

Technische Erläuterungen für - Gleichstrom- Proportionalmagnete

4

Produktgruppe

G XX 2. Zusatz

Teilliste

Inhaltsübersicht

1. Definition von Proportionalmagneten
2. Bauform und Ausführung
3. Erläuterung der technischen Begriffe
 - 3.1 Die Kraft – Hub – Kennlinien
 - 3.2 Die Hub – Strom – Kennlinien
 - 3.3 Die Kraft – Strom – Kennlinien
 - 3.4 Anzugs-, Anstiegs- und Abfallzeiten
 - 3.5 Einschaltdauer und Überlastbarkeit
 - 3.6 Temperaturbegriffe
 - 3.7 Isolierstoffklassen und Zuordnung der Grenztemperaturen
 - 3.8 Normale Betriebsbedingungen
 - 3.9 Hinweis auf geltende Vorschriften
4. Proportionalmagnete mit Lageregelkreis



1. Definition von Gleichstrom – Proportionalmagneten

Mit Proportionalmagnet werden elektromagnetische Gleichstrom-Betätigungsmagnete - meist Hubmagnete - bezeichnet, die als Stellglieder oder Teile von Stellgliedern in Steuerketten und Regelkreisen eingesetzt werden. Sie unterscheiden sich von klassischen Betätigungsmagneten, die ihrem Wesen nach Zweipunktstellglieder sind, je nach der praktischen Anwendung, entweder in ihrem kontinuierlichen analogen Weg-Stromverhalten in Verbindung mit ihrer Gegenlast oder in ihrem besonders definierten Kraft-Stromverhalten.

Die Unterschiede werden in den nachstehenden Bildern verdeutlicht.

Schematisches Zweipunktverhalten eines Hubmagneten der gegen eine Feder arbeitet (siehe Bild 1).

Bei Strom I_1 überwindet die Kraft-Kennlinie die Feder-Kennlinie. Der Magnetanker legt dabei den Weg $s_1 - s_2$ zurück und spannt dabei die Feder.

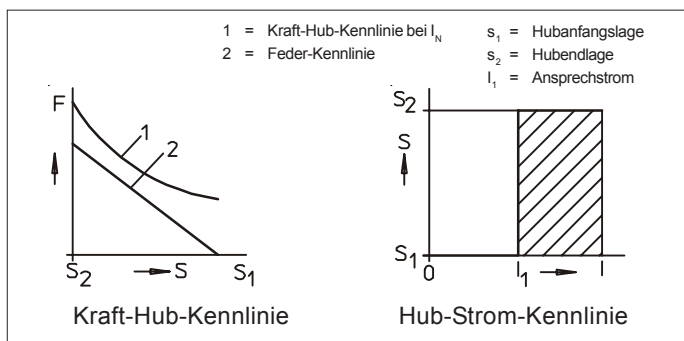


Bild 1

Analoges Weg-Stromverhalten eines Proportionalmagneten der gegen eine Feder arbeitet (siehe Bild 2)

Der Proportionalmagnet ist im Prinzip als Hubmagnet ausgebildet. Jedoch sind im Gegensatz zu Bild 1, durch besondere Auslegung des Magneten, die Kraft-Hub-Kennlinien so gestaltet, daß sie neben ihrer Linearität fallend sind (Kraft nimmt mit

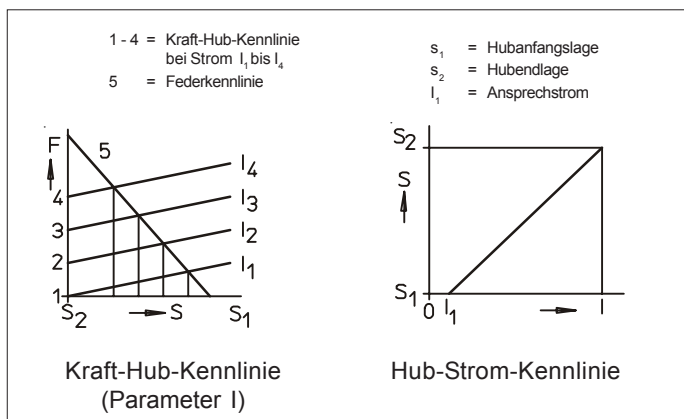


Bild 2

kleiner werdendem Luftspalt ab), und daß die Kraft ein stromproportionales Verhalten zeigt.

