

## Linearantrieb

### Aufgabe 1

**Abb. 1** zeigt die Feldlinien der magnetischen Induktion  $B$  erzeugt durch den Erregerstrom  $I_E$ .  $B$  nimmt dabei im Schenkel, auf welchem die Spule  $L_S$  befestigt wird, gegen aussen linear ab.

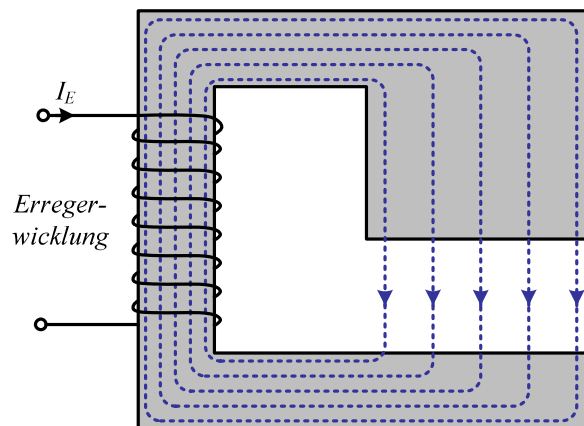
Die benötigte Windungszahl wird mit dem Durchflutungsgesetz

$$N \cdot I = \oint H \cdot dl = \sum_i H_i \cdot l_i = \sum_i \frac{B_i}{\mu_i} \cdot l_i$$

berechnet. Wegen  $\mu_{Fe} \rightarrow \infty$  ist hier nur der Luftspalt mit der Länge  $d_l = 5\text{mm}$  relevant. Es folgt:

$$N_E = \frac{B_L \cdot d_l}{\mu_0 \cdot I_E} = 318.3$$

Damit sich im Luftspalt die gewünschte Flussdichte von  $B_L = 0.8\text{T}$  einstellt, sind also  $N_E = 319$  Windungen vorzusehen.



**Abb. 1:** Verlauf der Feldlinien im Linearantrieb.

### Aufgabe 2

Der Widerstand  $R_E$  der Erregerwicklung berechnet sich einerseits zu

$$R_E = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l_{W, tot}}{A_W} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{N_E \cdot l_W}{D_W^2 / 4 \cdot \pi},$$

und andererseits zu:

$$R_E = \frac{U_E}{I_E}$$

Daraus folgt für den Drahtdurchmesser:

$$D_W = 2 \cdot \sqrt{\frac{N_E \cdot I_W \cdot I_E}{\pi \cdot \sigma \cdot U_E}} = 0.68 \text{ mm}$$

### Aufgabe 3

Die Verlustleistung in der Erregerwicklung kann mit dem Widerstand  $R_E$  bestimmt werden:

$$P_E = R_E \cdot I_E^2 = \frac{U_E}{I_E} \cdot I_E^2 = U_E \cdot I_E = 120 \text{ W}$$

Da über der Erregerwicklung gerade die gegebene Spannung  $U_E$  abfällt, kann die Verlustleistung auch direkt aus dem Produkt von Erregerstrom  $I_E$  und Spannungsabfall  $U_E$  berechnet werden.

### Aufgabe 4

Eine zeitliche Flussänderung induziert in einer Spule die Spannung

$$U_L = N \cdot \frac{d\Phi}{dt}.$$

Zusammen mit der Differentialgleichung einer Induktivität

$$U_L = L \cdot \frac{di_L}{dt}$$

folgt:

$$L = N \cdot \frac{d\Phi}{di_L}$$

$L$  beschreibt also die differentielle Änderung des Spulenflusses in Abhängigkeit von einer Änderung des Erregerstroms.

