



Grundbegriffe:

## Hysteresekurve

Magnetische Werkstoffe werden durch ihre Hysteresekurve charakterisiert, (Abb. 1). Der Graf ist abhängig von der magnetischen Induktion **B** von der Magnetfeldintensität **H** im gegebenen Material. Die Magnetfeldintensität wechselt von Null zu (+) Maximum, danach zu (-) Maximum und zurück zu Null. Magnetfeldintensität, die zur Unterdrückung der remanenten Induktion **B<sub>r</sub>** benötigt wird, ist als Koerzitivkraft mit **H<sub>c</sub>** definiert.

## Permeabilität

Permeabilität, eines der Grundcharakteristika des Materials, ist ein Parameter für die Proportionalität zwischen magnetischer Induktion **B** und der Magnetfeldintensität **H** in einem bestimmten Material. Je höher der Permeabilitätswert ist, um so höher wird die Induktion im Material durch das Magnetfeld bei gleicher Intensität erregt.

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \mathbf{H}$$

**H** Magnetfeldintensität [ A/m ]

**B** magnetische Induktion [ T ]

$\mu_0$  Permeabilität des Vakuums [  $4 \cdot 10^{-7}$  Tm/A ]

$\mu$  relative Permeabilität

## Anfangspermeabilität $\mu_i$

Wenn ein Werkstoff noch nie magnetisiert oder entmagnetisiert wurde (z.B. thermisch), aufweist er bei einer magnetischen Influenz die Kurve einer erstmaligen Magnetisierung auf (Anfangspermeabilität). Ihre Form ist ebenfalls in Abb.1 erfasst.

Bei jeder weiteren Magnetisierung läuft die Kurve nicht mehr durch den Punkt **H=0, B=0**. Die Anfangspermeabilität ist durch die Steigung der Tangente der magnetischen Charakterisierung im Punkt **H=0, B=0** gegeben. In der Praxis wird gewöhnlich die Anfangspermeabilität durch die Amplitudenpermeabilität ersetzt, die unter kleinen Amplituden von wechselnder Magnetfeldintensität gemessen wird.

$$\mu_i = \mu_0^{-1} \cdot \lim_{H \rightarrow 0} B/H$$

$\mu_0$  Permeabilität des Vakuums [  $4 \cdot 10^{-7}$  Tm/A ]

**H, B** Koordinaten der Punkte der gegebenen Magnetisierungscharakteristik [ A/m, T ]

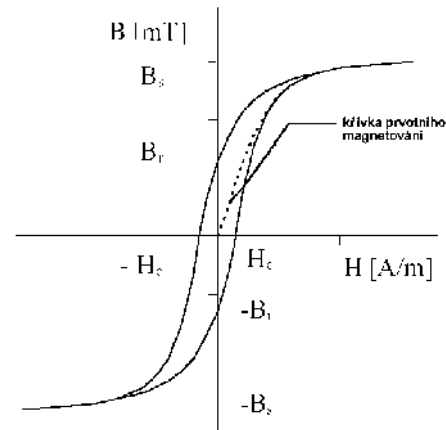


Abb. 1: Hysteresekurve mit Parametern

## Effektive Permeabilität $\mu_e$

Effektive Permeabilität ist eine Permeabilität, die hypothetisches und homogenes Material haben sollte, damit man (unter der Voraussetzung der Nichtexistenz von Streuflüssen) bei gleichen Ausmaßen dieselbe Gesamtreluktanz erreicht, die ein Kern, bestehend aus verschiedenen Werkstoffen, hat.

Effektive Permeabilität ist keine Werkstoffkonstante, da sie sich auf eine konkrete Form des Kerns, der aus gegebenen Werkstoffen

hergestellt wird, in der Regel mit einem Luftspalt, bezieht.  $\mu_e = \mu_i \cdot (1 + (G \cdot \mu_i \cdot l_e^{-1}))^{-1}$ , wo **G** der Luftspalt [  $\mu\text{m}$  ] und **l<sub>e</sub>** die mittlere Länge der magnetischen Kraftlinie [mm] ist.

## Komplexe Permeabilität $\hat{\mu}$

ist das Verhältnis zwischen den Phasoren Induktion und Magnetfeldintensität dividiert durch den Koeffizienten  $\mu_0$ .  $\hat{\mu} = \hat{B} \cdot \mu_0^{-1} \cdot \hat{H}^{-1}$ , wo  $\mu_0$  [H.m-1] die Permeabilität des Vakuums ist,  $\hat{B}$  [T] Phasor der magnetischen Induktion und  $\hat{H}$  [A.m-1] der Phasor der Magnetfeldintensität ist.

## Amplitudenpermeabilität $\mu_a$

ist das Verhältnis zwischen der Amplitude der magnetischen Induktion und der Magnetfeldintensität:  $\mu_a = B_a \cdot \mu_0^{-1} \cdot H_a^{-1}$ , wo  $\mu_0$  [H.m<sup>-1</sup>] Permeabilität des Vakuums ist, **B<sub>a</sub>** [T] Magnetfeldamplitude und **H<sub>a</sub>** [A.m<sup>-1</sup>] Amplitude der Magnetfeldintensität ist. Der Begriff Amplitudenpermeabilität wird bei den Kernen angewandt, die bei hohen Werten der magnetischer Induktion arbeiten.