Durch dieses Verhalten zeigt der Magnet im Zusammenwirken mit der Feder ein proportionales Weg-Stromverhalten.

Proportionalmagnete dieser Art werden z.B. in Verbindung mit federbelasteten Hydroventilen verwendet.

Analoges Weg-Stromverhalten eines Proportionalmagneten der gegen eine konstante Gegenkraft (Gewicht oder Druck) arbeitet (siehe Bild 3).

Wegen der Erzielung exakter Schnittpunkte zwischen Magnetkraft-Hub-Kennlinie und Gegenkraft sind die Magnetkraft-Hub-Kennlinien steiler als in Bild 2.

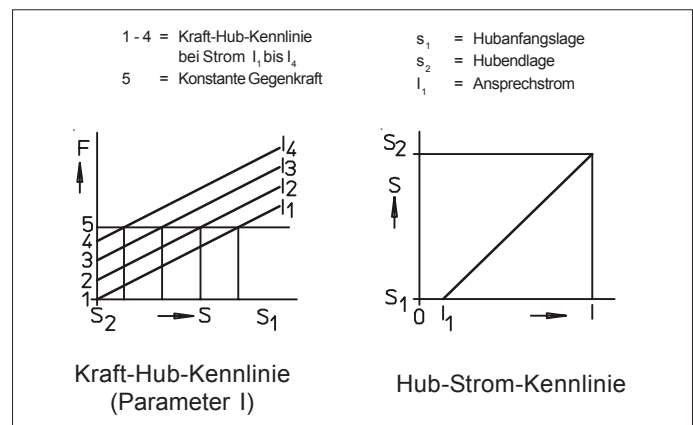


Bild 3

Analoges Kraft-Stromverhalten eines Proportionalmagneten der gegen einen festen Anschlag arbeitet (siehe Bild 4).

(siehe Bild 4).

Der Gegenkraft-Kennlinie 5 liegt das Arbeiten des Proportionalmagneten gegen einen starren Anschlag zugrunde. Dieses ist z. B. der Fall, wenn die, das Drehmoment erzeugende, Bremskraft in Abhängigkeit vom Strom geregelt oder gesteuert werden soll.

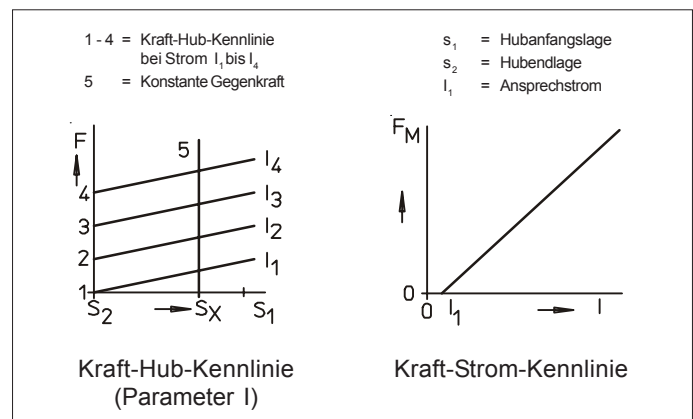


Bild 4

2. Bauform und Ausführung

Wie bereits erwähnt, sind MSM-Gleichstrom-Proportionalmagnete im Prinzip ähnlich aufgebaut wie konventionelle Hubmagnete. Jedoch unterscheiden sie sich von diesen insbesondere in der angepaßten magnetischen Ausführung, in dem meist kleinen Hub und in der höheren Präzision der einzelnen, die magnetische Wirkung beeinflussenden Teile, insbesondere der Lagerung.

Durch besondere Maßnahmen fertigungstechnischer Art und durch die Auswahl geeigneter Lagerwerkstoffe werden bei relativ kleinem Bauvolumen hohe Magnetkräfte bei kleiner Erregerleistung, kleine Hysterese und geringe Linearitätsabweichungen erzielt.

Den speziellen Aufbau und die Ausführung der Magnete bitten wir den einzelnen Teillisten zu entnehmen.

