## 6.5 Induktivität einer Spule mit Kern

In Abschnitt 5.4.2 haben wir die Induktivität $L$ von Zylinderspulen ohne Kern hergeleitet und sind auf den Ausdruck (5.66) gekommen:

$$L = \mu_0 \frac{N^2 A}{l} \tag{6.73}$$

Hier sind $N$ die Windungszahl, $A$ die Querschnittsfläche und $l$ die Länge der Spule. Für Spulen mit Kern, gilt diese Beziehung allerdings nicht. Die Herleitung der Induktivität $L$ einer Spule, die komplett von einem z.B. ferromagnetischen Kern mit Querschnittsfläche $A$ und Länge $l$ ausgefüllt ist, verläuft analog zu der einer Spule ohne Kern (vgl. Abschnitt 5.4.2). Wir müssen hier jedoch berücksichtigen, dass das Magnetfeld im Spuleninneren um die relative Permeabilität $\mu_r$ größer ist. Es gilt also anstelle von (5.63) die Beziehung:

$$B(t) = \mu_r \mu_0 \, I(t) \, \frac{N}{l} \tag{6.74}$$

Der magnetische Fluss durch die Spule ist deshalb

$$\Phi_M(t) = N \iint\limits_A \vec{B}(t) \mathrm{d}\vec{A} = N B(t) \, A = -\mu_r \mu_0 \, A \, I(t) \, \frac{N^2}{l}. \tag{6.75}$$

Da für die Induktionsspannung

$$U_i = -\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t} \tag{6.76}$$

gilt, folgt

$$U_i = -\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t} = -\mu_r \mu_0 \, A \, \frac{N^2}{l} \, \frac{\mathrm{d}I(t)}{\mathrm{d}t}. \tag{6.77}$$

Für die Induktivität einer Spule mit Kern folgt daraus

$$\Rightarrow \quad \boxed{L = \mu_r \mu_0 \, \frac{N^2 A}{l}} \tag{6.78}$$

## 6.6 Energie des magnetischen Feldes

Um die Energie des magnetischen Feldes zu berechnen, betrachten wir noch einmal den Abschaltvorgang des $RL$-Gliedes aus Abschnitt 5.5. Vor dem Abschalten ist die Gleichspannungsquelle $U_0$ eingeschaltet, so dass ein Strom $I_0 = U_0/R$ durch die Spule fließt. In der Spule wird ein Magnetfeld $B$ erzeugt, für das

$$B = \mu_r \mu_0 \frac{N I_0}{l} \tag{6.79}$$