

## Technische Erläuterungen für -Gleichstrommagnete

# 1

Produktgruppe

## G XX

### Inhaltsübersicht

<b>1. Bauarten von Gleichstrommagneten.....</b>	<b>3</b>	2.2.3	Hubendlage .....	7	
1.1	Hubmagnete .....	3	2.3	Magnetkraft-Hub-Kennlinie, Drehmoment-Drehwinkel-Kennlinie .....	7
1.1.1	Bauformen .....	3	2.4	Anpassung der Magnetkraft-Hub-Kennlinie an bestimmte Hübe (Hubanpassung) .....	8
1.1.2	Bewegungsarten .....	3	2.5	Hubarbeit .....	8
1.1.3	Bestandteile .....	4	2.5.1	Hubarbeit .....	8
1.2	Drehmagnete, schaltend (Schaltdrehmagnet) .....	4	2.5.2	Nennhubarbeit .....	8
1.2.1	Bauformen .....	5	<b>3. Elektrische Kenngrößen und Begriffe .....</b>	<b>8</b>	
1.2.2	Bewegungsarten .....	5	3.1	Nennspannung .....	8
1.2.3	Bestandteile .....	5	3.2	Spannungsänderung .....	8
1.3	Proportionaldrehmagnete .....	5	3.3	Bemessungsstrom .....	8
1.3.1	Bauformen .....	5	3.4	Prüfstrom .....	8
1.3.2	Bewegungsarten .....	5	3.5	Nennleistung .....	8
1.4	Haftmagnete .....	5	<b>4. Zeitbegriffe und Betriebsarten .....</b>	<b>9</b>	
1.4.1	Bauformen .....	6	4.1	Einschaltdauer .....	9
1.4.2	Funktionsarten .....	6	4.2	Stromlose Pause .....	9
1.4.3	Bestandteile .....	6	4.3	Spieldauer .....	9
1.5	Beschreibung der Bestandteile .....	6	4.4	Spielfolge .....	9
1.5.1	Erregerwicklung .....	6	4.5	Relative Einschaltdauer .....	9
1.5.2	Anker .....	6	4.6	Arbeitsspiel .....	9
1.5.3	Funktionsteile .....	6	4.7	Schalthäufigkeit .....	9
1.5.4	Magnetkörper .....	6	4.8	Betriebsarten .....	9
1.5.5	Permanentmagnete .....	6	4.8.1	Dauerbetrieb .....	9
<b>2. Mechanische Kenngrößen.....</b>	<b>6</b>	4.8.2	Aussetzbetrieb .....	9	
2.1	Kraft, Drehmoment .....	6	4.8.3	Kurzzeitbetrieb .....	9
2.1.1	Magnetkraft .....	6	<b>5. Auswahl der Magnete für die verschiedenen Nennbetriebsarten.....</b>	<b>9</b>	
2.1.2	Hubkraft .....	7	5.1	Dauerbetrieb .....	9
2.1.3	Haltekraft .....	7	5.2	Aussetzbetrieb .....	9
2.1.4	Resthaltekraft .....	7	5.3	Kurzzeitbetrieb .....	10
2.1.5	Rückstellkraft bzw. Rückstellmoment .....	7			
2.2	Hub, Drehwinkel .....	7			
2.2.1	Magnethub / Drehwinkel .....	7			
2.2.2	Hubanfangslage .....	7			

<b>6. Anzugs- und Abfallzeiten, Möglichkeiten die Anzugszeit zu beeinflussen.....</b>	<b>10</b>	9.3	Umgebungsluft.....	14	
6.1	Anzugs- und Abfallzeiten .....	10	9.4	Relative Feuchtigkeit .....	14
6.1.1	Anzugszeit .....	10	9.5	Einbau-Richtlinien und Sicherheitshinweise .....	14
6.1.1.1	Ansprechverzug.....	10	9.6	Abweichungen Betriebsbedingungen .....	14
6.1.1.2	Hubzeit.....	10	<b>10. Lebensdauer .....</b>	<b>14</b>	
6.1.2	Abfallzeit .....	10	<b>11. Elektrischer Anschluss von Gleichstrom Magneten .....</b>	<b>14</b>	
6.1.2.1	Abfallverzug .....	10	11.1	Gleichspannungsanschluss .....	14
6.1.2.2	Rücklaufzeit .....	10	11.2	Wechselspannungsanschluss .....	14
6.1.3	Anzugs- und Abfallzeiten .....	10	11.3	Anschluss von Gleichstrommagneten über ein elektrisches Steuergerät .....	15
6.2	Beeinflussungsmöglichkeiten der Anzugszeit.....	10	11.3.1	Maximierung der Anzugskraft .....	15
6.2.1	Schnellerregung.....	10	11.3.2	Optimierung der Energieeffizienz und Reduzierung der Wärmeentwicklung .....	15
6.2.2	Übererregung.....	10	<b>12. Hinweis auf die Beseitigung der Abschaltüberspannung und Funkenlöschung .....</b>	<b>16</b>	
6.2.2.1	Vorwiderstand mit Überbrückungsschalter .....	10	12.1	Beseitigung von Abschaltüberspannungen.....	16
6.2.2.2	Vorwiderstand mit Kondensator.....	11	12.1.1	Bedämpfung durch Varistoren .....	16
6.2.2.3	Ansteuerung über elektronisches Schaltgerät .....	11	12.1.2	Bedämpfung durch Netzgleichrichter.....	16
<b>7. Temperaturen, Thermische Klasse der Isolierstoffe und Kühlungsarten.....</b>	<b>11</b>	12.1.3	Bedämpfung durch Dioden .....	16	
7.1	Temperaturbegriffe.....	11	12.2	Funkenlöschung .....	16
7.1.1	Umgebungstemperatur .....	11	<b>13. Elektromagnetische Zeitkonstante (<math>\tau</math>) und Induktivitäten</b>	<b>16</b>	
7.1.2	Beharrungstemperatur.....	11	<b>14. Bestellangaben für Gleichstrommagnete .....</b>	<b>16</b>	
7.1.3	Bezugstemperatur .....	12	<b>15. Einbau-Richtlinien für Gleichstrommagnete .....</b>	<b>17</b>	
7.1.4	Grenztemperatur.....	12	15.1	Allgemein .....	17
7.1.5	Übertemperatur.....	12	15.2	Arbeitslage.....	17
7.1.6	Beharrungsübertemperatur.....	12	15.3	Einbau.....	17
7.1.7	Grenzübertemperatur .....	12	15.4	Inbetriebnahme.....	17
7.1.8	Heißpunktdifferenz.....	12	15.5	Äußere Gegenkräfte .....	17
7.1.9	Betriebswarmer Zustand.....	12	15.6	Elektrische Absicherung .....	17
7.2	Thermische Klassen .....	12	15.7	Spannungsabfall und Leitungsquerschnitt.....	17
7.3	Kühlungsarten.....	12	15.8	Berührungsschutz.....	17
7.4	Messung der Wicklungstemperatur durch Widerstandsmessung .....	12	15.9	Wartung .....	17
7.5	Schutzklassen.....	13	15.10	Demontage und Entsorgung.....	17
7.5.1	Schutzklasse I – Schutzleitersystem .....	13	<b>16. Sicherheit .....</b>	<b>18</b>	
7.5.2	Schutzklasse II – Verstärkte Isolierung.....	13	16.1	Sicherheitshinweise .....	18
7.5.3	Schutzklasse III – Schutzkleinspannung .....	13	16.2	Hinweis zur Funktionalen Sicherheit.....	18
<b>8. Prüfung der Spannungsfestigkeit.....</b>	<b>14</b>	<b>17. Die Geräteschutzarten .....</b>	<b>18</b>		
8.1	Art und Höhe der Prüfspannung .....	14	17.1	Bezeichnung Schutzarten.....	18
8.2	Durchführung der Spannungsprüfung .....	14	17.2	Schutzgrade.....	19
8.3	Wiederholte Spannungsprüfung .....	14	17.3	Magnete für den Einsatz unter besonderen Bedingungen.....	20
<b>9. Nennbetriebsbedingungen .....</b>	<b>14</b>	<b>18. Vorschriften, Normen und Bestimmungen .....</b>	<b>20</b>		
9.1	Umgebungstemperatur .....	14			
9.2	Höhenlage .....	14			

## 1. Bauarten von Gleichstrommagneten

Je nach Bewegungsart werden Elektromagnete für Gleichstrom im MSM-Programm unterschieden in

- Hubmagnete



Abb. 1: Hubmagnete

- Drehmagnete



Abb. 2: Drehmagnete

Hub- und Drehmagnete sind Betätigungsmagnete, bei denen die Hub- bzw. Drehbewegung durch die Wirkung des von der Erregerwicklung erzeugten magnetischen Feldes realisiert wird.

- Haftmagnete



Abb. 3: Haftmagnete

Haftmagnete sind Komponenten die ein Magnetfeld zum Festhalten von ferromagnetischen Gegenständen erzeugen.

## 1.1 Hubmagnete

Die im MSM-Programm enthaltenen Gleichstrom-Hubmagnete sind Tauchankermagnete, bei denen der Arbeitsluftspalt zwischen Kern und Anker innerhalb der Erregerwicklung liegt, der Anker taucht in die Erregerwicklung ein.

Durch besondere Ausbildung von Anker und Kern im Bereich des Arbeitsluftspaltes wird die magnetische Energie weitgehend zur Erzeugung der Hubarbeit herangezogen.

### 1.1.1 Bauformen

Es werden **2 Bauformen** unterschieden:

- a) Der Magnetkörper umschließt allseitig die Erregerwicklung, geschlossene Bauform (Abb. 4)

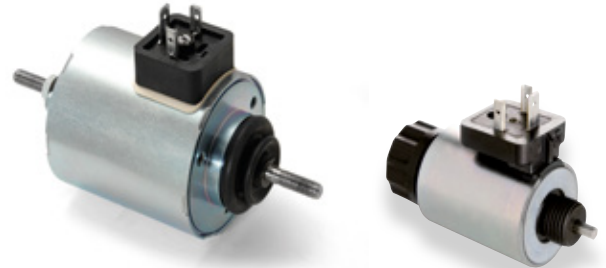


Abb. 4: geschlossene Betätigungsmagnete

- b) Der Magnetkörper umschließt nur teilweise die Erregerwicklung, offene Bauform (Abb. 5)



Abb. 5: Einfachhubmagnet in offener Bauform

Während die geschlossene Bauform a) stets da angewendet wird, wo höchste technische Ansprüche an Hubarbeit, Schutzart und Lebensdauer gestellt werden, befriedigt die offene Bauform b) überwiegend die Einsatzfälle, bei denen die technischen Ansprüche reduziert werden können.

### 1.1.2 Bewegungsarten

Nach Art der Bewegung wird unterschieden nach Einfachhub-, Doppelhub- und Umkehrhubmagneten:

- a) **Einfach-Hubmagnete** (Abb. 6) sind Magnete, bei denen die Bewegung von der Anfangslage in die Endlage durch elektromagnetische Kraftwirkung erfolgt. Für die Rückstellung in die Ausgangslage ist eine äußere Kraft erforderlich z.B. Federkraft, Gewichtskraft usw.

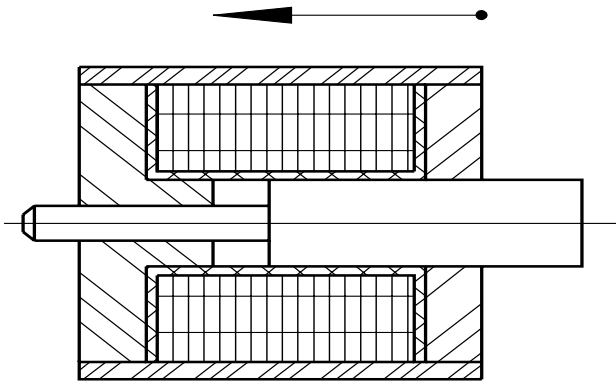


Abb. 6: Prinzip Einfach-Hubmagnet

- b) **Doppel-Hubmagnete** (mit Nullstellung) (Abb. 7) sind Magnete, bei denen die Bewegung nach Erregung der relevanten Spule von der Nullstellung aus in eine der beiden entgegengesetzten Richtungen erfolgt. Die Rückstellung in die Nullstellung erfolgt nach Ausschalten durch äußere Rückstellkräfte. Die Nullstellung ist also die Anfangslage für beide Richtungen.

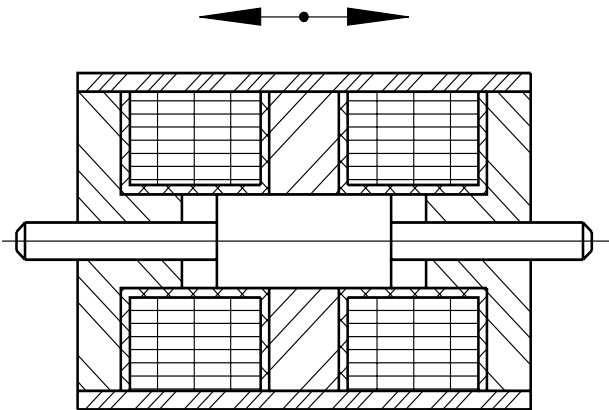


Abb. 7: Prinzip Doppel-Hubmagnet

- c) **Umkehr-Hubmagnete** (ohne Nullstellung) (Abb. 8) sind Magnete, bei denen die Bewegung nach Erregung der relevanten Spule von einer Endlage in die andere oder umgekehrt erfolgt.