3. Erläuterung der technischen Begriffe

3.1 Die Kraft-Hub-Kennlinien

Die Kraft-Hub-Kennlinien der Gleichstrom-Proportionalmagnete weisen durch die besondere Auslegung des magnetischen Kreises und durch konstruktive Maßnahmen eine bewußt fallende Tendenz auf (Bild 2) und sind weitgehend linear. Diese Form der Kennlinien ist besonders günstig wegen der dadurch erzielbaren exakten Schnittpunkte mit der Gegen-Kennlinie (siehe Bild 2, 3 + 4). Eine optimale Anpassung an den jeweiligen Betriebsfall ist grundsätzlich möglich.

3.1.1 Magnetkraft und Magnetrückstellkraft

Bei den Kraft-Hub-Kennlinien sind 2 Kräfte zu unterscheiden:

- die Magnetkraft F_M
- die Magnetrückstellkraft F_{MR}

Während die **Magnetkraft** gemäß DIN VDE 0580 als ausnutzbare, also um die Reibung verminderten Teil der im Betätigungsmagneten in Hubrichtung erzeugten mechanischen Kraft definiert wird, ist die **Magnetrückstellkraft** um den zweifachen Betrag der im Magneten auftretenden Reibungskräfte und um die geringfügige elektromagnetische Hysterese größer.

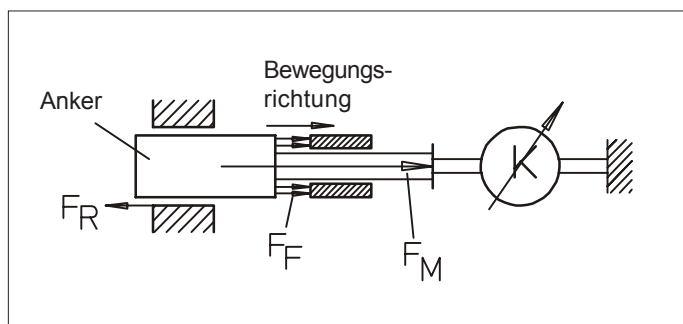


Bild 5

In den Bildern 5 und 6 ist dieses schematisch veranschaulicht.

Erläuterungen zur Magnetkraft (Bild 5)

Der Anker bewegt sich unter Wirkung des magnetischen Feldes aus der Hubanfangslage in die Hubendlage.

Die Magnetkraft, die mit dem Kraftmeßgerät K gemessen wird ist:

$$F_M = F_F - F_R$$

Darin bedeutet:

F_F die vom elektromagnetischen Feld auf den Anker ausgeübte Kraft in einer bestimmtem Hublage in der gezeichneten Bewegungsrichtung

F_R die Anker-Reibungskraft

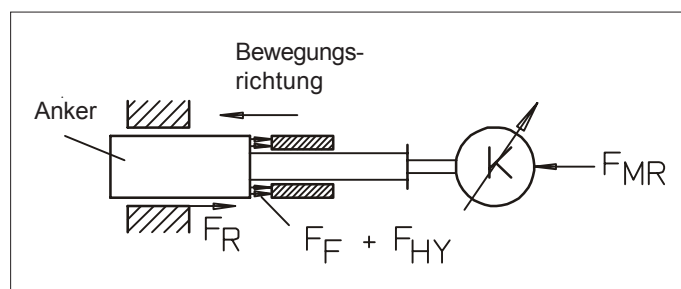


Bild 6

Erläuterung zur Magnetrückstellkraft (Bild 6)

Der Anker wird durch die Kraft F_{MR} gegen die Wirkung des magnetischen Feldes aus der Hubendlage in die Hubanfangslage geschoben.

Die Magnetrückstellkraft, die mit dem Kraftmeßgerät gemessen wird, ist dann:

$$F_{MR} = F_F + F_{Hy} + F_R$$

Darin bedeutet F_{Hy} die Kraft, die durch magnetische Hysterese entsteht. Sie ist gegenüber der Reibungskraft F_R relativ klein.

Die Differenz zwischen Magnetrückstellkraft und Magnetkraft F beträgt also:

$$\Delta F = 2 F_R + F_{Hy}$$

Die Kraft - Hub - Kennlinien werden für verschiedene Ströme angegeben (Bild 7).

