

## TECHNISCHE ERLÄUTERUNG

### PROPORTIONALMAGNETE

Für den Einsatz in der Hydraulik

#### Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort
2. Art der Magnete
3. Begriffserläuterung
  - 3.1. Kraft
  - 3.2. Elektrische Spannung
  - 3.3. Widerstand
  - 3.4. Elektrischer Strom
  - 3.5. Elektrische Leistung
  - 3.6. Zeitbegriffe
  - 3.7. Funktionen
  - 3.8. Hysterese
  - 3.9. Linearität
4. Anwendungsarten

#### 1. Vorwort

Die technische Erläuterung dient zur Erklärung und Definition der in den Magnet- oder Ventildatenblättern verwendeten Ausdrücke, bezüglich der Proportionalmagnete.  
Ausdrücke, welche in Magnet- oder Ventildatenblättern auftreten und in dieser Erläuterung nicht aufgeführt sind, sind in der Erläuterung für Schaltmagnete beschrieben.

#### 2. Art der Magnete

##### Gleichstrom-Proportionalmagnete

Einfachhubmagnet (Drückend, Längsbewegung), dessen Anker durch elektromagnetische Krafteinwirkung eine Hubbewegung von der Hubanfangslage in die Hubendlage durchläuft.  
Vom Schaltmagneten, der seinem Verhalten nach ein Zweipunkt- Stellglied ist, unterscheidet er sich in seinem je nach Anwendung kontinuierlich analogen Weg/Stromverhalten oder Kraft/Stromverhalten.  
Um eine kleine Hysterese und eine ideale Linearität zu erreichen, wird zusätzlich auf folgende Punkte geachtet:

- Auswahl von wertvolleren Magnetwerkstoffen  
(geringe elektromagnetische Hysterese; siehe 3.1)
- Ideale Ankerlagerung  
(geringe Reibungshysterese)

#### 3. Begriffserläuterung

##### 3.1. Kraft

###### Magnetkraft ( $F_M$ )

Der ausnutzbare, also um die Reibung verminderte Teil der im Magneten in Hubrichtung (Bewegungsrichtung 1) erzeugten mechanischen Kraft. (siehe Bild 1)

###### Nennmagnetkraft ( $F_{MN}$ )

Magnetkraft welche bei Nennstrom erreicht wird.

### Rückstellkraft ( $F_{MR}$ )

Von aussen auf den Magneten wirkende Kraft, welche aufgebracht werden muss, um den Magneten entgegen der Hubrichtung (Bewegungsrichtung 2) bewegen zu können. Sie ist um den 2-fachen Betrag der Reibungskraft und um die Hysteresekraft grösser als die Magnetkraft. (siehe Bild 2)

### Induzierte Kraft ( $F_F$ )

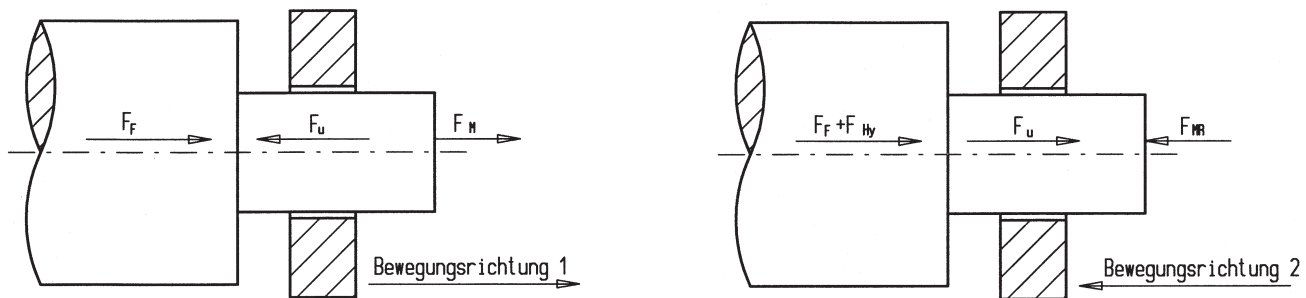
Mechanische Kraft, welche vom Elektromagnetfeld auf den Anker ausgeübt wird. (siehe Bild 1 und 2)