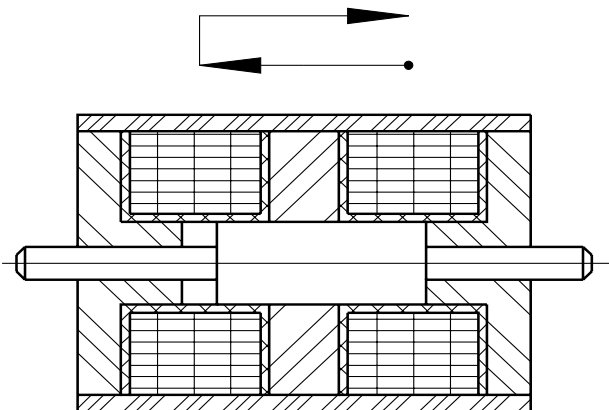


Abb. 8: Prinzip Umkehr-Hubmagnet

### 1.1.3 Bestandteile

Die Hauptbestandteile von MSM-Gleichstrom-Betätigungsmagneten sind: (Abb. 9)

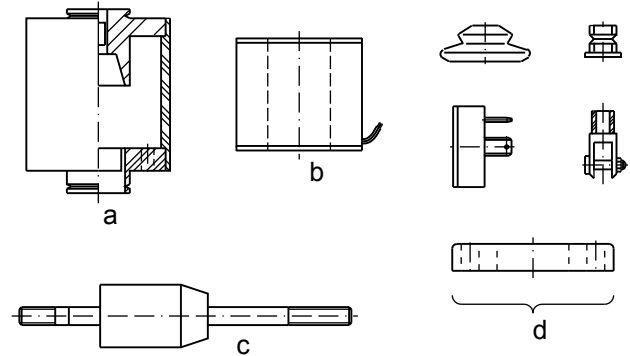
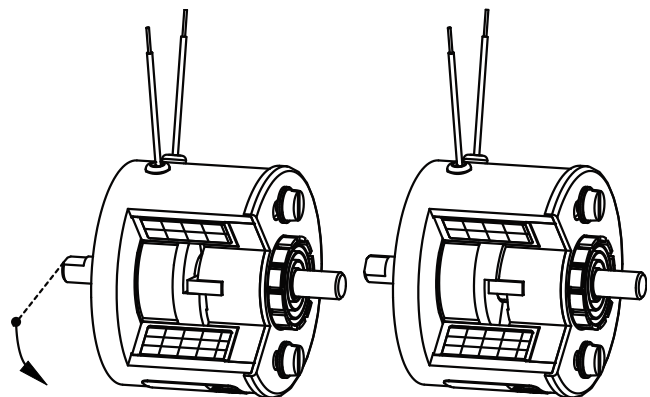


Abb. 9: Hauptbestandteile Hubmagnet

- a) Magnetkörper
- b) Erregerwicklung
- c) Anker
- d) Funktionsteile

### 1.2 Drehmagnete, schaltend (Schaltdrehmagnet)



Ausgangslage unbestromt

Endlage bestromt

Abb. 10: Schnittbilder Schaltdrehmagnet

Bei den im MSM-Programm enthaltenen Gleichstrom-Drehmagneten wird der Anker durch eine geeignete Lagerung an der Axialbewegung gehindert. Die besondere Geometrie von Anker und Kern teilt die Hubkraft in eine radiale und eine axiale Komponente auf.

Die radiale Kraft versetzt die Welle in Drehung und kann als Drehmoment abgenommen werden.

Die axiale Kraftkomponente wird Prinzip bedingt nicht genutzt. Damit wird nur ein Teil der magnetischen Energie in Hubarbeit bzw. in diesem Fall „Dreharbeit“ umgesetzt.

Für Anwendungen in denen eine bessere Ausnutzung der magnetischen Energie erforderlich ist, bieten sich Proportionaldrehmagnete Typ G DR an, die nach einem effektiveren, dafür aber aufwändigerem Wirkprinzip arbeiten.

### 1.2.1 Bauformen



Abb. 11: Drehmagnet Typ G DA

Drehmagnet Typ G DC

Schalt Drehmagnete werden in runder und vierkantiger Bauform angeboten. Während die runde Bauform (Typ G DA) die gebräuchlichere und deshalb bevorzugte darstellt, werden mit der vierkantigen Bauform aufgrund des massiveren magnetischen Kreises (Typ G DC) höhere Drehmomente erreicht.

### 1.2.2 Bewegungsarten

Bei Schalt Drehmagneten ist die einfachwirkende Ausführung am meisten verbreitet.

Ist eine Rückstellung erforderlich, so wird über einen passenden Federkäfig eine Rückstellfeder adaptiert.

Grundsätzlich ist analog zu den Hubmagneten eine Ausführung als Umkehrdrehmagnet mit 2 gegeneinander arbeitenden Drehmagneten als Sonderkonstruktion realisierbar.

Im Bedarfsfall empfehlen wir die Verwendung unserer Proportionaldrehmagnete Typ G DR zu prüfen. Hier kann die Drehrichtungs umkehr durch Umpolen der elektrischen Anschlüsse erreicht werden.

### 1.2.3 Bestandteile

Die Hauptbestandteile von MSM-Gleichstrom-Drehmagneten sind: (Abb. 12)

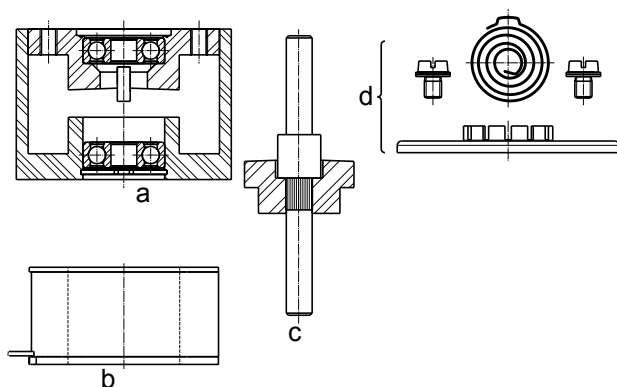


Abb. 12: Hauptbestandteile Drehmagnet

- a) Magnetkörper mit Kugellagerung
- b) Erregerwicklung
- c) Anker
- d) Funktionsteile (Rückstellfeder und Federkäfig)

### 1.3 Proportionaldrehmagnete

Proportionaldrehmagneten liegt ein elektrodynamisches Wirkprinzip zugrunde. Vor der Polfläche eines Elektromagneten ist eine Permanentmagnetscheibe, drehbar und axial fixiert, mit gleichbleibendem Luftspalt gelagert. Abhängig von dem durch die Spule fließenden Strom baut sich ein Drehmoment auf, das über den Drehwinkel annähernd konstant ist. Durch vertauschen der Polung kann die Drehrichtung umgekehrt werden.

Die Hauptbestandteile von MSM-Proportionalmagneten sind: (Abb. 13)

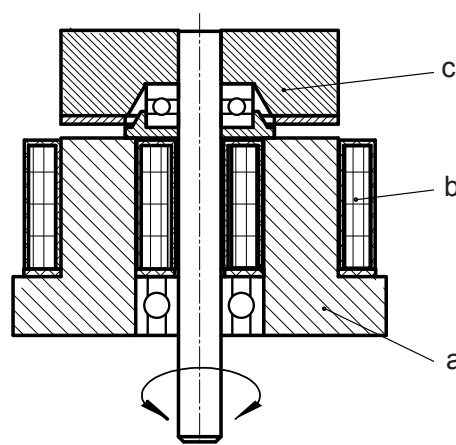


Abb. 13: Prinzip Proportionaldrehmagnet G DR

- a) Magnetkörper
- b) Erregerwicklung mit Kugellagerung
- c) Anker mit Permanentmagnetscheibe

### 1.3.1 Bauformen



Abb. 14: Proportionaldrehmagnet Typ G DR

Proportionaldrehmagnete werden ausschließlich in runder Bauform angeboten. Grundsätzlich sind andere Gehäusebauformen zur optimalen Adaption an die Anwendung als Sonderlösung möglich.

### 1.3.2 Bewegungsarten

Die Drehrichtung wird beim Proportionaldrehmagneten durch die Polung des elektrischen Anschlusses bestimmt. Ist eine Drehrichtungsänderung durch Umpolen nicht möglich oder nicht gewünscht, kann die Rückstellung analog zum Schalt-Drehmagneten durch eine äußere Kraft oder durch eine Feder erfolgen.

### 1.4 Haftmagnete

Haftmagnete, auch Haltemagnete genannt, sind Gleichstrommagnete die in der Regel keinen oder nur einen sehr geringen Hub ausführen. Aufgrund des doppelten Luftspaltes nimmt beim Haftmagneten die Magnetkraft mit zunehmendem Abstand der Polfläche zum Gegenstück sehr

schnell ab. Die Haltekraft wirkt auf alle ferromagnetischen Werkstoffe. Idealerweise wird als Gegenstück ein Anker mit kardanischer Lagerung verwendet, da dieser Richtungs- und Fluchtungsfehler ausgleicht.

#### 1.4.1 Bauformen

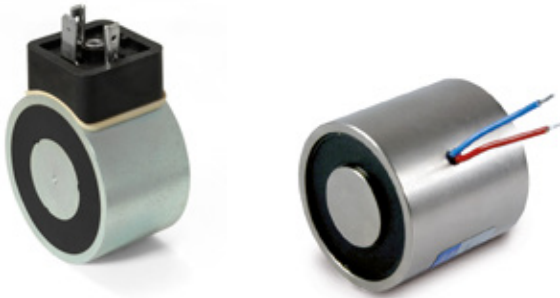


Abb. 15: Haftmagnet

Permanenthaltmagnet

Haftmagnete werden als Standardprodukte ausschließlich in runder Bauform angeboten. Grundsätzlich sind andere Bauformen als Sonderausführungen möglich.

#### 1.4.2 Funktionsarten

Haftmagnete können mit und ohne Permanentmagnet ausgeführt werden

- Der **Haftmagnet** baut seine Haltekraft auf, wenn die Versorgungsspannung anliegt. Wird er von der Versorgungsspannung getrennt, wird das Magnetfeld abgebaut, die Haltekraft wirkt nicht mehr.
- Der **Permanenthaltmagnet** ist mit einem Permanentmagneten und einer Spule ausgestattet. Die durch den Permanentmagneten erzeugte Haltekraft wirkt ständig. Wird die Spule mit der richtigen Polung bestromt, neutralisiert das Magnetfeld der Spule das Magnetfeld des Permanentmagneten, die Haltekraft nimmt auf ein Minimum ab. Bei Bestromung mit umgekehrter Polung wird das Magnetfeld des Permanentmagneten verstärkt, die Haltekraft nimmt zu.

#### 1.4.3 Bestandteile

Die Hauptbestandteile von MSM-Haftmagneten/Permanentmagneten sind: (Abb. 16)

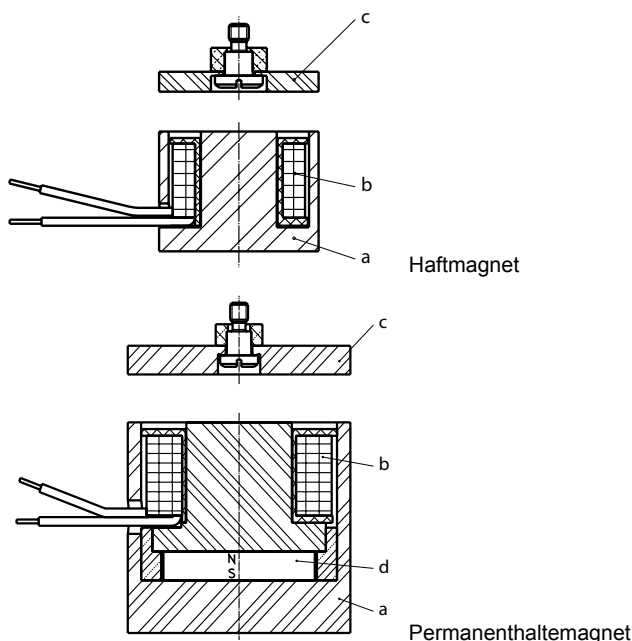


Abb. 16: Bestandteile Haftmagnet/Permanenthaltmagnet

- Magnetkörper
- Erregerwicklung
- Anker
- Permanentmagnet

#### 1.5 Beschreibung der Bestandteile

**1.5.1** Der **Magnetkörper** besteht unter Umständen auch aus mehreren Einzelteilen und ist aus magnetisch gut leitenden Materialien hergestellt. Der Magnetkörper übernimmt je nach Gerät und Ausführung verschiedene Aufgaben.

- Führung des Magnetfeldes im magnetischen Kreis
- Mechanische Einhausung der Spule
- Mechanische Struktur zur Aufnahme von Lagerungen und Funktionsteilen

**1.5.2** Die **Erregerwicklung** ist eine Spule aus lackisoliertem Kupferdraht. Sie nimmt die elektrische Energie zur Erzeugung des magnetischen Feldes auf.

Die Qualität der verwendeten Isolierstoffe und deren thermische Klasse ist mit entscheidend für die Leistungsfähigkeit des Elektromagneten.

**1.5.3** Der **Anker** ist der durch das erzeugte Magnetfeld in die Erregerwicklung eintauchende bzw. in oder durch das Magnetfeld der Erregerwicklung gehaltene Teil; er wird in der Regel in wartungsfreien Lagern mit geringem Spiel geführt.

