

# **Ringkerne unter der Lupe**

**Mitteilungen aus dem Institut  
für Umwelttechnik  
Nonnweiler-Saar  
Dr. Schau  
DL3LH**

## Vorwort:

Für Ringkerne muss man sich begeistern. Allein die vielen herrlichen Farben zur Kennzeichnung sind ein Augenschmaus, wie damals bei den unglaublich vielen, herrlichen Farbvarianten der Sprengnieten im Flugzeugbau, II. Wk. Ringkerne haben natürlich einen viel ernsteren und wichtigeren, technischen Hintergrund und sind aus der HF-Technik nicht mehr weg zu denken. Sie werden dort als Symmetrierer (Balun) verwendet um ein asymmetrisches Signal (eine Leitung auf Masse) in zwei gegen Massepotential gleichgroße gegenphasige Wechselspannungen umgewandelt, wie bspw. bei Zweidraht-Leitungen oder symmetrischen Antennen. Balune oder allgemein Übertrager mit Ringkernen, werden auch als Impedanzwandler eingesetzt. In der Audio- und Datentechnik dienen Balune zur Potentialtrennung. Ringkerne werden in der Niederfrequenz- und Hochfrequenztechnik als Stromwandler /1/ eingesetzt um berührungsfrei Ströme messen zu können.

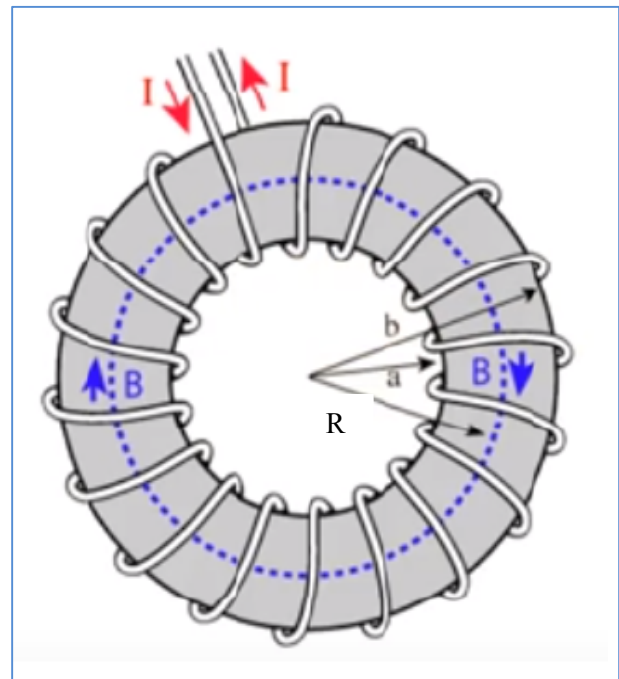
Digitalisignale werden in Computern immer unsymmetrisch erzeugt und verarbeitet. Die Übertragung der Signale zu anderen Computern erfolgt aber fast immer symmetrisch per Ethernet oder USB, weil bei symmetrischen Leitungen eine besonders große Störnempfindlichkeit besteht. Die enorme Bandbreite der Digital-Signale von Null bis zu einigen 100 MHz verbietet den Einsatz von Transformatoren, deshalb wird die Umwandlung durch schnelle elektronische Schaltungen vorgenommen. Diese aktiven Balune sollen hier nicht betrachtet werden.



**Bild 1.1:** Ringkerne in herrlichen Farben

### 1. Die Selbstinduktivität eines bewickelten Ringkern

Wird ein Ringkern bewickelt und fließt in der Wicklung ein Strom  $I$ , dann entsteht im Ringkern ein magnetisches Feld, das nach der „Rechte Hand“ Regel die Richtung nach Bild 2 annimmt. Diese Festlegung ist allerdings eine



**Bild 1.2:** Bewickelter Ringkern mit 18 Windungen!

reine Vereinbarung um die positive Richtung im Verbraucher-Zählsystem-System (VZS) fest zulegen.

### 1.1 Ringkern mit rundem Querschnitt

Bei einem Ringkern mit **rundem** Querschnitt berechnet sich die Induktivität zu

$$L = \mu N^2 [R - (R^2 - r^2)^{1/2}] - \mu RN [5/4 - \ln(p_m/r_o) + K] \quad \text{mit} \quad (Gl.1.1)$$

mit

**R** als mittlerer Radius des Ringkerns (Bild 1.2)

**r** als Radius des Toroid, (b-a) nach Bild 1.2

**p<sub>m</sub>** = 1/2 (p<sub>o</sub> + p<sub>i</sub>) als mittlerer Abstand der Drahtwicklung, außen und innen.

r<sub>o</sub> ist der Radius des Wickeldrahtes

$$\mu = \mu \mu_0 \quad \text{und} \quad \mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$$

N Anzahl der Windungen = gleich Zahl wie oft der Draht durch den Ringkern geführt wird.

