässig hohe Erwärmung jedoch ausgleichen. Da die notwendige Hubverkürzung bzw. Verringerung der relativen Einschaltdauer stark von den jeweiligen Gegebenheiten abhängt (Federkennlinie, erforderliche Schaltzahl, Anbau der Kühlflächen usw.), empfehlen wir in solchen Fällen immer Rücksprache mit dem Lieferwerk, da in den meisten Fällen eine genaue Festlegung der Daten nur durch Versuche unter Betriebsbedingungen ermittelt werden kann.

## 9.2 Frequenzen

Die in den Datenblättern angegebenen Werte beziehen sich auf die Nennfrequenz von 50Hz. Beim Betrieb des Magneten an gleicher Spannung mit höherer Frequenz fällt die Magnetkraft. Dies kann u. U. zur Zerstörung der Wicklung führen, wenn die vom Magneten zu überwindende Gegenkraft größer als die Magnetkraft wird. Zwar ist es möglich, die Wicklungen von Wechselstrom-Hubmagneten an höhere oder niedrigere Betriebsfrequenzen anzupassen, jedoch ist dabei zu berücksichtigen, dass ein wirtschaftlicher Betrieb der Magnete nur innerhalb eines Frequenzbereiches von ca. 40 bis 80 Hz möglich ist.

## 9.3 Sicherung

Da der Einschaltstrom des Wechselstrom-Hubmagneten weit über dem Haltestrom liegt, ist für die Bemessung der Sicherung der Einschaltstrom maßgebend. Bei der Verwendung einer trägen Sicherung soll die Nennstromstärke der Sicherung etwa die Hälfte des Einschaltstromes betragen. Aus der Leistungsangabe der Datenblätter errechnet sich der Einschaltstrom bei max. Hub nach folgender Formel:

$$\text{Einschaltstrom (A)} = \text{Leistung bei max. Hub (VA)} : \text{Nennspannung (V)}$$

Beim Betreiben des Wechselstrom-Hubmagneten mit geringerem Hub kann der Einschaltstrom aus der Leistung bei verringertem Hub errechnet werden. Die dem jeweiligen Hub zugeordnete Leistung kann den Datenblättern entnommen werden.

## 9.4 Magnetkraftkennlinien

Andere Kennlinien als die in den Datenblättern angegebenen sind möglich. Sollte sich die Notwendigkeit ergeben, ein Gerät einem besonderen Einzelfall anzupassen, sprechen Sie uns bitte an.

## 10. Bestelldaten

Bei Bestellung von Kleinmagneten kann anhand des nachfolgenden Teilenummern-schlüssels bereits die Befestigungsart, die Lagerungsart, der Magnethub (Kennlinien siehe Prospektblätter) sowie die gewünschte Betriebsspannung und die relative Einschaltdauer in %ED angegeben werden.

Bei Auftreten von Umgebungs- oder Betriebstemperaturen, die nicht den in den technischen Erläuterungen oder den Datenblättern genannten Werten entsprechen, ist in jedem Fall vor dem Einsatz der Geräte Rücksprache mit unserer Konstruktionsabteilung erforderlich.

### Teilenummernschlüsselaufbau:

**1 2 3 – 4 5 6 7 8 – 9 9 9**

1. Stelle (Gehäuseform)	1	Rahmengehäuse (Vierkant)
	2	C-Bügel
	3	Rundgehäuse
2. Stelle (Funktionsart)	0	Einfachhubmagnet – Ms-Buchsenlagerung
	1	Hubmagnet ohne Anschlag – Ms-Buchsenlagerung
	2	Einfachhubmagnet – wartungsfreie Gleitlager
	3	bistabiler Hubmagnet - wartungsfreie Gleitlager
	6	Einfachhubmagnet mit getr. gelagertem Riegelbolzen
3. Stelle (Hublänge)	0	Standardhub
	1	Langhub
	2	Kurzhub
4. Stelle (Befestigung)	4	nur einseitige (stirn oder seitliche) Montage
	5	Allseitmontage
falls 4. Stelle =	1	Konstruktionsvariante
5. Stelle		Konstruktionsnummer
6. Stelle		Konstruktionsnummer
7. Stelle (Größe)		Gehäusegröße
8. Stelle (Größe)		Gehäusegröße
9. Stelle (Spule)		Wicklungscode
10. Stelle (Spule)		Wicklungscode
11. Stelle (Spule)		Wicklungscode

### Bestellbeispiel:

#### Gleichstrom-Vierkant-Kleinmagnet

(Normalhub – wartungsfreie Gleitlager - Allseitbefestigung – 24VDC - Dauerbetrieb)

**GHM 120-50121-xxx**

**24 VDC / 100% ED**