**1.5.4** **Funktionsteile** sind solche Teile, die zwar nicht unmittelbar zur Erzeugung der Magnetkraft erforderlich sind, aber dennoch für den praktischen Betrieb des Magneten vorhanden sein müssen. Hierzu gehören z. B. für die mechanische Ausnutzung der Magnetkraft: Hubbegrenzungen, Anschläge, Druck- und Zugstangen, Gabelgelenke usw. und für den elektrischen Anschluss der Erregerwicklung: Kabelanschlüsse, Klemmkasten, Steckvorrichtungen usw.

**1.5.5** **Permanentmagnete** bestehen aus Materialien, die ihr Magnetfeld nach einer einmaligen Aufmagnetisierung dauerhaft (permanent) behalten.

Werden Permanentmagnete im magnetischen Kreis eines Gleichstrommagneten integriert, so erhält man ein polarisiertes System. In diesem Fall ist auf die richtige Polung der Spannungsversorgung zu achten.

## 2. Mechanische Kenngrößen

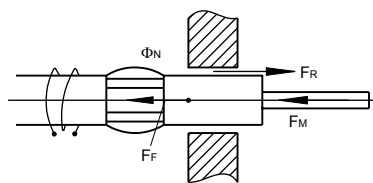
Die in den Datenblättern und technischen Erläuterungen verwendeten Formelzeichen und SI-Einheiten entsprechen DIN 1304-1.

### 2.1 Kraft, Drehmoment

**2.1.1** Die **Magnetkraft  $F_M$**  ist der ausnutzbare, also um die Reibung verminderte Teil der im Hubmagneten in Hubrichtung erzeugten mechanischen Kraft bei waagrecht Ankerlage. (Abb. 17) Für Drehmagnete gilt analog das **Drehmoment  $M_d$**  als nutzbare Kenngröße.

**Sie bezieht sich auf den betriebswarmen Zustand der Erregerwicklung und auf 90 % der Nennspannung.**

**Bei dem Betrieb mit dem Nominalwert der Nennspannung erhöhen sich die Listenwerte um ca. 20 %.**



$$F_M = F_F - F_R$$

Abb. 17: Magnetkraft

$\Phi_N$  = Nutzfluss

$F_R$  = Reibungskraft

$F_M$  = Magnetkraft

$F_F$  = Kraft, die das magnetische Feld auf den Anker ausübt

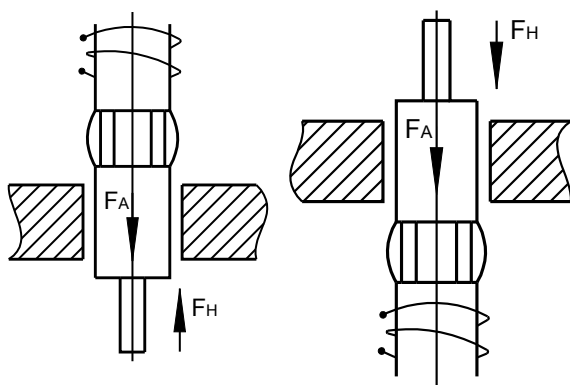
Der Ermittlung des betriebswarmen Zustandes bzw. der Beharungstemperatur  $\vartheta_{23}$  werden die ungünstigsten, im praktischen Einsatz auftretenden Bedingungen zugrunde gelegt. Werden in der Praxis die Magnete auf einer gut wärmeleitenden Unterlage (z. B. Maschinenbetten, Rahmenteile aus Stahl, Blechchassis usw.) montiert, so kann die Magnetkraft, insbesondere durch Anpassung der Erregerleistung der Wicklung an die jeweiligen Betriebsverhältnisse, erhöht werden. Eine weitere Erhöhung der Magnetkraft ist möglich, wenn die Umgebungstemperatur ständig unter der oberen Umgebungstemperatur  $\vartheta_{14}$  von  $+35^\circ \text{C}$  liegt. Umgekehrt muss die elektrische Erregerleistung reduziert werden, wenn die Umgebungstemperatur ständig über  $+35^\circ \text{C}$  liegt, was mit einer Verminderung der Magnetkraft verbunden ist.

Eine optimale Abstimmung des Elektromagneten an die Umgebungsbedingungen erfolgt im Rahmen einer anwendungsspezifischen Wicklungsauslegung. Diese ist als Sonderausführung auf Anfrage möglich. Bitte füllen Sie hierzu im Bedarfsfall unsere Checkliste Magnettechnik aus.

Unsere Technischen Büros unterstützen Sie hierbei gerne.

**2.1.2** Die **Hubkraft**  $F_H$  (Abb. 18 und Abb. 19) ist die Magnetkraft, welche unter Berücksichtigung der zugehörigen Komponente des Ankergewichtes,  $F_A$  nach außen wirkt.

Bei Drehmagneten ist der Begriff nicht relevant, da Einbaulage und Ankergewicht keinen Einfluss auf das Drehmoment besitzen.



$$F_H = F_M - F_A$$

$$F_H = F_M + F_A$$

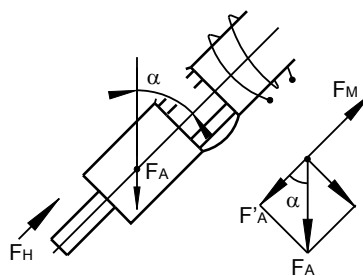
$$F_A = m_A \cdot g$$

Abb. 18: Hubkraft von unten nach oben ziehend oder drückend

$F_A$  = Gewichtskraft des Ankers

$m_A$  = Ankermasse

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



$$F_H = F_M - F'_A$$

Abb. 19: Hubkraft von unten nach oben schräg ziehend oder drückend

$$F'_A = F_A \cdot \cos \alpha$$

$F_M$  = Magnetkraft

$F_H$  = Hubkraft

**2.1.3** Die **Haltekraft** ist die Magnetkraft in Hubendlage, also bei Hub 0.

Bei Drehmagneten ist das Haltemoment das Drehmoment in Endlage (max. Drehwinkel)

**2.1.4** Die **Resthaltekraft** ist die nach einer Ausschaltung des Stromes verbliebene Haltekraft.

Drehmagnete verfügen konstruktionsbedingt in der Endlage über einen Restluftspalt, der ein Resthaltemoment verhindert.

**2.1.5** **Rückstellkraft** bzw. **Rückstellmoment** sind nach einer Ausschaltung zur Rückführung des Ankers in die Anfangslage erforderliche Größen.

## 2.2 Hub, Drehwinkel

**2.2.1** Der **Magnethub s / Drehwinkel** ist der vom Anker zwischen Anfangslage und Endlage zurückgelegte Weg/Winkel.

**2.2.2** Die **Hubanfangslage s<sub>1</sub>**, ist die Ausgangslage des Ankers vor Beginn der Hubbewegung bzw. nach Beendigung der Rückstellung.

**2.2.3** Die **Hubendlage s<sub>0</sub>** (siehe auch Abszissennullpunkt in Abb. 20) ist die im Gerät konstruktiv festgelegte Stellung des Ankers, die er infolge der elektromagnetischen Kraftwirkung einnimmt.

## 2.3 Magnetkraft-Hub-Kennlinie, Drehmoment-Drehwinkel-Kennlinie

Man unterscheidet grundsätzlich drei verschiedene Arten von Kennlinien. (Abb. 20):

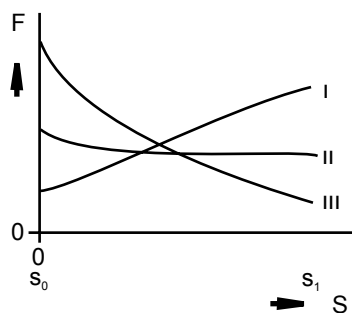


Abb. 20: Formen der Magnetkraft-Hub-Kennlinie

I. fallende Kennlinie

II. waagrechte Kennlinie

III. ansteigende Kennlinie

Die **Magnetkraft-Hub-Kennlinien** von MSM-Gleichstrom-Magneten können durch entsprechende Ausbildung des Magnetsystems gesteuert werden.

Am gebräuchlichsten sind:

Die **ansteigende Kennlinie** besonders geeignet für Feder-Gegenkräfte

und die **waagrechte Kennlinie** besonders geeignet für konstante Gegenkräfte.

Die **fallende Kennlinie** ist für Gleichstrom-Hubmagnete selten gebräuchlich, Anwendungsbereiche sind dort, wo gegen große Reibungskräfte gearbeitet werden soll.

Änderungen von den in den Datenblättern dargestellten Kennlinien sind auf Anfrage als Sonderausführung lieferbar.

Bei Drehmagneten entspricht die Kraft  $F$  dem Drehmoment  $M_d$  und der Hub  $s$  dem Drehwinkel.

#### 2.4 Anpassung der Magnetkraft-Hub-Kennlinie an bestimmte Hübe (Hubanpassung)

Durch besondere Anpassung der die Magnetkraft-Hub-Kennlinie steuernden aktiven Magneteile, können die Magnethübe ohne wesentliche Veränderungen der Hubarbeit in relativ weiten Grenzen angepasst (verkürzt oder verlängert) werden. Das bedeutet bei einer Hubverkürzung eine Erhöhung der Magnetkraft, bei Hubverlängerung eine Reduzierung der Magnetkraft. (Beispiele siehe Abb. 21)

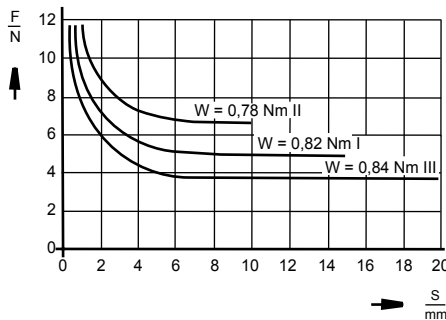


Abb. 21: Magnetkraft-Hub-Kennlinie bei Hubanpassung

I Standardausführung

II Hubverkürzung

III Hubverlängerung

#### 2.5 Hubarbeit

2.5.1 Die **Hubarbeit  $W$**  ist das Integral der Magnetkraft über dem Magnethub (Abb. 22)

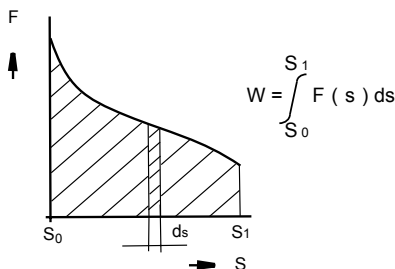


Abb. 22: Hubarbeit an der Magnetkraft-Hub-Kennlinie

2.5.2 Die **Nennhubarbeit  $W_N$** , die in den Geräteblättern angegeben ist, errechnet sich als Produkt aus Magnetkraft  $F_M$  in der Hubanfangslage  $S_1$  und dem Magnethub  $s$  (Abb. 23)

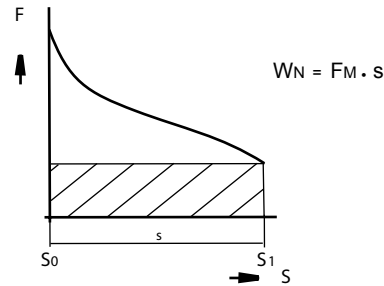


Abb. 23: Nennhubarbeit an der Magnetkraft-Hub-Kennlinie

#### 3. Elektrische Kenngrößen und Begriffe

Spannungs- und Stromangaben sind, sofern nichts anderes angegeben, bei Gleichstrom arithmetische Mittelwerte.

3.1 Die **Nennspannung  $U_N$**  ist die Spannung, für die ein Spannungsgerät ausgelegt ist und mit der es gekennzeichnet wird.

Den in den Geräteblättern angegebenen Werten liegt, wenn nichts anderes angegeben, eine Nennspannung von 24 V zugrunde.

Bei anderen Nennspannungen können durch die unterschiedlichen Isolationsanteile in den Erregerwicklungen Abweichungen von den angegebenen Magnetkräften, sowohl nach oben (meist bei > 24 V) als auch nach unten (meist bei < 24 V), auftreten.

3.2 Die **dauernd zulässige Spannungsänderung** an Gleichstrommagneten beträgt  $\pm 10\%$  der Nennspannung.

3.3 Der **Bemessungsstrom  $I_B$**  ist der Strom, der sich bei Nennspannung und einer Temperatur der Erregerwicklung von  $+20^\circ\text{C}$  einstellt.

Er kann durch Division der in den Geräteblättern angegebenen Nennleistung durch die Nennspannung ermittelt werden.

3.4 Der **Prüfstrom  $I_{Pr}$**  ist der Strom, auf den sich die in den Geräteblättern genannten Magnetkraftwerte beziehen. Er ergibt sich aus:

$$I_{Pr} = \frac{0,9 U_N}{R_W}$$

wobei  $R_W$  für den betriebswarmen Widerstand der Erregerwicklung steht.

3.5 Die **Nennleistung  $P_N$** , die in den Geräteblättern angegeben ist, bezieht sich auf die Nennspannung und den Bemessungsstrom. Da der Bemessungsstrom bei einer Temperatur von  $+20^\circ\text{C}$  zugrunde gelegt ist, wird die Nennleistung bei MSM mit  $P_{20}$  benannt. Wenn nichts anderes angegeben, wird hierbei eine Nennspannung von 24 V zugrunde gelegt.