### Reibkraft ( $F_u$ )

Durch Reibung auftretende Kraft. Sie ist stets der Bewegungsrichtung entgegengesetzt. (siehe Bild 1 und 2)

### Hysteresekraft ( $F_{Hy}$ )

Durch die elektromagnetische Hysterese auftretende Kraft. (siehe Bild 1 und 2)



$$F_M = F_F - F_u \quad F_{MR} = F_F + F_{Hy} + F_u$$

Bild 1 Bild 2

### Krafthysterese ( $H_F$ ) (Differenzkraft)

Differenz zwischen der Magnetrückstellkraft und der Magnetkraft (Siehe 3.8.Hysterese).

$$F_{MR} - F_M = 2F_u + F_{Hy} = H_F$$

## 3.2. Elektrische Spannung

Spannungsangaben beziehen sich auf den arithmetischen Mittelwert.

### Bezugsspannung ( $U_B$ )

Auf dem Magneten angegebene Spannung, welche bei Erreichen der maximalen Beharrungstemperatur im Minimum den Grenzstrom  $I_G$  erzeugt. Sie muss als Versorgungsspannung stets zur Verfügung stehen.

## 3.3. Widerstand

### Nennwiderstand ( $R_N$ )

Ohm'scher Widerstand der Magnetspule bei 20 °C Umgebungstemperatur.

### Warmwiderstand ( $R_W$ )

Ohm'scher Widerstand der Magnetspule, der sich bei konstant angelegtem Grenzstrom im thermischen eingeschwungenen Zustand bei maximaler Bezugstemperatur einstellt.

## 3.4. Elektrischer Strom

Stromangaben beziehen sich auf den arithmetischen Mittelwert.

### Nennstrom ( $I_N$ )

Mit dem Nennstrom wird die angegebene Nennmagnetkraft  $F_{MN}$  erreicht.

### Grenzstrom ( $I_G$ )

Ist der Strom, mit dem der Magnet bei maximaler Bezugstemperatur ohne thermische Überlastung dauernd belastet werden kann.

### Linearitätsstrom ( $I_L$ )

Ist der Strom, ab dem die Kraft- Stromkennlinie ausreichend linear wird.

### Ansprechstrom ( $I_A$ )

Ist der Strom, der erforderlich ist um den Magnetanker gegen die Wirkung seiner Reibkräfte in Bewegung zu setzen.

## **3.5. Elektrische Leistung**

### Nennleistung ( $P_N$ )

Ergibt sich aus Nennstrom und Nennwiderstand.  $P_N = I_N^2 \times R_N$

### Grenzleistung ( $P_G$ )

Ergibt sich aus Grenzstrom und Warmwiderstand.  $P_G = I_G^2 \times R_W$

### Linearitätsleistung

Ergibt sich aus Linearitätsstrom und Nennwiderstand.  $P_L = I_L^2 \times R_N$

### Ansprechleistung

Ergibt sich aus Ansprechstrom und Nennwiderstand.  $P_A = I_A^2 \times R_N$

## **3.6. Zeitbegriffe**

Die Anzugs- und Abfallzeiten eines Proportionalmagneten, der in seinem praktischen 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 sind deshalb in den Magnetdatenblättern nicht möglich.

Dagegen werden die Anstiegs- und Abfallzeiten des Proportionalmagneten, dessen Hub im praktischen Einsatz konstant oder annähernd konstant ist, in den Magnetdatenblättern in Form der Funktion  $F = f(t)$  mit Parameter Strom  $I$  angegeben. ( siehe 3.7.Funktionen)

## **3.7. Funktionen**

### Magnetkraft-Hub ( $F=f(s)$ ; Parameter Strom $I$ )

Der Magnetkreis der Gleichstrom-Proportional-Magnete ist standardmässig so ausgelegt, dass die Magnetkraft-Hub-Kennlinie im Bereich des Arbeitshubes  $s_A$  möglichst waagrecht und linear verläuft.