Der Korrektur Faktor **K** ist eine Funktion der Anzahl der Windungen und der Tabelle 2.1 zu entnehmen

N	K
1	0
2	0,1137
5	0,2180
10	0,2664
50	0,3182
∞	0,3379

**Tab.2.1:**

Die magnetische Feldstärke im Kern ist

$$\mathbf{H}_{(r)} = N I / (2\pi R) \quad (Gl.1.2)$$

### 1.2 Ringkern mit rechteckigem Querschnitt

Bei einem Ringkern mit einem **rechteckigem** Querschnitt berechnet sich die Induktivität zu

$$L = (\mu h N^2) / (2\pi) \ln(b/a) - \mu (h-b-a) / \pi \cdot [5/4 - \ln(p_m/r_o) + K] \quad (Gl.1.3)$$

mit

**(b-a)** ist die Breite der Ringkernschulter

**h** ist die Höhe des Ringkerns

**p<sub>m</sub>** = 1/2 (p<sub>o</sub> + p<sub>i</sub>) als mittlerer Abstand der Drahtwicklung, außen und innen.

r<sub>o</sub> ist der Radius des Wickeldrahtes

$$\mu = \mu \mu_0 \quad \text{und} \quad \mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$$

N Anzahl der Windungen = gleich Zahl wie oft der Draht durch den Ringkern geführt wird!

Korrektur Faktor K nach Tab.2.1

Die Feldstärke im rechteckigen Ring ist

$$\mathbf{H}(\mathbf{r}) = N I / [(\pi (a + b))] \quad (Gl.1.4)$$

### 2. Die Gegeninduktivität M

Wird auf dem Ringkern eine zweite Wicklung aufgebracht ist die Gegeninduktivität M von Interesse.

Die magnetische Kopplung zwischen beiden Wicklungen wird durch den Koppelfaktor beschrieben. Dieser Koppelfaktor ist bei zwei galvanisch getrennten Wicklungen definiert als

$$k = M / (L_1 \cdot L_2)^{1/2}. \quad (Gl.2.1)$$

Die Gegeninduktivität für einen Ringkern mit rundem Querschnitt berechnet sich zu (Gl.1.1)

$$M = \mu N_1 N_2 [R - (R^2 - r^2)^{1/2}] \quad (Gl.2.2)$$

$$\text{für } R \gg r \text{ gilt } M = 1/2 \mu N_1 N_2 (r/R)^2 \quad (Gl.2.3)$$

### 3. Die Geometrie des Ringkerns

Für die weiteren Berechnungen benötigen wir die Mantelfläche M und das Volumen V. Beide berechnen sich sehr einfach mit der „Guldinschen“ Regel, ohne komplizierte Integrale lösen zu müssen.

1. Regel: Die **Mantelfläche** eines Rotationskörpers ist gleich dem Produkt aus der Länge des auf einer Seite der Drehachse liegenden erzeugenden Kurvenstücks und der Länge des Weges, den der Schwerpunkt des erzeugenden Kurvenstücks bei einer vollen Drehung um die Rotationsachse zurücklegt.

2. Regel: Das **Volumen** eines Rotationskörpers ist gleich dem Produkt aus dem Inhalt der auf einer Seite der Drehachse liegenden erzeugenden Fläche und der Länge des Weges, den der Flächenschwerpunkt bei einer vollen Drehung um die Rotationsachse zurücklegt.