3.1.2 Kraft-Hysterese

Die **Kraft-Hysterese** H_F ist die Differenz zwischen der Magnetrückstellkraft und der Magnetkraft bei dem jeweils konstanten Strom (Bild 7).

Der **Bemessungswert** H_{FB} ist die Differenz zwischen der Magnetrückstellkraft und der Magnetkraft bei Nennstrom. Er wird in Prozent der Nennmagnetkraft angegeben.

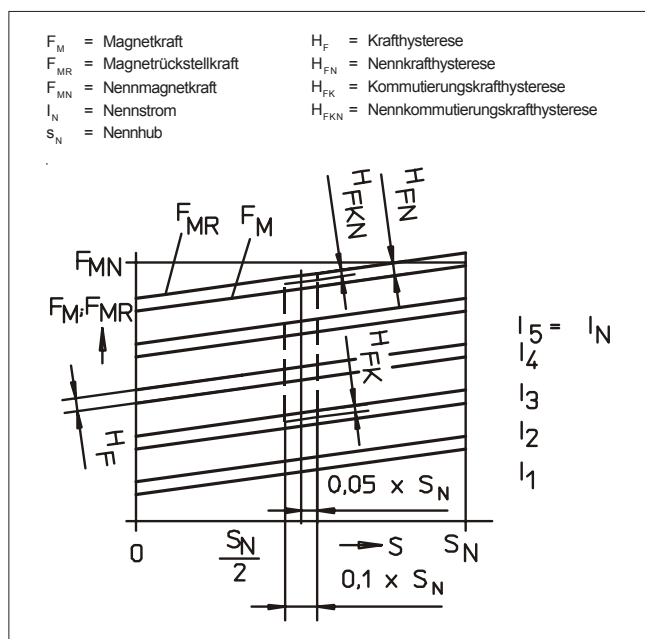


Bild 7

3.1.3 Kommutierungs-Krafthysterese

Die **Kommutierungs-Krafthysterese** H_{FK} ist die größte Kraft-Hysterese im Hubbereich von 10% des Nennarbeitshubes bei halbem Nennarbeitshub.

Die **Nenn-Kommutierungs-Krafthysterese** H_{FKN} ist die größte Kommutierungs-Krafthysterese bei Nennstrom.

Die prozentuale **Nenn-Kommutierungs-Krafthysterese** ist die Nenn-Kommutierungs-Krafthysterese bezogen auf die Nennmagnetkraft F_{MN}

$$\% H_{FKN} = \frac{H_{FKN}}{F_{MN}} \times 100$$

3.1.4 Einfluß der Meßmethode auf die Hysterese

Die Größe der Krafthysterese hängt sehr stark von der Meßgeschwindigkeit und der Kurvenform des Erregerstromes ab.

Die Angaben in den MSM – Teillisten beziehen sich in der Regel auf statische Messungen, bei Angaben der dynamischen Krafthysterese ist eine bestimmte Meßgeschwindigkeit zugrunde gelegt. Die jeweilige Meßgeschwindigkeit ist aus den Teillisten ersichtlich.

Als Kurvenform des Erregerstromes wurde für die Angabe in den MSM – Teillisten Gleichstrom, gleichgerichtet über Brückengleichrichter aus dem Wechselstromnetz gewählt. Durch Überlagerung des Gleichstromes mit Wechselstrom höherer Frequenz (Dither – Signal) läßt sich die Kraft-Hysterese minimieren.

3.2 Die Hub-Strom-Kennlinien

Wie bereits in Bild 2 und 3 gezeigt, können diese Kennlinien aus den Schnittpunkten der Kraft-Hub-Kennlinien für die verschiedenen Ströme mit den jeweiligen Gegenkraft-Kennlinien gewonnen werden.

Da die Gegenkräfte in ihrem Kraft-Weg-Verhalten und in ihrem Hystereseverhalten sehr mannigfaltig sein können, kann diese Kennlinie und die von ihr abgeleiteten Größen nur im Zusammenwirken mit der jeweils zu betätigenden Vorrichtung (z.B. Hydraulikventil) angegeben werden.

3.3 Die Kraft-Strom-Kennlinien

Die Kraft-Strom-Kennlinien der MSM-Proportionalmagnete sind durch die spezielle Auslegung des magnetischen Kreises und durch die hohe Präzision der Fertigung in weiten Grenzen linear. Allerdings sind dieser Linearität insbesondere im kleinen Hub- und Strombereich physikalische Grenzen gesetzt.