## Koeffizient der Induktion **A<sub>L</sub>**

Koeffizient der Induktion **A<sub>L</sub>** [nH] ist die Induktion, die eine Spule von einer Windung von gegebener Form und Maß haben sollte, die im Kern in gegebener Position situiert ist. Koeffizient der Induktion dient zu einfacheren Berechnung der Induktion der Spule **L** [nH]. Die Induktivität des Kerns ist  $L = A_L \cdot N^2$  [nH ; nH], wo **N** Windungszahl und **L** Induktivität der Spule ist.

Den Wert **A<sub>L</sub>** kann man unter Verwendung der Kernkonstanten und effektiver Permeabilität nach folgender Formel bestimmen:

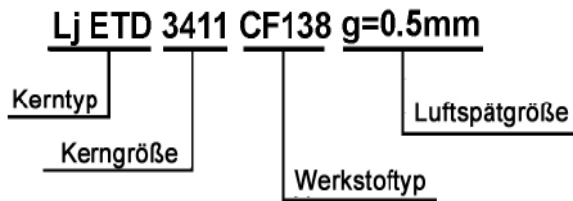
$$A_L = \frac{\mu_0 \mu_e \cdot 10^6}{\Sigma(I_e/A_e)} = \frac{1.257 \mu_e}{\Sigma(I_e/A_e)} \text{ [nH]}$$

wo  $\Sigma(I_e/A_e)$  die Konstante des Kerns ist [mm<sup>-1</sup>] ist.

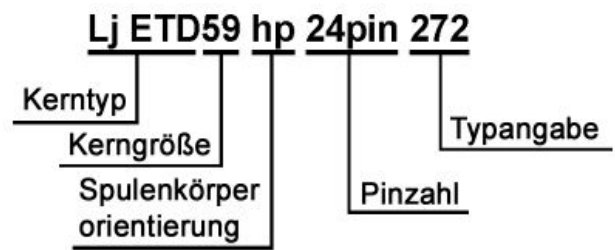


## Bestellcode für Spulenkörper und Kerne

### Kernbezeichnung



### Spulenkörperbezeichnung



Ohne Luftspalt-Bezeichnung = Kern ohne Spalt.  
Kerngröße = Breite (mm) x Höhe (mm)

h	horizontal
hp	horizontal mit Halteklemme
v	vertikal
vp	vertikal mit Halteklemme

Note: „&“ - RoHS compliant

## Übersicht der Materialeigenschaften

### Angewandte Abkürzungen

<b>A<sub>e</sub></b>	[mm <sup>2</sup> ]	effektiver Kerndurchmesser	Effective Cross-Sectional Area of core
<b>A<sub>L</sub></b>	[nH]	Koeffizient der Induktivität	Inductance Factor Inductance Per Turn
<b>A<sub>min</sub></b>	[mm <sup>2</sup> ]	Minimal Kerndurchmesser	Minimum Area of Cross Section
<b>B<sub>s</sub></b>	[mT]	Induktivität in Saturation	Saturation Flux Density
<b>B<sub>R</sub> (Brms)</b>	[mT]	Restinduktivität (H=1000A/m)	Residual Magnetic Flux Density
<b>d</b>	[kg/m <sup>3</sup> ]	Dichte Amplitudenpermeabilität	Apparent Density
<b>f</b>	[kHz]	Frequenz	Frequency
<b>g</b>	[mm]	Luftspalt	Airgap (cut)
<b>H<sub>c</sub></b>	[A/m]	koerzitive Kraft	Coercive Force (Oersteds)
<b>l<sub>e</sub></b>	[mm]	mittlere Länge der magn. Kraftlinie (f=10kHz, B≤0.1mT)	Effective Magnetic Path Length
<b>m</b>	[g]	Gewicht	Weight
<b>P<sub>c</sub></b>	[Kw/m <sup>3</sup> ]	Kernverluste	Core Power Loss Density
<b>P<sub>v</sub></b>	[Kw/m <sup>3</sup> ]	gemessener Leistungsverlust im Material	Specific Power Loss
<b>SPM</b>	[°C]	sec. max. Permeability	Secondary Permeability Maximum
<b>T<sub>c</sub></b>	[°C]	Curie-Punkt (B ≤ 0.1 mT)	Curie Temperature
<b>V<sub>e</sub></b>	[mm <sup>3</sup> ]	Efektiver Kernumfang	Effective Magnetic Volume of Core
<b>tan δ/μ</b>	[---]	spezifischer elektrischer Verlustfaktor (25°C)	Relative Loss Factor
<b>ρ</b>	[Ωm]	spezifischer elektrischer Widerstand	Specific Resistivity
<b>μ<sub>i</sub></b>	[---]	Anfangspermeabilität	Initial Permeability
<b>μ<sub>a</sub></b>	[---]	Amplitudenpermeabilität (f=10KHz, B≤0.1mT)	Amplitude Permeability

## Temperaturklassen

Temperaturklasse (IEC60085)	Maximale Temperatur [°C]
<b>Y</b>	<b>90</b>
<b>A</b>	<b>105</b>
<b>E</b>	<b>120</b>
<b>B</b>	<b>130</b>
<b>F</b>	<b>155</b>
<b>H</b>	<b>180</b>