#### 4. Zeitbegriffe und Betriebsarten

4.1 Die **Einschaltdauer**  $t_s$  ist die Zeit in der die Versorgungsspannung am Magneten anliegt.

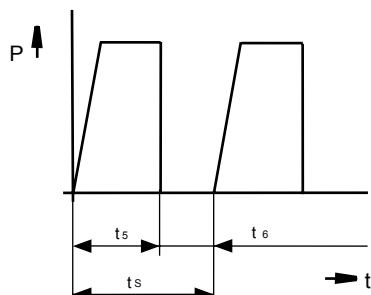


Abb. 24: Zeitbegriffe zur Betriebsart

$t_s$  = Einschaltdauer

$t_0$  = stromlose Pause

$t_s$  = Spieldauer

P = Leistung

t = Zeit

4.2 Die **stromlose Pause**  $t_0$  ist die Zeit, welche zwischen dem Ausschalten und dem Wiedereinschalten der Spannung liegt.

4.3 Die **Spieldauer**  $t_s$  ist die Summe aus Einschaltdauer und stromloser Pause.

4.4 Die **Spieldfolge** ist eine einmalige oder periodisch wiederkehrende Aneinanderreihung von Spieldauerwerten gleicher oder verschiedener Größen.

4.5 Die **relative Einschaltdauer ED (%)**, ist das prozentuale Verhältnis von Einschaltdauer zu Spieldauer

$$\% \text{ ED} = \frac{\text{Einschaltdauer}}{\text{Spieldauer}} \cdot 100$$

4.6 Ein **Arbeitsspiel** umfasst einen vollständigen Ein- und Ausschaltvorgang.

4.7 Die **Schalhäufigkeit** ist die Anzahl der gleichmäßig über eine Stunde verteilten Arbeitsspiele.

#### 4.8 Betriebsarten

Die Betriebsarten, für die Gleichstrommagnete ausgelegt werden können, sind:

##### 4.8.1 Dauerbetrieb (S 1)

Die Einschaltdauer ist so lange, dass die Beharrungstemperatur praktisch erreicht wird. (Abb. 25)

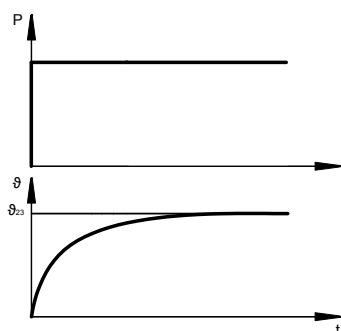


Abb. 25: Temperaturkurve Dauerbetrieb

##### 4.8.2 Aussetzbetrieb (S 3)

Einschaltdauer und stromlose Pause wechseln in regelmäßiger oder unregelmäßiger Folge, wobei die Pausen so kurz sind, dass sich das Gerät nicht auf seine Bezugstemperatur abkühlt. (Abb. 26)

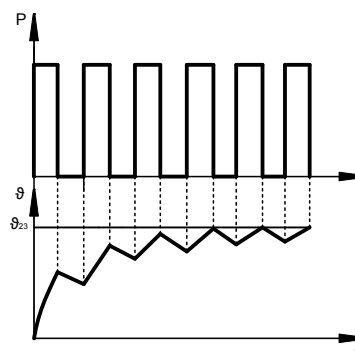


Abb. 26: Temperaturkurve Aussetzbetrieb

##### 4.8.3 Kurzzeitbetrieb (S 2)

Die Einschaltdauer ist so kurz, daß die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Die stromlose Pause ist so lange, dass sich das Gerät praktisch auf die Bezugstemperatur abkühlt. (Abb. 27)

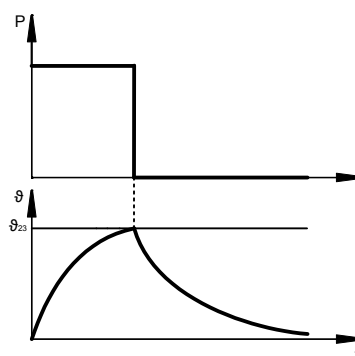


Abb. 27: Temperaturkurve Kurzzeitbetrieb

#### 5. Auswahl der Magnete für die verschiedenen Nennbetriebsarten

5.1 Für den **Dauerbetrieb (S 1)** kann nur ein Magnet gewählt werden, dessen Erregerwicklung für Dauereinschaltung = 100 % ED ausgelegt ist. Es ist darauf zu achten, dass bei Dauereinschaltung über einen längeren Zeitraum der Magnet gelegentlich geschaltet wird, um ein Festsetzen der Funktionsteile infolge Umwelteinwirkung (z. B. Schmutz, Feuchtigkeit...) zu vermeiden.

5.2 Für den **Aussetzbetrieb (S 3)** können wesentlich größere Leistungen und damit Magnetkräfte installiert werden als bei Dauerbetrieb.

Maßgebend für die zulässige zu installierende Leistung sind die relative Einschaltdauer, die Spieldauer und die thermische Zeitkonstante des Magneten.

Die in den Geräteblättern angegebenen Kraft-, Leistungs-, Hubarbeits- und Zeitwerte beziehen sich auf eine **Spieldauer von 5 Minuten (300 Sek.)** Für diese Spieldauer ergeben sich folgende zulässige Maximalwerte für die Einschaltdauer:

Relative Einschaltdauer (% ED)	5	15	25	40
Zulässige maximale Einschaltdauer (Sek.)	15	45	75	120

Abb. 28: Einschaltdauer

Wird die zulässige maximale Einschaltdauer überschritten, so ist der Magnet für die nächsthöhere relative Einschaltdauer zu wählen. Überschreitet die Einschaltdauer 120 Sek., so ist der Magnet für die Dauereinschaltung = 100 % ED auszuliegen.

In besonders kritischen Fällen ist es möglich, die installierbare elektrische Leistung und damit die Magnetkraft für eine bestimmte relative Einschaltdauer der jeweils vorliegenden Spieldauer und der gegebenen thermischen Zeitkonstante des Magneten optimal anzupassen.

In diesen Fällen bitten wir um Rückfrage.

**5.3 Für den Kurzzeitbetrieb (S 2)** können, ähnlich wie beim Aussetzbetrieb, wesentlich größere Leistungen installiert und damit größere Magnetkräfte erreicht werden. Auch in diesen Fällen bitten wir um Rückfrage unter Angabe der genauen Betriebsbedingungen.

Der Kurzzeitbetrieb wird gekennzeichnet durch die Angabe der Einschaltdauer z.B. „S2 20s“.

## 6. Anzugs- und Abfallzeiten, Möglichkeiten die Anzugszeit zu beeinflussen

### 6.1 Anzugs- und Abfallzeiten

Zur Erklärung der Anzugs- und Abfallzeiten und ihrer Komponenten dient das Oszillogramm. (Abb. 29)

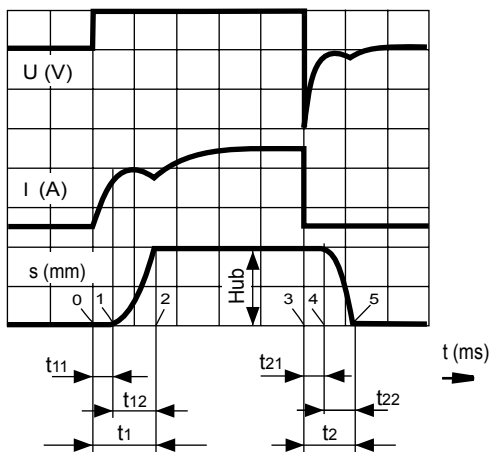


Abb. 29: Oszillogramm Schaltvorgang Hubmagnet

**6.1.1 Die Anzugszeit  $t_1$**  ist die Summe aus Ansprechverzug  $t_{11}$  und Hubzeit  $t_{12}$  (Zeitpunkt 0 bis Zeitpunkt 2).

**6.1.1.1 Der Ansprechverzug  $t_{11}$**  ist die Zeit vom Einschalten des Stromes (Zeitpunkt 0) bis zum Beginn der Ankerbewegung (Zeitpunkt 1). In dieser Zeit baut sich das Magnetfeld so weit auf, dass es die äußere Gegenkraft überwindet und den Anker in Bewegung setzt.

**6.1.1.2 Die Hubzeit  $t_{12}$**  ist die Zeit vom Beginn der Ankerbewegung (Zeitpunkt 1) bis zum Erreichen der Hubendlage (Zeitpunkt 2).

**6.1.2 Die Abfallzeit  $t_2$**  ist die Summe aus Abfallverzug  $t_{21}$  und Rücklaufzeit  $t_{22}$  (Zeitpunkt 3 bis Zeitpunkt 5).

**6.1.2.1 Der Abfallverzug  $t_{21}$**  ist die Zeit vom Ausschalten des Stromes (Zeitpunkt 3) bis zum Beginn der Rücklaufbewegung des Ankers (Zeitpunkt 4). In dieser Zeit baut sich das Magnetfeld so weit ab, dass der Anker sich unter Einwirkung der äußeren Gegenkraft in Bewegung setzen kann.

**6.1.2.2 Die Rücklaufzeit  $t_{22}$**  ist die Zeit vom Beginn der Rücklaufbewegung (Zeitpunkt 4) des Ankers bis zum Erreichen der Hubanfangslage (Zeitpunkt 5).

**6.1.3** Die in der Liste angegebenen Werte der **Anzugs- und Abfallzeiten** wurden nach DIN VDE 0580 in betriebswarmem Zustand, bei Nennspannung und bei 70 % der Bemessungsmagnetkraft (Gewichtsbelastung) ermittelt.

## 6.2 Die Beeinflussungsmöglichkeiten der Anzugszeit

### 6.2.1 Schnellerregung

Durch die Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes und entsprechende Erhöhung der Netzspannung (Abb. 30) wird die elektromagnetische Zeitkonstante des elektrischen Kreises vermindert und damit auch die Anzugszeit reduziert.

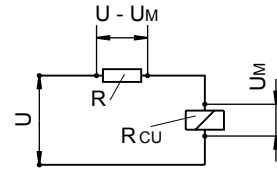


Abb. 30: Schaltbild Schnellerregung

$U$  = Versorgungsspannung

$U_M$  = Spannung am Magnet

$R$  = Vorwiderstand

$R_{cu}$  = Widerstand der Erregerwicklung

Im Diagramm (Abb. 31) ist annähernd die Verkürzung der Anzugszeit, die man durch diese Maßnahme erhält, angegeben.

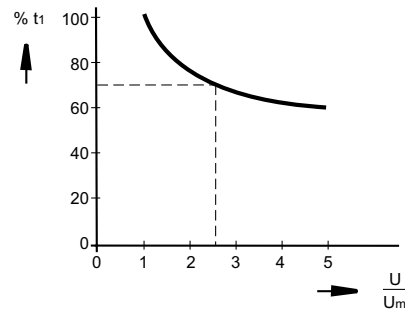


Abb. 31: Reduzierung Anzugszeit in Abhängigkeit des Spannungsquotienten

### 6.2.2 Übererregung

Bei der Anzugszeitverkürzung durch Übererregung wird während der Anzugszeit die Spannung erhöht. Die Leistungserhöhung führt zu einer Steigerung der Magnetkraft. Je nach Höhe der Übererregung bzw. der Anzugsleistung können gravierende Anzugszeitverkürzungen erreicht werden.

Folgende Schaltungen können angewendet werden:

#### 6.2.2.1 Vorwiderstand mit Überbrückungsschalter (Abb. 32)

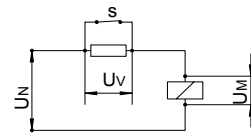


Abb. 32: Schaltbild Übererregung mit Vorwiderstand und Überbrückungsschalter

$U_N$  = Nennspannung

$U_M$  = Spannung am Magnet

$U_V$  = Spannung am Vorwiderstand

$S$  = Schalter

Während des Anzugsvorganges wird der Widerstand  $R_v$  durch den Schalter  $S$  überbrückt. Dadurch erhält der Magnet die volle Netzspannung. Erst nach Erreichen der Hubendlage, oder unmittelbar davor, wird der Schalter  $S$  geöffnet und die Spannung am Magneten durch den Spannungsabfall am Vorwiderstand auf  $U_M$  reduziert. Der Schalter  $S$  kann sowohl vom Magneten selbst als auch von einer elektronischen Schaltung mit Zeitverzögerung, betätigt werden.

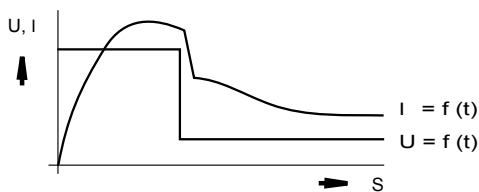


Abb. 33: Schalter wird durch Magnet betätigt

Im Falle der Schalterbetätigung durch den Magneten (Abb. 33) muss der Schalterpunkt des Schalters sehr genau kurz vor Hubendlage eingestellt werden, während bei Verwendung einer Zeitschaltung zur Sicherheit eine positive Überlappung der Übererregungszeit möglich ist (siehe Abb. 34) und damit die Anordnung wesentlich unempfindlicher wird.