Die Kraft-Strom-Kennlinien werden für verschiedene Hübe angegeben. Bild 8 zeigt eine typische Kraft-Strom-Kennlinie für einen bestimmten Hub.

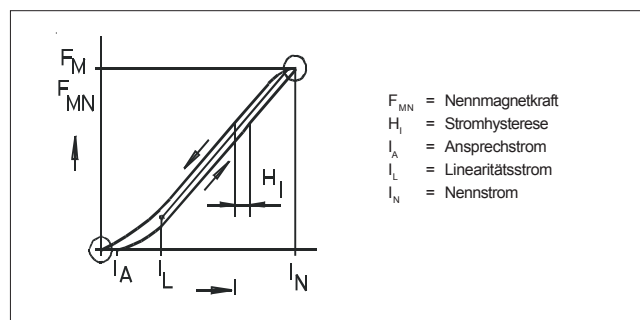


Bild 8 Kraft-Strom-Kennlinie für einen bestimmten Magnethub

3.3.1 Strombegriffe

Der **Grenzstrom** I_G ist der Strom, mit dem der Magnet dauernd belastet werden kann, ohne ihn thermisch zu überlasten.

Der **Linearitätsstrom** I_L ist der kleinste Wert des Stromes, bei dem die Kraft-Strom-Kennlinie von Proportionalmagneten hinreichend linear ist.

Der **Ansprechstrom** I_A ist der Strom, der erforderlich ist, ausgehend von der Hubanfangslage, um den Magnet-Anker gegen die Wirkung seiner Reibungskräfte in Bewegung zu setzen.

3.3.2 Leistungsbegriffe

Entsprechend der unter Punkt 3.3.1. genannten Strombegriffe gelten die Leistungsbegriffe analog und werden wie folgt benannt:

Nennleistung	P_N
Grenzleistung	P_G
Linearitätsleistung	P_L
Ansprechleistung	P_A

Nennleistung, Linearitätsleistung und Ansprechleistung beziehen sich auf eine Bezugstemperatur der Erregerwicklung von + 20° C.

Die Grenzleistung bezieht sich auf den betriebswarmen Zustand.

3.3.3 Stromhysterese H_I

Die **Stromhysterese H_I** ist die Differenz der Stromwerte zwischen der aufwärts- und der abwärtsmagnetisierten Magnetkraft–Hub–Kennlinie bei jeweils konstantem Hub.

Der Bemessungswert der **Kraft–Strom–Hysterese H_{IB}** ist der maximale Wert der Differenz zwischen dem aufwärts- und abwärtsgerichteten Kurvenweg und wird in % des Nennstromes angegeben.

Die **Nenn–Stromhysterese H_{IN}** ist die Stromhysterese bei Nennhub.

Die **prozentuale Nenn–Stromhysterese % H_{IN}** ist die Nenn–Stromhysterese bezogen auf den Nennstrom.

$$\% H_{IN} = \frac{H_{IN}}{I_N} \times 100$$

3.3.4 Linearitätsabweichung

Die **Linearitätsabweichung L** ist die größte Differenz ($\Delta I_{max.}$) zwischen der die Punkte 1 und 2 verbindenden Geraden (ideale Kennlinie) und der mittleren Kennlinie bei dem jeweils konstanten Hub.

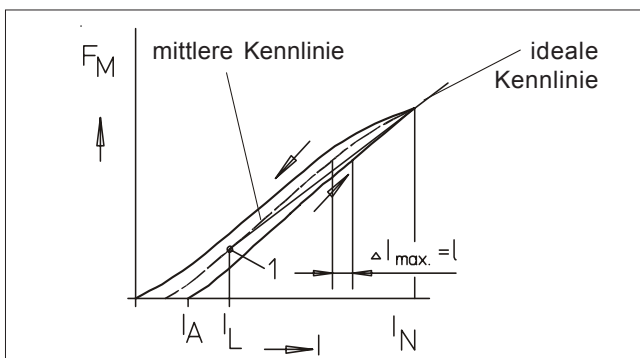


Bild 9

Die **Nenn–Linearitätsabweichung L_N** ist die Linearitätsabweichung bei Nennhub.