Der Weg des Schwerpunktes ist mit dem mittleren Radius R,  $S = 2\pi R$ . (Umfang)

Beim Ringkern mit rechteckigen Querschnitt ist die Fläche  $A = (b-a) h$  und daraus das Volumen

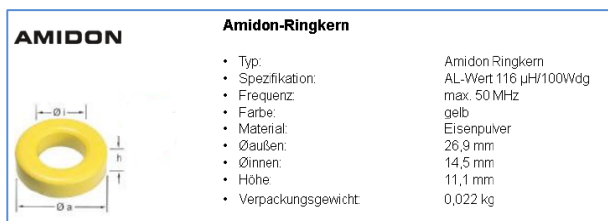
$$V = S * (b - a) h = 2\pi R (b - a) h. \quad (Gl.3.1)$$

Der Umfang des Mantels des rechteckigen Ringkerns ist  $U = 2h + 2(b-a)$  und die Oberfläche daher

$$O = S * U = 2\pi R * 2(h + b - a) \quad (Gl.3.2)$$

### 4. Der AL-Wert

Die (Gl.1.1) und (Gl.1.3) sind bei der Berechnung sehr umständlich zu handhaben. Deshalb geben die Hersteller von Ringkernen, wie die



**Bild 3.1.** Amidon Kern mit Daten

Firmen Amidon, Ferroxcube, Ferrinox (Thomson Composants), SiFerrit (Siemens), TDK, Philips u.a. für die diversen Ringkerntypen einen AL-Wert an. Dieser Wert gibt die Induktivität für eine

bestimmte Anzahl von Windungen zum Quadrat an. Ist der AL- Wert bekannt, kann die Induktivität durch einfache Multiplikation mit dem Quadrat der aufgebrachtten Windungen berechnet werden.

#### Beispiel 3.1

In dem in Bild 3.1 aufgeführten Amidon Ringkern wird ein AL-Wert von 116 µH/100 Windungen zum Quadrat angegeben. Wir bewickeln den Ringkern mit 30 Windungen und errechnen den Wert der Induktivität zu  $L = [116 \mu\text{H} / (100^2)] * 30^2 = 10,44 \mu\text{H}$ . Das ist sicherlich eine einfachere Rechnung als die (Gl.1.1) und (Gl.1.3) durch die mathematische Mühle zu drehen.

Der Ringkern ist ein Eisenpulverkern T 106 – 6 mit der Farbe Gelb, der für einen Frequenzbereich von 2 – 50 MHz angegeben ist. Die maximale Induktion ist mit  $B_{\text{max}} = 7,93 \text{ mT}$  bei einem  $\mu_i = 8$ , von Amidon angegeben.

Wir nehmen als Beispiel einen Phasenumkehrtrafo (PUT) mit Verlusten, der am Senderausgang betrieben wird. Die Quadrate der beiden Ströme berechnen sich zu  $I_1^2 = 1,98 \text{ A}^2$  und  $I_2^2 = 0,5 \text{ A}^2 / 3$  und bei  $Q_L = 50$  sind die ohmschen Verlustleistungen im Dauerbetrieb rund 7 Watt, die den Kern aufheizen und als Wärme abgeführt werden müssen.

Bei  $P_{\text{in}} = 100 \text{ Watt}$  an  $50 \Omega$  ist bei  $S=1$  der Eingangsstrom folglich  $I_{\text{eff}} = 1,41 \text{ A}$ . Der durch die beiden Ströme im Kern verursachte magn. Fluss  $\Phi$  ist gegenläufig, sie subtrahieren sich. Wir rechnen, um auf der sicheren Seite zu sein, mit rund  $I = 1 \text{ A}$ . Mit dem Außendurchmesser  $D_a = 26,9 \text{ mm}$  und  $D_i = 14,5 \text{ mm}$  berechnet sich bei einem angenommenen Strom von  $I_{\text{eff}} = 1 \text{ A}$  die magnetische Feldstärke nach (Gl.1.3) im Kern zu  $H = 0,230 \text{ A/mm}$ . Die magnetische Induktion ist dann  $B_{\text{eff}} = \mu_0 \mu_i H = 4 \pi 10^{-7} \text{ Vs/Am} * 8 * 0,230 \text{ A/mm} = 2,31 \text{ mT}$  und der Spitzenwert  $3,26 \text{ mT}$ .

Für den Aufbau des Magnetfeldes ist der **Mittelwert** maßgebend, nicht der Effektivwert. Bei sinusförmigen Stromverlauf ist der Mittelwert 63,7 % vom Spitzenwert und liegt damit unterhalb der maximalen Induktion  $B_{\text{max}} = 7,93 \text{ mT}$ . Der Ringkern ist daher für diese Anwendung direkt am Senderausgang geeignet.

Der maßgebliche Strom I berechnet sich je nach Anwendung, ob ein 1:1, 1:4, 1:6 oder 1:9 Balun oder ein Phasenumkehrtrafo Anwendung findet und wo der Balun angeordnet ist, direkt am Senderausgang oder am Fußpunkt der Hühnerleiter.