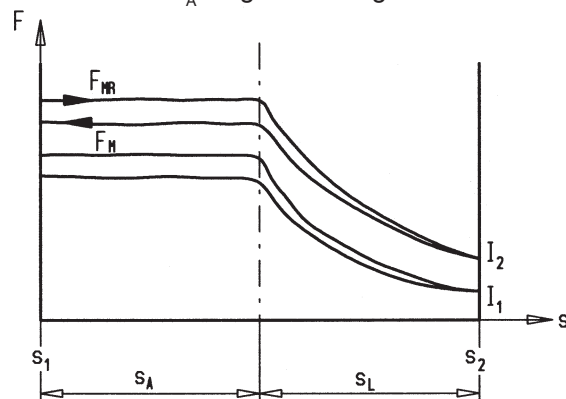


Bild 3

Magnetkraft-Strom ( $F=f(I)$ ; Definierter Hub  $s$ )

Durch eine optimale Dimensionierung des magnetischen Kreises verläuft die Magnetkraft-Strom-Kennlinie nahezu linear. Lediglich bei sehr niedrigen Strömen ( $I < I_L$ ) wird keine Linearität erreicht. Diese Messung erfolgt bei einem fest eingestellten Hub (in der Regel in der Mitte des Arbeitshubes  $s_A$ ).

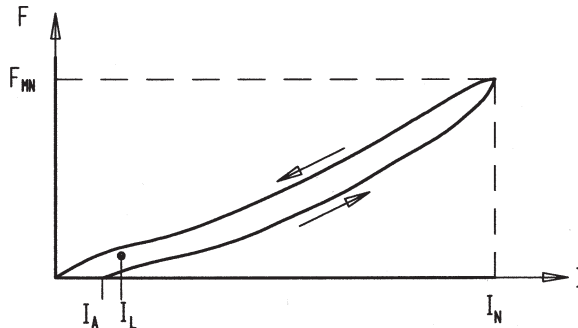


Bild 4

Magnetkraft-Zeit ( $F=f(t)$ ; Parameter Strom  $I$ , Definierter Hub  $s$ )

Die Magnetkraft-Zeit-Kennlinie zeigt das Anstiegs- resp. Abfallverhalten der Proportionalmagnete. Diese Messung erfolgt bei einem fest eingestellten Hub  $s$  (in der Regel in der Mitte des Arbeitshubes  $s_A$ ) und wird durch einen Spannungssprung erzeugt.

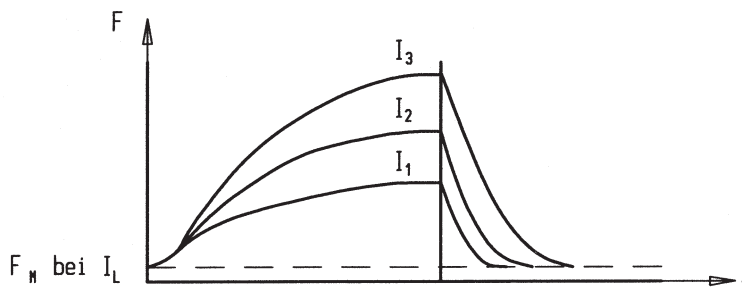


Bild 5

**3.8. Hysterese**

Krafthysterese ( $H_F$ )

Ist die Differenz zwischen der Magnetrückstellkraft  $F_{MR}$  und der Magnetkraft  $F_R$  in der Magnetkraft-Hub-Kennlinie bei jeweils konstantem Strom. (siehe dazu auch 3.1.Kraft)

Nenn-Krafthysterese ( $H_{FN}$ )

Ist die grösste Differenz zwischen der Magnetrückstellkraft und der Magnetkraft bei Nennstrom  $I_N$ .

Prozentuale Nenn-Krafthysterese ( $\% H_{FN}$ )

Ist die Nenn-Krafthysterese  $H_{FN}$  bezogen auf die Nennmagnetkraft  $F_{MN}$ .

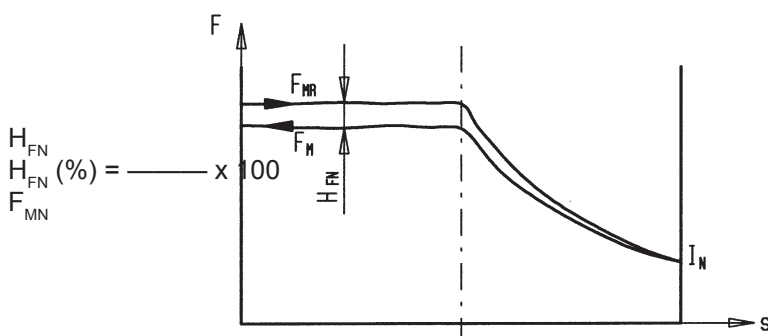


Bild 6

Anmerkungen zur Krafthysterese

1) Es werden zwei prozentuale Nenn-Krafthysterese-Messungen unterschieden. Die Statische und die Dynamische. In den Magnetdatenblättern werden beide angegeben, wobei bei der dynamischen Angabe die verwendete Messhubgeschwindigkeit mit angegeben ist.