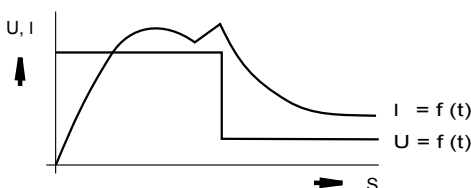


Abb. 34: Schalter wird durch verzögerten Relaisantrieb betätigt

### 6.2.2.2 Vorwiderstand mit Kondensator

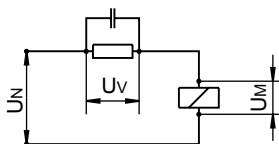


Abb. 35: Schaltbild Vorwiderstand mit Kondensator

$U_N$  = Nennspannung

$U_M$  = Spannung am Magnet

$U_V$  = Spannung am Vorwiderstand

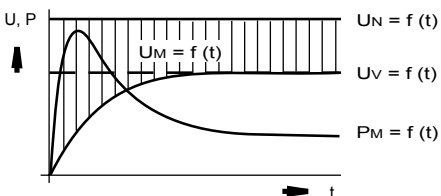


Abb. 36: Verlauf von Spannung und Leistung bei Vorwiderstand mit Kondensator

Die Spannung am Vorwiderstand R steigt entsprechend der Kondensator-Ladespannung langsam an und dementsprechend fällt die Spannung am Magneten langsam ab. Die Leistung in Abhängigkeit von der Zeit verläuft nach einer e-Funktion, sie besitzt nicht, wie beim Umschalten beschrieben, eine Sprungfunktion. Entsprechend hat die Erregerleistung für die Erregerwicklung anfänglich einen höheren und bereits während des Hubvorganges einen kleineren Wert. Trotzdem lassen sich mit dieser Schaltung bei richtiger Auslegung des Kondensators kurze Anzugszeiten erreichen.

### 6.2.2.3 Ansteuerung über elektronisches Schaltgerät

Bei Befehlsgabe durch Schalter S erfolgt die Ansteuerung des Magneten mit hoher Anzugsspannung, so dass während der Anzugsphase eine hohe elektrische Leistung, die eine große Magnetkraft bewirkt, zur Verfügung steht. Dadurch wird die Anzugszeit entscheidend verkürzt. Für die anschließende Haltephase schaltet das Gerät nach einer Übererregungszeit auf eine niedrigere Haltespannung um, damit der Magnet nicht thermisch überlastet wird.

Bei Anwendung dieser Ansteuerart sind Steuergeräte und Magnet unter Berücksichtigung der Einsatzbedingungen aufeinander abzustimmen. Bitte nehmen Sie im Bedarfsfall hierzu Kontakt mit uns auf, wir beraten Sie gerne.

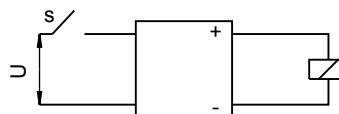


Abb. 37: Schaltbild elektronisches Schaltgerät

S = Schalter

U = Versorgungsspannung

## 7. Temperaturen, Thermische Klasse der Isolierstoffe und Kühlungsarten

### 7.1 Temperaturbegriffe:

Die Angabe der Temperaturen erfolgt in °C, die der Temperaturdifferenzen in K.

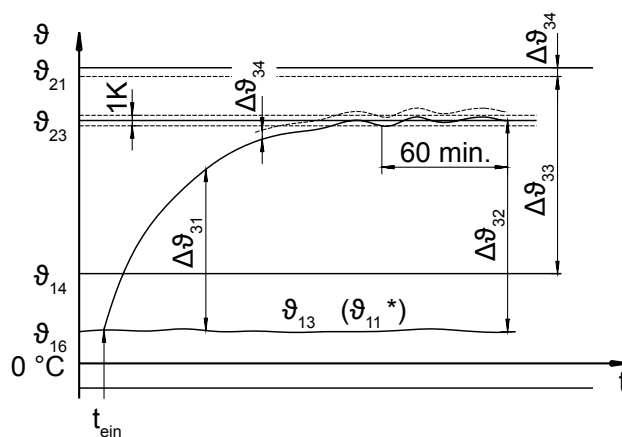


Abb. 38: Temperaturen an Elektromagneten

$\vartheta_{13}$  Umgebungstemperatur am Ende der Messung

$\vartheta_{11}$  Bezugstemperatur (Berücksichtigung von Temperatureinflüssen von Medien)

$\vartheta_{14}$  obere Umgebungstemperatur

$\vartheta_{16}$  Anfangstemperatur bei Beginn der Messung

$\vartheta_{21}$  obere Grenztemperatur

$\vartheta_{23}$  Beharrungstemperatur

$\Delta\vartheta_{31}$  Übertemperatur

$\Delta\vartheta_{32}$  Beharrungsübertemperatur

$\Delta\vartheta_{33}$  Grenzübertemperatur

$\Delta\vartheta_{34}$  Heißpunktdifferenz

$t_{\text{ein}}$  Einschaltzeitpunkt

\* siehe Pkt. 7.1.3

**7.1.1** Die **Umgebungstemperatur**  $\vartheta_{13}$  (in °C) eines Gerätes ist die Durchschnittstemperatur an festgelegten Stellen seiner Umgebung, am Ende der Temperaturmessung.

**7.1.2** Die **Beharrungstemperatur**  $\vartheta_{23}$  (in °C) eines Gerätes oder eines Teiles davon ist die bei Gleichheit zwischen zugeführter und abgeführter Wärme auftretende Temperatur.

### 7.1.3 Die **Bezugstemperatur** $\vartheta_{11}$ (in °C) ist die Beharrungstemperatur im stromlosen Zustand bei bestimmungsgemäßer Anwendung.

Die Bezugstemperatur wird in der DIN VDE 0580 nicht mehr geführt, weil davon ausgegangen wird, dass das Gerät am Ende der Messung im stromlosen Zustand die Umgebungstemperatur annimmt. In der Praxis kann die Bezugstemperatur von der Umgebungstemperatur, abweichen z.B. beim Anbau eines Elektromagneten an einen vom betriebswarmen Öl durchflossenen Hydraulikschieber. Falls jedoch keine Temperaturbeeinflussung durch ein Medium erfolgt, entspricht die **Bezugstemperatur**  $\vartheta_{11}$  der **Umgebungstemperatur**  $\vartheta_{13}$ . Der Auslegung für Gleichstrommagnete liegt im Standard die Bezugstemperatur von 35°C zugrunde. Bei Hydraulikmagneten erfolgt in der Regel ein Wärmeeintrag durch das Medium, deshalb arbeitet man dort mit einer Bezugstemperatur von 50°C.

Soll ein bestehender Gleichstrommagnet bei einer abweichenden Bezugstemperatur eingesetzt werden, so muss die Einschaltdauer mit dem entsprechenden Umrechnungsfaktor multipliziert werden. Dieser kann in Abhängigkeit der Bezugstemperatur aus Tabelle Abb. 39 entnommen werden.

Bezugstemperatur (°C)	20	35	40	50	60	70	80
Umrechnungsfaktor für Einschaltdauer	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5

Abb. 39: Tabelle Umrechnungsfaktor in Abhängigkeit der Bezugstemperatur

### 7.1.4 Die obere **Grenztemperatur** $\vartheta_{21}$ (in °C) ist die höchste für ein Gerät, oder eines Teiles davon, zulässige Temperatur.

### 7.1.5 Die **Übertemperatur** $\Delta\vartheta_{31}$ (in K) ist der Unterschied zwischen der Temperatur des Gerätes, oder eines Teiles davon, und der Bezugstemperatur.

### 7.1.6 Die **Beharrungsübertemperatur** $\Delta\vartheta_{32}$ (in K) ist die Differenz zwischen der Beharrungstemperatur $\vartheta_{23}$ und der Umgebungstemperatur $\vartheta_{13}$ bzw. der Bezugstemperatur $\vartheta_{11}$ oder auch die Übertemperatur $\vartheta_{31}$ am Ende eines Erwärmungsvorganges.

### 7.1.7 Die **Grenzübertemperatur** $\Delta\vartheta_{33}$ (in K) ist der zulässige Höchstwert der Übertemperatur bei Nennbetriebsbedingungen.

### 7.1.8 Die **Heißpunktdifferenz** $\Delta\vartheta_{34}$ (in K) ist der Unterschied zwischen der mittleren Wicklungstemperatur und der heißesten Stelle der Erregerwicklung.

### 7.1.9 Betriebswarmer Zustand

Als **betriebswarmer Zustand** gilt die **Beharrungstemperatur**  $\vartheta_{23}$  die sich beim Betrieb des Magneten unter Einhaltung der Betriebsbedingungen (Nennspannung, Einschaltdauer, Umgebungstemperatur) in der ungünstigsten Toleranzlage einstellt.

Die ungünstigsten Betriebsbedingungen sind:

- Maximal zulässige Umgebungstemperatur
- Maximale Nennspannung ( Nennspannung +10%)
- Maximal zulässige Einschaltzeit
- Betrieb auf wärmeisolierender Unterlage
- Betrieb mit Windschutz (keine Kühlung durch Konvektion)

## 7.2 Thermische Klassen

Die Isolierstoffe werden entsprechend ihrer Dauertemperaturbeständigkeit in Thermische Klassen eingeteilt (siehe Tabelle Abb. 40).

Bei der Festlegung der Grenzübertemperaturen wird für Gleichstrommagnete eine Bezugstemperatur von + 35°C und eine Heißpunktdifferenz von 5 K zugrunde gelegt.

Die Thermische Klasse ist für Gleichstrommagnete in der betreffenden Teilliste angegeben.

Sollten besondere Betriebsverhältnisse andere Klassen erfordern, bitten wir um Kontaktaufnahme.

Nr.	Thermische Klassen	obere Grenztemperatur °C	Grenzübertemperatur K
1	Y	90	50
2	A	105	65
3	E	120	80
4	B	130	90
5	F	155	115
6	H	180	140
7	200	200	160
	220	220	180
	250	250	210

Abb. 40: Tabelle Thermische Klassen von Isolierstoffen

## 7.3 Kühlungsarten

Grundsätzlich hat die Kühlung eines Elektromagneten Einfluss auf die über den Wicklungswiderstand zu installierende Leistung.

Es sind folgende Kühlungsarten zu unterscheiden:

- Kühlung durch ruhende Umgebungsluft
- Kühlung durch bewegte Umgebungsluft
- Kühlung durch Wärmeleitung
- Kühlung durch besondere Kühlmittel oder umgebenden Medien

Die MSM Listengeräte sind soweit nichts anderes angegeben für den ungünstigsten Fall der ruhenden Umgebungsluft auf isolierender Unterlage ausgelegt.

Bei günstigeren Kühlungsarten ( b , c , d ) wird sich die Beharrungsübertemperatur unterhalb der oberen Grenztemperatur einstellen.

In diesen Fällen ist es möglich, über eine Sonderwicklung höhere Leistungen und Kräfte zu erreichen.

Im Bedarfsfall bitten wir um Kontaktaufnahme. Gerne erarbeiten wir für Ihren Anwendungsfall eine optimierte Lösung.

## 7.4 Messung der Wicklungstemperatur durch Widerstandsmessung

Falls die Betriebsverhältnisse eines Elektromagneten stark von den in den Datenblättern beschriebenen Bedingungen abweichen, ist es erforderlich, die Wicklungstemperatur in der realen Anwendung zu messen.

Eine Messung am Magnetgehäuse ist nicht zielführend, da diese das Wärmegefälle innerhalb des Magneten nicht berücksichtigt. Deshalb wird die Wicklungstemperatur üblicherweise über die Änderung des Spulenwiderstandes ermittelt.

- Messung des Widerstandes  $R_k$  der kalten Wicklung bei Umgebungstemperatur  $\vartheta_{16}$ .
- Ermittlung der Umgebungstemperatur  $\vartheta_{16}$  (=Anfangstemperatur bei Beginn der Messung)
- Betrieb des Elektromagneten unter den vorhergesehenen Betriebsbedingungen bis zur Erreichung der Beharrungstemperatur. Die Beharrungstemperatur ist erreicht, wenn sich die Wicklungstemperatur innerhalb von 60min. maximal um 1K ändert.
- Messung des Wicklungswiderstands  $R_w$ . Hierzu wird das Gerät von der Spannungsquelle getrennt und der Widerstand unmittelbar gemessen. (Zu lange Wartezeiten zwischen dem Trennen von der Spannungsquelle und der Messung führen zu einem Abkühlen der Spule und damit zur Verfälschung des Ergebnisses.)

- Berechnung der Beharrungstemperatur  $\vartheta_{23}$  nach der Formel:

$$\vartheta_{23} = \vartheta_{16} + 255 (R_w - R_k) / R_k$$

$\vartheta_{23}$  = Beharrungstemperatur, bzw. Temperatur bei Ende der Messung (in der Spule) (°C)

$\vartheta_{16}$  = Anfangstemperatur bei Beginn der Messung (°C)

$R_w$  = Widerstand im erwärmten Zustand ( $\Omega$ )

$R_k$  = Widerstand im kalten Zustand ( $\Omega$ )

Die ermittelte Beharrungstemperatur ist mit der für die Thermische Klasse zulässigen oberen Grenztemperatur zu vergleichen. Wird die Grenztemperatur während der Messung überschritten, ist der Versuch abzubrechen, wird die Grenztemperatur nicht erreicht, ist für das Gerät eine andere Wicklungsvariante in Betracht zu ziehen.

Eine Auslegung durch unsere Techniker erfolgt im Rahmen der Projektbearbeitung.

Warnhinweis: Die Messung darf nur durch entsprechend geschultes Personal ausgeführt werden.

## 7.5 Schutzklassen

Elektromagnetische Geräte werden entsprechend des Schutzes gegen elektrischen Schlag in die Schutzklassen I – III gemäß DIN EN 61140 bzw. VDE 0140-1 eingeteilt und entsprechend gekennzeichnet.