Die prozentuale **Nenn–Linearitätsabweichung % L_N** ist die Nenn–Linearitätsabweichung bezogen auf den Nennstrom.

3.4 Anzugs-, Anstiegs- und Abfallzeiten

Die Anzugs- und Abfallzeiten eines Proportionalmagneten, der in seinem praktische Einsatz einen bestimmten Hub durchlaufen muß, hängt in hohem Maße von seiner, in den meisten Fällen nicht bekannten, Gegenlast und von dem verwendeten Regler ab. Diesbezügliche Angaben in den Teillisten sind daher nicht möglich. Die Werte sind daher jeweils im praktischen Einsatz zu ermitteln.

Dagegen werden die Anstiegs- und Abfallzeiten des Proportionalmagneten, dessen Hub im praktischen Einsatz konstant oder annähernd konstant ist, in den Teillisten in Form von Kurven $F = f(t)$ Parameter Strom angegeben.

3.5 Einschaltdauer und Überlastbarkeit

MSM–Proportionalmagnete sind für Dauereinschaltung ausgelegt, d.h. die Magnete können mit ihrem Grenzstrom I_G dauernd belastet werden, ohne sie thermisch zu überlasten.

In der steuerungs- und regeltechnischen Anwendung ist es möglich, die Magnete kurzzeitig über ihren Grenzstrom hinaus zu überlasten, wenn nach dieser Überlastung entsprechende Unterlastintervalle (entsprechende Absenkung des Stromes unter den Grenzstrom) oder entsprechende stromlose Pausen folgen.

In diesen Fällen ist durch Versuche zu ermitteln, ob die Temperatur des Magneten noch unterhalb seiner Grenztemperatur liegt.

3.6 Temperaturbegriffe

Es gelten die Begriffe nach DIN VDE 0580 Pkt. 2.8, die hier auszugsweise wiedergegeben werden:

3.6.1 Die **Umgebungstemperatur ϑ_{13}** (in °C) eines Gerätes ist die Durchschnitts-Temperatur an festgelegten Stellen seiner Umgebung.

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

3.6.3 Die **Bezugstemperatur ϑ_{11}** (in °C) ist die Beharrungstemperatur im stromlosen Zustand bei bestimmungsgemäßer Anwendung. Sie kann einen anderen Wert haben als die Umgebungstemperatur, z. B. beim Anbau eines Hubmagneten an einen vom betriebswarmen Öl durchflossenen Hydraulikschieber.

3.6.4 Die **Endübertemperatur $\Delta \vartheta_{32}$** (in K) ist die Übertemperatur am Ende eines Erwärmungsvorganges, sie ist in den meisten Fällen die Beharrungsübertemperatur.

3.6.5 Als **obere Grenztemperatur ϑ_{21}** (°C), Kurzbezeichnung: **Grenztemperatur**, gilt die höchste für ein Gerät, oder ein Teil davon, zulässige Temperatur.

Die zulässige Grenztemperatur wird in den Teillisten angegeben.



- 3.6.6 Die **Übertemperatur** $\Delta \vartheta_{31}$ ist der Unterschied zwischen der Temperatur des elektromagnetischen Gerätes, oder eines Teiles davon, und der Bezugstemperatur δ_{11} .
- 3.6.7 Als **untere Grenztemperatur** ϑ_{12} (°C) gilt die niedrigste für ein Gerät, oder ein Teil, davon zulässige Temperatur.
- 3.6.8 Als **Grenzübertemperatur** $\Delta \vartheta_{33}$ (K) gilt der zulässige Höchstwert der Übertemperatur.
- 3.6.9 Als **Heißpunktdifferenz** $\Delta \vartheta_{34}$ (K) gilt der Unterschied zwischen der nach den einschlägigen VDE-Bestimmungen ermittelten Temperatur der Wicklung und der nach Erfahrung angenommenen Temperatur, an der für die übliche Messung nicht zugänglichen, vermutlich heißesten Stelle der Wicklung.