2) Die Grösse der Krafthysterese hängt sehr stark von der Kurvenform des Erregerstromes ab. Für die Angaben in den Magnetdatenblättern wurde ein Gleichstrom, gleichgerichtet über Brückengleichrichter aus dem Wechselstromnetz gewählt.

Bei Batteriespeisung ist die Krafthysterese grösser.

Durch Überlagerung eines Wechselstromes höherer Frequenz (Dither-Signal) oder einer Pulsweitenmodulation lässt sich die Krafthysterese minimieren.

Stromhysterese ( $H_I$ )

Ist die Strom-Differenz zwischen der auf- und abmagnetisierten Kraft-Strom-Kennlinie.

Nenn-Stromhysterese ( $H_{IN}$ )

Ist die grösste Strom-Differenz zwischen der auf- und abmagnetisierten Magnetkraft-Strom-Kennlinie.

Prozentuale Nenn-Stromhysterese ( $\% H_{IN}$ )

Ist die Nenn-Stromhysterese  $H_{IN}$  bezogen auf den Nennstrom  $I_N$ .

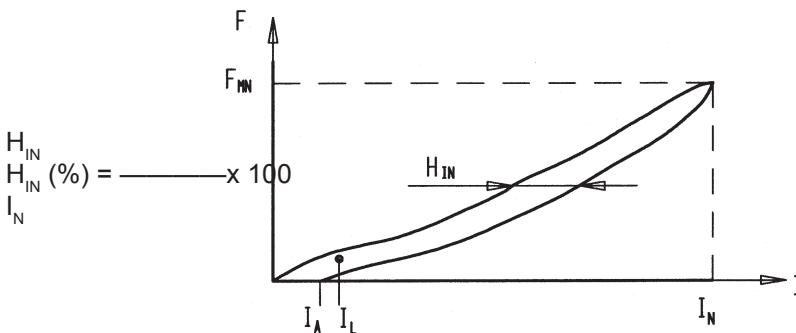


Bild 7

**3.9. Linearität**

Linearitätsabweichung (L)

Ist die Strom-Differenz zwischen der die Punkte 1 und 2 verbindenden Geraden (ideale Kennlinie) und der mittleren Kennlinie der Magnetkraft-Strom-Kennlinie.

Nenn-Linearitätsabweichung ( $L_N$ )

Ist die grösste Strom-Differenz zwischen der die Punkte 1 und 2 verbindenden Geraden (ideale Kennlinie) und der mittleren Kennlinie der Magnetkraft-Strom-Kennlinie.

Prozentuale Nenn-Linearitätsabweichung ( $\% L_N$ )

Ist die Nenn-Linearitätsabweichung  $L_N$  bezogen auf den Nennstrom  $I_N$ .

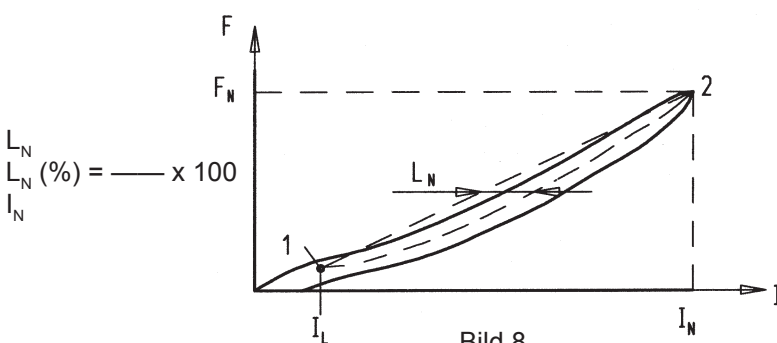


Bild 8

#### 4. Anwendungsarten

Es werden generell drei Anwendungsarten unterschieden:

##### Arbeiten gegen eine Feder

Durch sein Verhalten zeigt der Proportionalmagnet im Zusammenwirken mit einer Feder ein proportionales Weg-Stromverhalten. Anwendungsgebiet ist z.B. der Einsatz bei federbelasteten Hydraulik-Proportional-Wegeventilen.