### 7.5.1 Schutzklasse I – Schutzleitersystem

Symbol für Erdung:

Das Symbol steht für die bei Schutzklasse I erfolgende Erdung, für die Schutzklasse I selbst gibt es kein Symbol.

Der Schutz gegen elektrischen Schlag beruht neben der Basisisolierung darauf, dass alle leitfähigen Gehäuseteile mit dem Schutzleiter der festen Installation verbunden werden, so dass im Falle eines Versagens der Basisisolierung keine Spannung bestehen bleiben kann.

Bei Spannungen über 120V ist generell die Ausführung in Schutzklasse I Pflicht. Umgekehrt gilt: Wird ein Gerät der Schutzklasse I zugeordnet bzw. ist ein Schutzleiteranschluss vorhanden, so muss eine durchgehende Schutzleiterverbindung (PE-Kontaktierung) - unabhängig von der Spannung - ausgeführt werden. Ein Schutzleiteranschluss gemäß Reihe DIN VDE 0100 ist geräteseitig/steckerseitig vorzusehen und vom Anwender entsprechend sicherzustellen. Steckverbindungen sind mit Schutzleiterkontakt auszuführen. Die Einführung der Anschlussleitung in das Gerät muss mechanisch zugentlastet sein.

Sonderfall Geräte mit beweglichem oder abnehmbarem Magnetkörper:

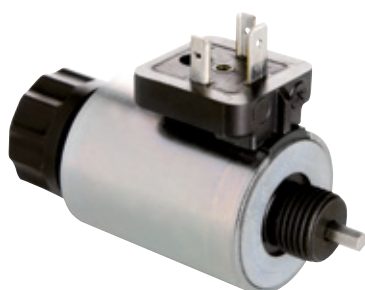


Abb. 41: Ventilmagnet Hydraulik mit abnehmbarem Magnetkörper komplett



Abb. 42: Tubus und Magnetkörper demontiert

Bauartbedingt besteht bei Geräten mit abnehmbarem Magnetkörper keine durchgehende, vorschriftsgemäße Schutzleiterverbindung zwischen dem Schutzleiteranschluss des Magnetkörpers und dem Tubus.

Eine ordnungsgemäße Schutzleiteranbindung des Tubus bzw. des damit verbundenen Ventiles ist durch den Anwender sicherzustellen.

### 7.5.2 Schutzklasse II – Verstärkte Isolierung (Schutzisolierung)

Symbol für Schutzklasse II:

Der Schutz gegen elektrischen Schlag beruht neben der Basisisolierung auf zusätzlichen Sicherheitsvorkehrungen wie doppelte oder verstärkte Isolierung. Selbst wenn Geräte elektrisch leitende Oberflächen haben, sind diese durch die verstärkte Isolierung vor Kontakt mit spannungsführenden Teilen geschützt. Ein Schutzleiteranschluss besteht nicht.

### 7.5.3 Schutzklasse III – Schutzkleinspannung

Symbol für Schutzklasse III

Geräte der Schutzklasse III sind mit Schutzkleinspannung zu betreiben und dürfen keine Spannungen höher als die Schutzkleinspannung (ELV= Extra Low Voltage) erzeugen.

Geräte der Schutzklasse III besitzen definitionsgemäß keinen Schutzleiteranschluss.

Der zulässige Spannungsbereich für Schutzklasse III liegt für Gleichspannung (DC)  $\leq 120V$ , bei Wechselspannung (AC)  $\leq 50V$ . (jeweils Effektivwert).

Als Spannungsquellen sind Sicherheitstransformatoren mit sicherer Trennung von Primär- zu Sekundärseite gemäß DIN VDE 0570-2-6 / DIN EN 61558-2-6 oder Batterien bzw. Akkumulatoren zu verwenden.

Innerhalb der Schutzklasse III (ELV) unterscheidet man für die Spannungsquellen zwischen

SELV (=Safety Extra Low Voltage) und

PELV (=Protective Extra Low Voltage).

Für SELV und PELV Spannungsquellen bzw. Stromkreise gelten dieselben Spannungsbereiche (s.o.).

Der wesentliche Unterschied liegt im Schutzleiteranschluss.

SELV-Stromkreise und Bauteile bzw. berührbare leitfähige Teile dürfen nicht mit dem Schutzleiter verbunden werden bzw. geerdet werden.

PELV-Stromkreise und Bauteile bzw. berührbare leitfähige Teile dürfen mit dem Schutzleiter verbunden bzw. geerdet werden. (Potentialausgleich).

Typische Beispiele:

- Schutz von Bauteilen vor elektromagnetischen Einflüssen (EMV)
- Schutz vor Funkenbildung im Explosionsschutz
- Potentialausgleich

Bei normaler trockener Umgebung gilt:

Bei Nennspannungen größer 25 VAC bzw. 60 VDC muss sowohl für SELV als auch für PELV die Zusatzmaßnahme Basisisolierung mit ausgeführt werden.

Bei Nennspannungen kleiner 25 VAC bzw. 60 VDC kann die Basisisolierung für SELV entfallen. Bei PELV müssen entweder Basisisolierung oder Schutzerdung bzw. Schutzleiteranschluss vorhanden sein. Folglich müssen Bauteile mit vorhandener Basisisolierung nicht geerdet sein.

In bestimmten Fällen ist in Gruppe 700 der Reihe DIN VDE 0100 der Wert der Kleinspannung auf einen Wert kleiner als 50 VAC bzw. 120 VDC begrenzt.

## 8. Prüfung der Spannungsfestigkeit

Zum Nachweis des Isoliervermögens von MSM-Gleichstrommagneten werden diese zu 100% im Rahmen einer Stückprüfung auf Spannungsfestigkeit geprüft.

### 8.1 Art und Höhe der Prüfspannung ( $U_p$ )

Die Prüfung wird mit praktisch sinusförmiger Wechselspannung von 50 Hz vorgenommen. Ihre Höhe richtet sich nach der Nennspannung.

$U$ Leiter Erde (V)	50	100	150	300	600
$U_N$ (V)	50	100	150	300	600
$U_p$ (V) *	500	800	1400	2200	3300

Abb. 43: Tabelle Prüfspannungen für Geräte der Schutzklasse I und III (bei Klasse III nur bis  $U_N = 120V$  oder  $\sim 50V$ )

$U_N$ (V) = Nennspannung

$U_p$ (V) = Prüfspannung (Effektivwert der Wechselspannung, Überspannungskategorie III)

\*Interpolationen sind zulässig

### 8.2 Durchführung der Spannungsprüfung

Die Spannungsprüfung mit  $U_p$  ist zwischen der Erregerwicklung und den berührbaren Metallteilen des Gerätes anzulegen. Sind mehrere elektrisch getrennte Erregerwicklungen vorhanden, so sind alle diese Wicklungen gegeneinander sowie gegen die berührbaren Metallteile auf Spannungsfestigkeit zu prüfen. Die Prüfspannung wird in voller Höhe angelegt und ca. 1 Sek. am Prüfling belassen.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag auftreten. Korona-Erscheinungen, die keinen Durchschlag zur Folge haben, bleiben unberücksichtigt.

### 8.3 Wiederholte Spannungsprüfung

Die bei der Stückprüfung durchgeführte Spannungsprüfung soll nach Möglichkeit nicht wiederholt werden. Eine auf besonderen Wunsch – etwa bei Abnahme – durchzuführende zweite Prüfung darf nur mit 80 % der in der Tabelle angegebenen Werte vorgenommen werden. Hierbei ist die zulässige Interpolation der Prüfspannungen anzuwenden.

## 9. Nennbetriebsbedingungen

MSM-Gleichstrommagnete sind für folgende normale Betriebsbedingungen bzw. Umgebungsbedingungen ausgelegt:

Spannungsgrenzabweichung der Nennspannung nach DIN EN 60038 (VDE 0175-1)

**9.1 Die Umgebungstemperatur** überschreitet nicht 40° C und ihr Mittelwert über eine Dauer von 24 Stunden nicht 35° C. Die untere Grenztemperatur liegt bei -5° C.

**9.2 Die Höhenlage** des Verwendungsortes beträgt nicht mehr als 1000 m über NN.

Bei größeren Höhenlagen reduziert sich die Kühlung aufgrund der geringeren Dichte der Luft. Wird die Wicklung nicht entsprechend angepasst, besteht die Gefahr der thermischen Überlastung des Gerätes.

**9.3 Die Umgebungsluft** soll nicht wesentlich durch Staub, Rauch, aggressive Gase und Dämpfe oder Salzgehalt verunreinigt sein.

**9.4 Die relative Feuchtigkeit** der Umgebungsluft soll 50 % bei 40°C nicht überschreiten. Bei geringeren Temperaturen kann eine höhere Luftfeuchtigkeit zugelassen werden, z. B. 90 % bei 20° C.

Auf gelegentlich auftretende mäßige Kondenswasserbildung ist Rücksicht zu nehmen, durch Korrosionsschutz / Oberflächenbeschichtung; Ablaufbohrungen

**9.5** Bei Aufstellung der Geräte sind die **Einbau-Richtlinien und die Sicherheitshinweise (Pkt. 16.1)** zu beachten.

**9.6** Treten in der Praxis **Abweichungen** von diesen normalen **Betriebsbedingungen** auf, so müssen entsprechende Maßnahmen, wie höhere Schutzart, Spezialoberflächenschutz usw. getroffen werden. In solchen Fällen bitten wir unter Angabe der vorliegenden Betriebsbedingungen um Rückfrage.

## 10. Lebensdauer

Die **Geräte-Lebensdauer** und die Lebensdauer der Verschleißteile elektromagnetischer Geräte ist nicht nur von der Bauart, sondern in starkem Maße von äußeren Bedingungen wie Einbaulage, Art und Höhe der Belastungen abhängig. Deshalb müssen Aussagen über die Lebensdauer der Vereinbarung zwischen dem Kunden und MSM vorbehalten bleiben.

## 11. Elektrischer Anschluss von Gleichstrom Magneten

### 11.1 Gleichspannungsanschluss (Abb. 44)

Der Gleichstromanschluss erfolgt direkt an die Spannungsquelle.

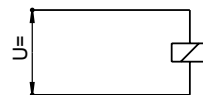


Abb. 44: Schaltbild Elektromagnet Gleichstromanschluss

### 11.2 Wechselspannungsanschluss (Abb. 45)

Steht keine Gleichspannung zur Verfügung, so erfolgt der Anschluss des Gleichstrommagneten über einen Gleichrichter, idealerweise über eine Graetz-Brückenschaltung.

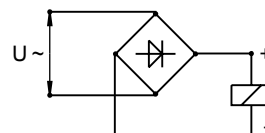


Abb. 45: Schaltbild Elektromagnet Wechselstromanschluss

Beträgt die Netzspannung  $\sim 230$  V, so muss der Gleichstrommagnet bei Verwendung von Silizium-Gleichrichtern für 205 V ausgelegt werden.

Je nach Geräteausführung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten den Gleichrichter im oder am Gerät zu integrieren:

- Werksseitiger Einbau des Gleichrichters in den Klemmkasten
- Gleichrichter in Gerätestecker eingebaut, Gerätestecker mit Gleichrichter können als Zubehör erworben werden.

Darüber hinaus sind weitere Lösungen denkbar, sprechen Sie uns bei Bedarf gerne an.

### 11.3 Anschluss von Gleichstrommagneten über ein elektrisches Steuergerät



Abb. 46: Steuergerät Haltestromabsenkung Z KD H

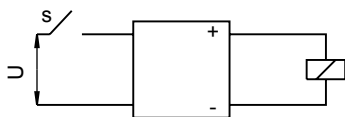


Abb. 47: Schaltbild elektronisches Steuergerät

Durch den Betrieb eines Elektromagneten über ein elektronisches Steuergerät besteht die Möglichkeit den Magnetantrieb in verschiedene Richtungen zu optimieren:

- Verringerung der Schaltzeiten (s. Pkt. 6.2)
- Maximierung der Anzugskraft bei kleinstmöglicher Gerätebaugröße
- Verbesserung der Energieeffizienz und Reduzierung der Wärmeentwicklung

Die Optimierung wird dadurch erreicht, dass die an der Magnetspule anliegende elektrische Leistung nach Erreichen der Endlage reduziert wird. Dies erfolgt in der Regel zeitgesteuert, Lösungen bei denen die Lage des Ankers abgefragt wird, sind bei entsprechendem Bedarf als Sonderlösung realisierbar.

Bei Einsatz eines Vorsteuergerätes empfehlen wir darauf zu achten, dass es über eine Haltestromregelung verfügt. Damit ist gewährleistet, dass die eingestellte Haltekraft über den gesamten Betriebstemperaturbereich konstant bleibt.

#### 11.3.1 Maximierung der Anzugskraft

Wie in den Kapiteln Betriebsarten (Pkt. 4.8) und Temperaturen (Pkt. 7) erläutert, hängt die im Elektromagneten installierbare elektrische Leistung, bzw. die erlaubte Einschaltdauer davon ab, wie schnell der Magnet die zulässige Übertemperatur erreicht. Während beim direkten Anschluss eines Magneten (Pkt. 11.1) während der gesamten Einschaltzeit annähernd dieselbe Leistung von der Magnetspule aufgenommen wird, bietet ein Vorsteuergerät die Möglichkeit, die Leistung nach Erreichen der Endlage zu reduzieren.