3.7 Isolierstoffklassen und Zuordnung der Grenztemperaturen

Die Isolierstoffe werden bezüglich ihrer Dauertemperaturbeständigkeit in Isolierstoffklassen eingeteilt. Hierüber gibt nachstehende Tabelle Auskunft:

Nr.	Isolierstoffklassen	Grenztemp. °C	Grenzüber temp. 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
8	220	220	180
9	250	250	210

3.8 Normale Betriebsbedingungen

- Gleichstrom-Proportionalmagnete sind für folgende normale Betriebsbedingungen ausgelegt:
- 3.8.1 Die Umgebungstemperatur überschreitet nicht 40° C und ihr Mittelwert über eine Dauer von 24 Stunden nicht 35° C. Die untere Grenze für die Umgebungstemperatur ist -5° C.
- 3.8.2 Die Höhenlage des Verwendungsortes beträgt nicht mehr als 1000 m über dem Meeresspiegel.
- 3.8.3 Die Umgebungsluft soll nicht wesentlich durch Staub, Rauch, aggressive Gase und Dämpfe oder Salzgehalt verunreinigt sein.
- 3.8.4 Die relative Feuchtigkeit der Umgebungsluft soll 50% bei 40° C nicht überschreiten. Bei geringeren Temperaturen kann höhere Luftfeuchtigkeit zugelassen werden, z.B. 90% bei 20° C. Auf gelegentlich auftretende mäßige Kondenswasserbildung ist Rücksicht zu nehmen.
- 3.8.5 Bei Aufstellung der Geräte sind unsere Einbau-Richtlinien in den Teillisten zu beachten.
- 3.8.6 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.
- 3.8.7 Bekannte Umgebungseinflüsse bei Lagerung und Transport sind zu berücksichtigen.

3.9 Hinweis auf geltende Vorschriften

Im übrigen gelten die „Bestimmungen für elektromagnetische Geräte DIN VDE 0580“ sinngemäß.

Insbesondere wird darauf hingewiesen, daß die technischen Daten sich auf die Speisung der Geräte aus dem Wechselstromnetz, gleichgerichtet über Einphasen-Doppelweg-Gleichrichter beziehen.

4. Proportionalmagnete mit Lageregelung

Mit Hilfe eines induktiven druckdichten Wegaufnehmers, der auf dem Magneten montiert ist, und einem elektronischen Lageregelkreis lassen sich Stellqualitäten erreichen, die den Servomotoren in der Hydraulik bezüglich Genauigkeit ebenbürtig sind, ohne die Empfindlichkeit dieser Bauteile zu besitzen.

Wir verweisen hier auf unsere Teillisten
A W A F A W A X A W U X, A W E F, A W E X, A S E W, A W X X.

Hinweis zu den technischen Harmonisierungsrichtlinien innerhalb des europäischen Binnenmarktes



Elektromagnete dieses Produktbereiches werden der Niederspannungsrichtlinie 72/23 EWG zugeordnet. Zur Gewährleistung der Schutzziele dieser Verordnung werden die Produkte nach gültiger DIN VDE 0580 gefertigt und geprüft. Dies gilt gleichzeitig als Konformitätserklärung des Herstellers.

Hinweis zur EMV-Richtlinie 89/336 EWG

Elektromagnete fallen nicht unter den Geltungsbereich der EMV-Richtlinie, da sie im Sinne der Richtlinie keine elektromagnetischen Störungen aussenden und deren Betrieb auch nicht durch elektromagnetische Störungen beeinträchtigt wird. Die Einhaltung der EMV-Richtlinie ist deshalb vom Anwender durch entsprechende Beschaltung sicherzustellen. Beispiele für Schutzbeschaltungen können den jeweiligen technischen Unterlagen entnommen werden.

- Technische Erläuterungen	
G XX	Gleichstrom-Hubmagnete
G XX E	Betätigungsmagnete in explosionsgeschützter Ausführung
G XX 2. Zusatz	Gleichstrom-Proportionalmagnete
G XX V	Gleichstrom-Verriegelungseinheiten
W XX	Wechselstrom-Hubmagnete
P XX	Gleich- oder Wechselstrom-Ventilmagnete für Pneumatik
H XX	Gleich- oder Wechselstrom-Steuer magnete für Hydraulik
D XX	Drehstrom-Hubmagnete
Y XX	Schwingmagnete
K XX	Elektromagnet-Kupplungen und -Bremsen