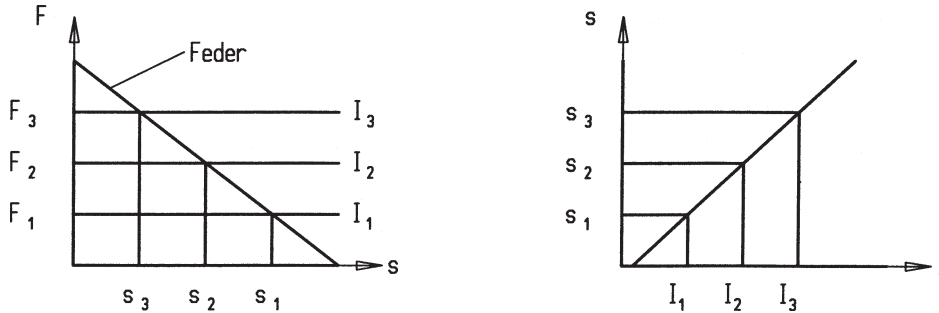


Bild 9

##### Arbeiten gegen einen festen Anschlag

Der Gegenkraft-Kennlinie liegt das Arbeiten des Proportionalmagneten gegen einen starren Anschlag zugrunde. Im Zusammenwirken zeigt der Proportionalmagnet ein proportionales Kraft-Stromverhalten. Anwendungsgebiet ist z.B. der Einsatz bei Hydraulik-Proportional-Druckventilen.

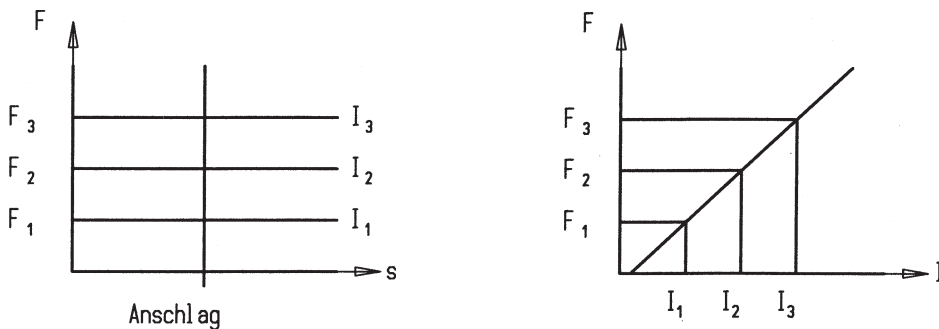


Bild 10

##### Arbeiten gegen eine konstante Gegenkraft

Durch die spezielle Magnetkraft-Hub-Kennlinie (stark abfallend gegen die Hubendlage) des Proportionalmagneten zeigt dieser im Zusammenwirken mit der konstanten Gegenkraft ein proportionales Weg-Stromverhalten. Anwendungsgebiet ist z.B. das Verschieben einer Gewichtskraft.

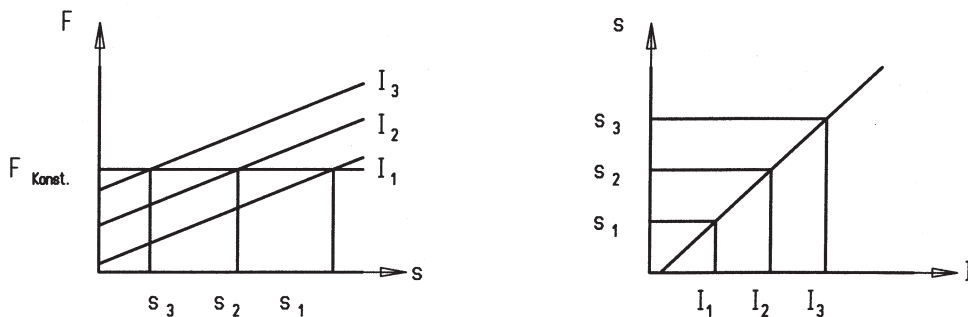


Bild 11