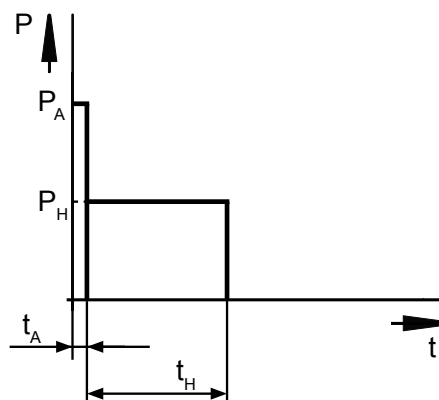


Abb. 48: Anzugs- und Halteleistung

$t_A$ : Anzugszeit

$t_H$ : Haltezeit

$P_A$ : Anzugsleistung

$P_H$ : Halteleistung

Soll die Anzugskraft eines Magneten mittels Vorsteuergerät vergrößert werden, ist es erforderlich, das Gerät werksseitig mit einer auf den Anwendungsfall abgestimmten Wicklung auszustatten. Die Aufwände für Auslegung und Fertigung des angepassten Gerätes bedingen dass diese Lösung erst bei nennenswerten Bedarfen wirtschaftlich realisierbar ist.

Falls Sie in Ihrer Anwendung Potential sehen, nehmen Sie Kontakt auf, wir beraten Sie gerne.

#### 11.3.2 Optimierung der Energieeffizienz und Reduzierung der Wärmeentwicklung

Elektromagnete von MSM sind grundsätzlich konstruktiv sowie qualitativ auf optimale Energieausnutzung getrimmt.

Um einen Elektromagneten energetisch effizient zu betreiben, muss man sich allerdings über die Tatsache klar werden, dass sein Wirkungsgrad zwangsläufig gegen Null geht, sobald er seine Endlage erreicht hat und keine Bewegung mehr ausführt.

Gleichzeitig erreicht der Elektromagnet in der Endlage (Hub = 0mm) in der Regel seine maximale Kraft, die Haltekraft  $F_H$  (Abb. 49). Diese ist üblicherweise höher als benötigt.

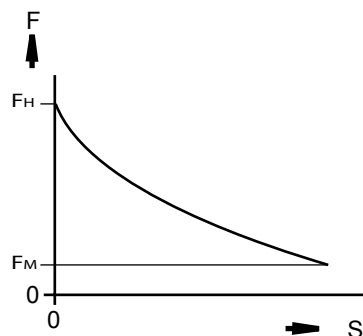


Abb. 49: Ansteigende Kennlinie

Durch Einsatz eines geeigneten Vorsteuergerätes (Haltestromabsenkung) wird der Haltestrom so weit reduziert, dass die für die Anwendung ausreichende Haltekraft erreicht wird, die Halteleistung wird somit auf das erforderliche Minimum reduziert.

Falls Sie in Ihrer Anwendung Potential sehen, nehmen Sie Kontakt auf, wir beraten Sie gerne.

## 12. Hinweis auf die Beseitigung der Abschaltüberspannung und Funkenlöschung

### 12.1 Beseitigung von Abschaltüberspannungen

Die Induktivität, mit der ein Gleichstrommagnet behaftet ist, verursacht besonders bei den größeren Magneten hohe Abschaltüberspannungen, die zu Beschädigungen der elektrischen Isolation und von elektronischen Bauteilen führen können.

Es werden folgende Maßnahmen zur Bedämpfung der Abschaltüberspannung empfohlen:

#### 12.1.1 Bedämpfung durch Varistoren (spannungsabhängige Widerstände) (Abb. 50)

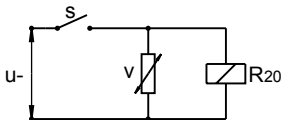


Abb. 50: Schaltbild Bedämpfung durch Varistoren

Der Varistor V wird so ausgelegt, dass er bei der Nennspannung U einen sehr hohen Widerstand besitzt und somit bei geschlossenem Schalter S nur einen kleinen Strom führt. Der Widerstand des Varistors verringert sich aber erheblich beim Auftreten der Abschaltüberspannung, wodurch diese gedämpft wird. Die Abfallzeit ist kaum merklich verzögert.

#### 12.1.2 Bedämpfung durch den Netzgleichrichter (Abb. 51)

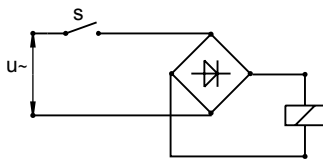


Abb. 51: Schaltbild Bedämpfung durch den Netzgleichrichter

Beim wechselstromseitigen Schalten wird die Abschaltüberspannung vollständig gedämpft, jedoch ist der Ankerabfall sehr stark verzögert.

#### 12.1.3 Bedämpfung durch Dioden

Für die Auswahl geeigneter Dioden ist zu beachten, dass diese der Betriebsspannung und dem Nennstrom des Elektromagneten standhalten. Der Abfallverzögerung  $t_{21}$  verlängert sich mit abnehmender Durchbruchspannung der Diode.

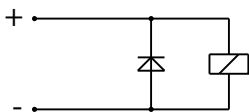


Abb. 52: Schaltbild Bedämpfung durch Freilaufdiode

Bei der Verwendung einer Freilaufdiode ist auf die Polung der Anschlussspannung zu achten.

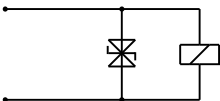


Abb. 53: Schaltbild Bedämpfung durch bidirektionale TVS-Diode

Bei Verwendung einer bidirektionalen TVS-Diode ist die Polung der Anschlussspannung unerheblich.

### 12.2 Funkenlöschung

Die hohe Abschaltüberspannung verursacht bei den verwendeten Schaltern, sofern keine Funkenlöschmittel vorgesehen sind, Lichtbogen und somit Abbrand der Kontakte und Materialwanderung.

Das gebräuchlichste Funkenlöschmittel ist die Funkenlöschung mittels Varistoren und RC-Glied. (Abb. 54)

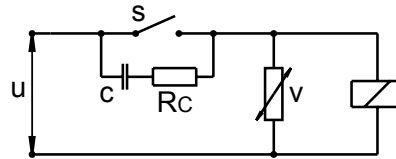


Abb. 54: Schaltbild Funkenlöschung mittels Varistoren und RC-Glied

Mit dem Varistor V wird die Abschaltüberspannung auf die Spitzenspannung des verwendeten Kondensators gedämpft. Das RC-Glied, das parallel zum Schaltkontakt liegt, bewirkt, dass die am Kontakt auftretende Spannung die Lichtbogen-Mindestspannung nicht überschreitet, wodurch ein Lichtbogen sicher vermieden wird.

### 13. Elektromagnetische Zeitkonstante ( $\tau$ ) und Induktivitäten

Zur Bestimmung der Induktivitäten der Gleichstrom-Hochleistungsmagnete sind in den Listen teilweise die elektromagnetischen Zeitkonstanten in Hubanfangslage des Ankers gegeben. Aus diesen Zeitkonstanten können für die verschiedenen Betriebsarten und Netzspannungen die Induktivitäten nach folgendem Beispiel bestimmt werden:

Gegeben: Magnettyp G TU W 070

ED = 25 %

Nennspannung = 180 V

Gesucht:

Induktivität  $L_1$  (H) in Hubanfangslage des Ankers

Induktivität  $L_2$  (H) in Hubendlage des Ankers

Lösung:

Nennleistung aus Liste:

$$P_N = 142 \text{ W}$$

Aus der Nennleistung ergibt sich der Widerstand der Erregerwicklung zu:

$$R = \frac{U^2}{P_N} = \frac{180^2}{142} = 228 \Omega$$

Induktivität in Hubanfangslage

$$L_1 = \tau_1 \times R = 20 \times 10^{-3} \times 228 = 4,5$$

Induktivität in Hubendlage

$$L_2 = \tau_2 \times R = 18 \times 10^{-3} \times 228 = 4,1$$

Es ist darauf zu achten, dass bei dieser Rechnung die Zeitkonstanten in Sekunden eingesetzt werden, d. h. die in der Liste genannten Werte der Zeitkonstanten müssen mit  $10^{-3}$  multipliziert werden.

### 14. Bestellangaben für Gleichstrommagnete

Standardgeräte aus dem MSM-Programm sind über folgende Angaben eindeutig definiert:

- Typ
- Spannung
- Betriebsart (% ED)

Alle anderen technischen Daten sind in der jeweiligen Teilliste aufgeführt.

Falls Ihre Anwendung mit unserem Standardprogramm nicht abgedeckt werden kann, bitten wir um Kontaktaufnahme zur Abstimmung eines Pflichtenheftes. Gerne erarbeiten wir eine Lösung für Ihre Aufgabe.



Hinweise zu den erforderlichen Angaben finden Sie in unserer Checkliste Magnettechnik welche auf unserer Homepage für Sie zum Download bereitsteht.

## 15. Einbau-Richtlinien für Gleichstrommagnete

### 15.1 Allgemein

Vergewissern Sie sich, dass sich das einzubauende Gerät für Ihre Anwendung eignet.

Beachten Sie DIN VDE 0580, einschlägige Normen, Vorschriften und die Sicherheitshinweise Pkt. 16.1.

Geräte ohne Ex-Kennzeichnung (s. Typenschild) dürfen nicht in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden.

Hinweise und Informationen zu Europäischen Richtlinien entnehmen Sie bitte gleichnamigem Informationsblatt welches im Internet unter *Produktinfo.Magnet-Schultz.com* abrufbar ist.

### 15.2 Arbeitslage

MSM-Gleichstrom-Magnete können in beliebiger Einbaulage eingesetzt werden.

### 15.3 Einbau

Der Magnetanker ist mit dem zu betätigenden Maschinenteil so in geeigneter Art und Weise zu verbinden, dass aus Fluchtungsfehlern keine Zwangskräfte resultieren.

Montage bzw. Befestigung der Magnete nur über die vorgesehenen Bohrungen/Gewindebohrungen. Die vorgegebenen Schraubenlängen, Einschraubtiefen und Anzugsmomente sind zu beachten (siehe technische Datenblätter).

Der elektrische Anschluss ist nach Fertigstellung der mechanischen Befestigung auszuführen.

Ein am Gerät vorhandener Schutzleiteranschluss ist nach Reihe DIN VDE 0100 anzuschließen und vom Anwender durchgängig sicherzustellen. Siehe auch Pkt. 7.5.1 Schutzklasse I - Schutzleitersystem

Grundsätzlich sind Schläge auf die Ankerstange und den Magneten zu vermeiden.

Des Weiteren gilt für:

- a) Hubmagnete  
Im Interesse der Lagerlebensdauer ist darauf zu achten, dass bei Hubmagneten keine äußeren Kräfte in radialer Richtung auf Anker oder Ankerstange wirken.
- b) Drehmagnete  
Zur Erhöhung der Lebensdauer von Drehmagneten ist es zweckmäßig, Massenkkräfte von den internen Anschlägen durch externe Drehwinkelbegrenzungen fernzuhalten.

### 15.4 Inbetriebnahme

Die Einhaltung von Nennspannung, Einschaltdauer, Umgebungstemperaturbereich und Anforderungen aus der Schutzklasse sind vor der Inbetriebnahme des elektromagnetischen Gerätes zu überprüfen.

Magnete sind keine verwendungsfertigen Geräte im Sinn der DIN VDE 0580.

### 15.5 Äußere Gegenkräfte

Alle Magnete sollen mindestens zu 2/3 ihrer Magnetkraft ausgenutzt werden. Dadurch wird mit Sicherheit das Kleben des Ankers vermieden.

Hat der Magnet äußere Federkräfte zu überwinden, dann ist der Magnet so auszuwählen, dass die Federkennlinie der Magnetkraft-Hub-Kennlinie angepasst ist.

### 15.6 Elektrische Absicherung (Schutzbeschaltung durch Sicherung)

Die Stromaufnahme in Ampere errechnet sich nach

$$I = \frac{P}{U}$$

P = Nennleistung (W), U = Nennspannung (V), I = Strom (A)

Nach der ermittelten Stromstärke kann die entsprechende Sicherung gewählt werden.

### 15.7 Spannungsabfall und Leitungsquerschnitt

Den Magneten müssen die erforderlichen Nennspannungen zugeführt werden. Der Spannungsabfall soll bei der Leitungsverlegung durch richtige Querschnittsbemessung der Leitungen in engen Grenzen gehalten werden (normal bis 5 %).

### 15.8 Berührungsschutz

Der Berührungsschutz bzw. Schutz vor elektrischem Schlag ist durch den Anwender sicherzustellen.

### 15.9 Wartung

MSM-Gleichstrommagnete arbeiten bei bestimmungsgemäßem Einsatz wartungsfrei.

Wir empfehlen dennoch eine regelmäßige Sicht- und Funktionsprüfung unter Betrachtung folgender Punkte durchzuführen:

- Bei allen Wartungsarbeiten sind die Sicherheitshinweise Pkt. 16.1 zu beachten
- Allgemeine Sichtprüfung auf Vollständigkeit, Beschädigungen und Manipulationen jeglicher Art
- Befestigung / fester Sitz
- Sauberkeit:  
Magnete frei von Ablagerungen, Fett- und Ölrückständen halten; Kontrolle auf Abrieb und Korrosion; (Gefahr von Lagerschäden, Funktionseinschränkungen, Überhitzung, Brandgefahr)
- Anzeichen von unzulässigem Eindringen von Feuchtigkeit und Flüssigkeiten
- Elektrischer Anschluss:  
Beschädigungen an elektrischen Zuleitungen, Isolierungen und Ummantelung Magnetkörper
- Leichtgängigkeit des Ankers
- Polfläche von Haftmagneten sauber und frei von mechanischen Beschädigungen (Verringerung der Haltekraft)
- Anzeichen von Überhitzung (Deformation und Verfärbung von Isolierungen)
- Zustand des Korrosionsschutzes
- Beeinträchtigung der für den Betrieb notwendigen Wärmeabfuhr

### 15.10 Demontage und Entsorgung

Geräte dürfen nur im spannungslosen Zustand demontiert werden. Gleichstrommagnete unterliegen nicht den Auflagen nach Richtlinie WEEE. Die Entsorgung ist fachgerecht entsprechend den aktuellen Richtlinien, Vorschriften und Gesetzen durchzuführen.