Da die (geringen) Streufelder vernachlässigt werden, ist der durch die Erregerspule erzeugte magnetische Fluss  $\Phi_E$  überall im Eisenkreis konstant. Er kann mit der gegebenen Flussdichte  $B_L$  im Luftspalt berechnet werden:

$$\Phi_E = B_L \cdot A = \frac{N_E \cdot I_E \cdot \mu_0}{d_1} \cdot a \cdot b$$

Damit folgt für die Induktivität des Eisenkreises:

$$L_E = N_E \cdot \frac{d\Phi_E}{dI_E} = \frac{N_E^2 \cdot \mu_0 \cdot a \cdot b}{d_1} = 13.4 \text{ mH}$$

## Aufgabe 5

Nur die im Luftspalt liegenden Abschnitte der Spule befinden sich in einem magnetischen Feld. Damit beträgt die effektive Leiterlänge nur  $l_S = N_S \cdot b$ .

Die durch den Spulenstrom erzeugte Kraft  $F_x$  berechnet sich somit zu:

$$F_x = \left| I_S \cdot (\vec{l}_S \times \vec{B}_L) \right| = I_S \cdot l_S \cdot B_L = I_S \cdot N_S \cdot b \cdot B_L = 9.6 \text{ N}$$

## Aufgabe 6

Durch die Aufweitung des Luftspaltes reduziert sich die magnetische Flussdichte im Luftspalt auf

$$B_L = \frac{N_E \cdot I_E \cdot \mu_0}{d_2},$$

und damit die Kraft auf

$$F_x = I_S \cdot l_S \cdot B_L = I_S \cdot N_S \cdot b \cdot \frac{N_E \cdot I_E \cdot \mu_0}{d_2} = 8.0 \text{ N}.$$

Soll wieder die ursprüngliche Kraft erzeugt werden, so ist der Spulenstrom soweit zu erhöhen, bis im Luftspalt wieder dieselbe Flussdichte erreicht wird. Aus

$$B_{L1} = \frac{N_E \cdot I_{E1} \cdot \mu_0}{d_1} = \frac{N_E \cdot I_{E2} \cdot \mu_0}{d_2} = B_{L2}$$

folgt:

$$I_{E2} = \frac{d_2 \cdot I_{E1}}{d_1} = 12 \text{ A}$$

## Aufgabe 7

Bewegt sich die Spule, so wird in ihr nach dem Induktionsgesetz die Spannung

$$U_S = N_S \cdot \frac{d\Phi_S}{dt},$$

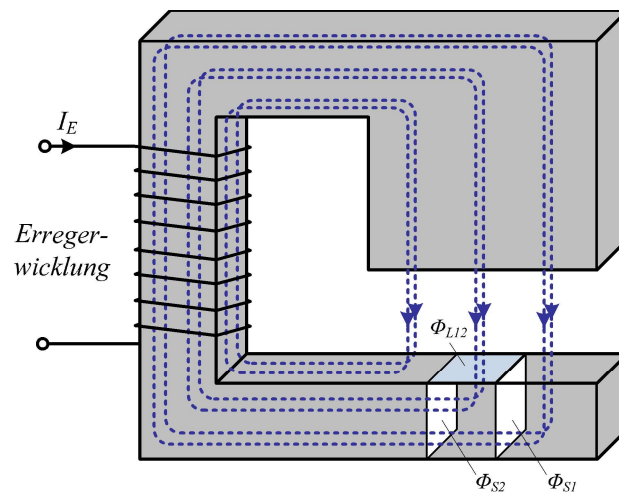
induziert. Die zeitliche Änderung des Flusses in einer Spulenwindung kann dabei über die Änderung des vom Luftspalt her eintretenden Flusses berechnet werden (vgl. **Abb. 2**):

$$\frac{d\Phi_S}{dt} = B_L \cdot \frac{dA_L}{dt} = B_L \cdot b \cdot \frac{dx}{dt} = B_L \cdot b \cdot v_x$$

Der Fluss in einer Windung der Spule ändert sich also nur, falls sich die Windung im Luftspaltfeld auf dem Schenkel bewegt.

Demnach folgt die induzierte Spannung in der gesamten Spule zu:

$$U_S = N_S \cdot B_L \cdot b \cdot v_x = 4.8 \text{ V}$$



**Abb. 2:** Zur Berechnung der Änderung des Flusses in einer Spulenwindung ( $\Phi_{S2} = \Phi_{S1} + \Phi_{L12}$ ).