## 16. Sicherheit

### 16.1 Sicherheitshinweise



	<b>Warnung vor elektrischer Spannung</b>
	<p>Jegliche Arbeiten an elektrischen Bauteilen und Einrichtungen, sowie das Öffnen von Klemmkästen, Steuerschränken o.ä. ist ausschließlich durch geschultes Elektrofachpersonal vorzunehmen.</p> <p>Berühren von spannungsführenden Teilen kann zu tödlichen Verletzungen führen.</p> <p>Arbeiten an Gerät und Stromkreis immer im spannungslosen Zustand durchführen (Freischalten, gegen Wiedereinschalten sichern, Spannungsfreiheit prüfen).</p>
	<b>Warnung vor heißer Oberfläche</b>
	<p>Berühren von magnetischen Geräten kann zu Verbrennungen führen.</p> <p>Es ist mit erhöhter Oberflächentemperatur zu rechnen.</p> <p>Je nach Einsatzfall kann die Größenordnung der Grenztemperatur erreicht werden, z.B. Thermische Klasse F: 155°C</p>
	<b>Warnung vor Handverletzungen</b>
	<p>Durch den Einbau des Gerätes in die Anwendung kann je nach Konstruktion durch die Betätigung des Elektromagneten Quetsch- und Schergefahr sowie Gefahr durch bewegte Teile entstehen.</p> <p>Gefahrstellen sind gemäß den jeweils geltenden einschlägigen Normen und Vorschriften (z.B. Maschinenrichtlinie) abzusichern.</p>
	<b>Warnung vor Verletzungen durch Transport und Handling</b>
	<p>Elektromagnete besitzen je nach Baugröße z.T. ein erhebliches Gewicht.</p> <p>Beachten Sie bei Handling und Transport die einschlägigen Vorschriften zu Unfall- und Arbeitsschutz sowie Ladungssicherung.</p>
	<b>Warnung vor magnetischem Feld</b>
	<p>Bei Geräten mit offenem Magnetkreis, wie Haltemagnete und Permanentaltemagnete können magnetische Felder nach außen treten.</p> <p>Werden die Geräte in die Nähe von Herzschrittmachern oder implantierten Defibrillatoren gebracht, kann dies zu lebensbedrohlichen Situationen führen.</p> <p>Geräte von Gegenständen fernhalten, die in Bezug auf Magnetfelder sensibel reagieren, z.B.: Scheckkarten mit Magnetstreifen, Ton- und Datenbänder, mechanische Uhren</p>
	<b>Fremde Eingriffe oder Veränderungen</b>
	<p>Veränderungen oder Manipulationen führen zum Verlust der Gewährleistung durch MSM und können zu Funktionsstörungen des Magneten und zu unvorhersehbaren Gefährdungen führen.</p>

Abb. 55: Tabelle Warnhinweise

### 16.2 Hinweis zur funktionalen Sicherheit nach EN ISO 13849, EN/IEC 61508 und ISO 26262

Systeme und Maschinen müssen die gesetzlichen Anforderungen an Sicherheit und Zuverlässigkeit erfüllen. Hersteller sind verpflichtet, eine Risikobeurteilung durchzuführen und risikominimierende Maßnahmen zu ergreifen. Die zu erfüllenden Grenzwerte werden mit Angaben zum Performance Level (PL) oder Sicherheitsintegrationslevel (SIL) definiert.

Gleichstrommagnete sind unvollständige Komponenten, die keine eigenständige Funktion ausüben. Eine Risikobeurteilung in der Endanwendung bzw. für den vorgesehenen Einsatzfall mit der Angabe von PL- oder SIL-Werten kann für diese Komponenten nicht erfolgen.

Die Zuverlässigkeit von elektromagnetischen Komponenten wird durch die Lebensdauerangaben (TL) in Abhängigkeit von Einsatz- oder Prüfbedingungen beschrieben.

Hinweise zu MTTF- oder B10-Werten für bewährte Bauteile können aus entsprechenden Tabellen der EN ISO 13849-2 entnommen werden.

Begriffserklärung:

MTTF: (**Mean Time To Failure**) Mittlere Zeit bis zum Ausfall

B10: Anzahl der Zyklen, bis 10% der geprüften Komponenten ausgefallen ist.

TL: (**Life Time**) Lebensdauer

### 17. Die Geräteschutzarten (IP-Schutzart)

Die Geräteschutzarten nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1) sind jeweils auf den Geräteblättern angegeben. Abweichungen hiervon werden auf Anfrage geliefert.

Bei elektromagnetischen Geräten besteht die Besonderheit, dass für das Gerät und den elektrischen Anschluss bzw. die Erregerspule unterschiedliche Schutzarten angegeben werden können.

Die Schutzart bei Lieferung kann von derjenigen abweichen, die im fachgerecht montierten Zustand erreicht werden kann, d.h. die Schutzart wird in der Regel erst erreicht, wenn der auf der Teilliste angegebene Stecker fachgerecht montiert ist.

#### 17.1 Bezeichnung Schutzarten

Die Bezeichnung der Schutzarten erfolgt gemäß folgender Tabelle

<b>IP</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
		2. Kennziffer Schutz gegen Wasser
		1. Kennziffer Schutz gegen Zugang von gefährlichen Teilen und Schutz gegen feste Fremdkörper
Kennzeichen (International Protection)		

Abb. 56: Tabelle Bezeichnung Schutzarten

## 17.2 Schutzgrade

Die Schutzgrade ergeben sich aus der Kombination von erster und zweiter Kennziffer.

Erste Kennziffer	Schutzgrade gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen und Schutzgrade gegen feste Fremdkörper	
	Kurzbeschreibung	Definition
0	Nicht geschützt	-
1	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit dem Handrücken und geschützt gegen feste Fremdkörper 50 mm Durchmesser und größer	Die Zugangssonde, Kugel 50 mm Durchmesser, muss ausreichenden Abstand von gefährlichen Teilen haben und die Objektsonde, Kugel 50 mm Durchmesser, darf nicht voll eindringen
2	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Finger und geschützt gegen feste Fremdkörper 12,5 mm Durchmesser und größer	Der gegliederte Prüffinger, 12 mm Durchmesser, 80 mm Länge, muss ausreichend Abstand von gefährlichen Teilen haben und die Objektsonde, Kugel 12,5 mm Durchmesser, darf nicht voll eindringen
3	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Werkzeug und geschützt gegen feste Fremdkörper 2,5 mm Durchmesser und größer	Die Zugangssonde und Objektsonde jeweils 2,5 mm Durchmesser, dürfen überhaupt nicht eindringen
4	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Draht und geschützt gegen feste Fremdkörper 1,0 mm Durchmesser und größer	Die Zugangssonde, 1,0 mm Durchmesser, darf nicht eindringen
5	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Draht und staubgeschützt	Die Zugangssonde, 1,0 mm Durchmesser, darf nicht eindringen.  Eindringen von Staub ist nicht vollständig verhindert, aber Staub darf nicht in einer solchen Menge eindringen, dass das zufriedenstellende Arbeiten des Gerätes oder die Sicherheit beeinträchtigt wird
6	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Draht und staubdicht	Die Zugangssonde, 1,0 mm Durchmesser, darf nicht eindringen. Kein Eindringen von Staub

Abb. 57: Tabelle IP-Schutzart Kennziffer 1

Zweite Kennziffer	Schutzgrade gegen Wasser	
	Kurzbeschreibung	Definition
0	Nicht geschützt	-
1	Geschützt gegen Tropfwasser	Senkrecht fallende Tropfen dürfen keine schädlichen Wirkungen haben
2	Geschützt gegen Tropfwasser, wenn das Gehäuse bis zu 15° geneigt ist	Senkrecht fallende Tropfen dürfen keine schädlichen Wirkungen haben, wenn das Gehäuse um einen Winkel bis zu 15° beiderseits der Senkrechten geneigt ist
3	Geschützt gegen Sprühwasser	Wasser, das in einem Winkel bis zu 60° beiderseits der Senkrechten gesprüht wird, darf keine schädlichen Wirkungen haben
4	Geschützt gegen Spritzwasser	Wasser, das aus jeder Richtung auf das Gehäuse spritzt, darf keine schädlichen Wirkungen haben
5	Geschützt gegen Strahlwasser	Wasser, das aus jeder Richtung als Strahl gegen das Gehäuse spritzt, darf keine schädlichen Wirkungen haben
6	Geschützt gegen starkes Strahlwasser	Wasser, das aus jeder Richtung als starker Strahl gegen das Gehäuse spritzt, darf keine schädlichen Wirkungen haben
7	Geschützt gegen die Wirkungen beim zeitweiligen Untertauchen in Wasser	Wasser darf nicht in einer Menge eintreten, die schädliche Wirkungen verursacht, wenn das Gehäuse unter genormten Druck- und Zeitbedingungen zeitweilig in Wasser untergetaucht ist
8	Geschützt gegen die Wirkungen beim dauernden Untertauchen in Wasser	Wasser darf nicht in einer Menge eintreten, die schädliche Wirkungen verursacht, wenn das Gehäuse dauernd unter Wasser getaucht ist unter Bedingungen, die zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden müssen. Die Bedingungen müssen jedoch schwieriger sein als für die Kennziffer 7
9K <sup>1)</sup>	Geschützt gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahl-Reinigung	Wasser, das aus jeder Richtung unter stark erhöhtem Druck gegen das Gehäuse gerichtet ist, darf keine schädlichen Wirkungen haben.

Abb. 58: Tabelle IP-Schutzart Kennziffer 2

### 17.3 Magnete für den Einsatz unter besonderen Bedingungen wie

- in extrem feuchter Atmosphäre
- in tropischer Ausführung
- in radioaktiven Räumen und in der Kerntechnik
- für aggressive Umgebungsbedingungen
- in explosionsgefährdeten Bereichen
- medizintechnische Anwendungen
- Automotive Anwendungen
- Aerospace Anwendungen

usw. werden auf Anfrage geliefert.

### 18. Vorschriften, Normen und Bestimmungen (Stand 6/2017)

DIN 1304-1	Formelzeichen - Allgemeine Formelzeichen
DIN 40050-9	Straßenfahrzeuge; IP-Schutzarten; Schutz gegen Fremdkörper, Wasser und berühren; elektrische Ausrüstung (zurückgezogen)
DIN 46008	Anschlussflächen für Erdungs- und Schutzleiteranschlusschrauben - Bemessungsspannung unter 52 KV
DIN EN 50274 (VDE 0660-514)	Niederspannungsschaltgerätekombinationen - Schutz gegen elektrischen Schlag – Schutz gegen unabsichtliches direktes Berühren gefährlicher aktiver Teile
DIN EN 60038 (VDE 0175-1)	Cenelec-Normspannungen
DIN EN 60085 (VDE 0301-1)	Elektrische Isolierung - Thermische Bewertung und Bezeichnung
DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)	Sicherheit von Maschinen - elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: allgemeine Anforderungen
DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
ISO 20653	Straßenfahrzeuge - Schutzarten (IP-Code) - Schutz gegen fremde Objekte, Wasser und Kontakt - elektrische Ausrüstungen
DIN EN 60617 (Reihe)	Graphische Symbole für Schaltpläne
DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1)	Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen - Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen
DIN EN 60999-1 (VDE 0609-1)	Verbindungsmaterial - elektrische Kupferleiter - Sicherheitsanforderungen für Schraubklemmstellen und schraubenlose Klemmstellen - Teil 1: allgemeine Anforderungen und besondere Anforderungen für Klemmstellen für Leiter von 0.2 mm [2] bis einschliesslich 35 mm [2]
DIN EN 61140 (VDE 0140-1)	Schutz gegen elektrischen Schlag - gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel

DIN EN 61558-2-6 (VDE 0570-2-6)

Sicherheit von Transformatoren, Drosseln, Netzgeräten und dergleichen für Versorgungsspannungen bis 1100 V - Teil 2-6: besondere Anforderungen und Prüfungen an Sicherheitstransformatoren und Netzgeräte, die Sicherheitstransformatoren enthalten

DIN EN ISO 7010

Graphische Symbole - Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen - registrierte Sicherheitszeichen

DIN VDE 0100-410

Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag

DIN VDE 0100-420

Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-42: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen Thermische Auswirkungen

DIN VDE 0100-520

Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Kabel- und Leitungsanlagen

DIN VDE 0100-540

Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen und Schutzleiter

DIN VDE 0580

Elektromagnetische Geräte und Komponenten - allgemeine Bestimmungen

DIN EN ISO 13849

Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen

IEC 61508

functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

ISO 26262

road vehicles - functional safety

Hinweis: Aufgrund von Aktualisierungen können sich Veränderungen in den zitierten Normen ergeben.