## 4. Daten der T-Ringkerne der Firma Amidon

Kerngröße	Materialkennung											
	0	1	2	3	6	7	10	12	15	17	18	26
T-12	0,3	4,3	2,0	6,0	1,7	–	1,2	0,75	5,0	0,75	–	–
T-16	0,3	4,4	2,2	6,1	1,9	–	1,3	0,80	5,5	0,80	–	14,5
T-20	0,35	5,2	2,7	9,0	2,2	–	1,6	1,00	6,5	1,00	–	18,0
T-25	0,45	7,0	3,4	10,0	2,7	2,9	1,9	1,20	8,5	1,20	17	23,5
T-30	0,60	8,5	4,3	14,0	3,6	–	2,5	1,60	9,3	1,60	22	32,5
T-37	0,49	8,0	4,0	12,0	3,0	3,2	2,5	1,50	9,0	1,50	–	27,5
T-44	0,65	10,5	5,2	18,0	4,2	–	3,3	1,85	16,0	1,85	–	36,0
T-50	0,64	10,0	4,9	17,5	4,0	4,3	3,1	1,80	13,5	1,80	24	32,0
T-68	0,75	11,5	5,7	19,5	4,7	5,2	3,2	2,10	18,0	2,10	29	42,0
T-80	0,85	11,5	5,5	18,0	4,5	–	3,2	2,20	17,0	3,20	31	45,0
T-94	1,06	16,0	8,4	24,8	7,0	–	5,8	3,20	20,0	3,20	42	59,0
T-106	1,90	32,5	13,5	45,0	11,6	–	–	–	34,5	–	70	90,0
T-130	1,50	20,0	11,0	35,0	9,6	–	–	–	25,0	–	–	78,5
T-157	–	32,0	14,0	42,0	11,5	–	–	–	36,0	–	–	97,0
T-184	–	50,0	24,0	72,0	19,5	–	–	–	–	–	–	164,0
T-200	–	25,0	12,0	42,5	10,0	–	–	–	–	–	–	89,5
T-200A	–	–	21,8	46,0	18,0	–	–	–	–	–	–	152,5
T-225	–	–	12,0	42,5	10,0	–	–	–	–	–	–	95,0
T-225A	–	–	21,5	–	–	–	–	–	–	–	–	160,0
T-300	–	–	11,4	–	–	–	–	–	–	–	–	80,0
T-300A	–	–	22,8	–	–	–	–	–	–	–	–	160,0
T-400	–	–	18,0	–	–	–	–	–	–	–	–	130,0
T-400A	–	–	36,0	–	–	–	–	–	–	–	–	260,0
T-520	–	–	20,7	–	–	–	–	–	–	–	–	146,0

Anmerkung: Ist ein Induktivitätsindex in der Tabelle nicht verfügbar, so wird die entsprechende Kerngröße nicht aus diesem Material hergestellt.













Kernabmessungen							Bauteilbezeichnung
Kerngröße	$D_a$ [mm]	$D_i$ [mm]	$h$ [mm]	$D_a$ ["]	$D_i$ ["]	$h$ ["]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beispiel: T-37-10</li> <li>• T → Abkürzung für Ringkern (engl.: Toroid)</li> <li>• 37 → Kerngröße ist der Außendurchmesser in Vielfachen von 0,01 Zoll, dem gegebenenfalls ein Zusatzbuchstabe folgt</li> <li>• 10 → Materialkennung</li> </ul>
T-12	3,2	1,6	1,3	0,125	0,062	0,050	
T-16	4,1	2,0	1,5	0,160	0,078	0,060	
T-20	5,1	2,2	1,8	0,200	0,088	0,070	
T-25	6,5	3,0	2,4	0,255	0,120	0,096	
T-30	7,8	3,8	3,3	0,307	0,151	0,128	
T-37	9,5	5,2	3,3	0,375	0,205	0,128	
T-44	11,2	5,8	4,0	0,440	0,229	0,159	
T-50	12,7	7,7	4,8	0,500	0,303	0,190	
T-68	17,5	9,4	4,8	0,690	0,370	0,190	
T-80	20,2	12,6	6,4	0,795	0,495	0,250	
T-94	23,9	14,2	7,9	0,942	0,560	0,312	
T-106	26,9	14,5	11,1	1,060	0,570	0,437	
T-130	33,0	19,8	11,1	1,300	0,780	0,437	
T-157	39,9	24,1	14,5	1,570	0,950	0,570	
T-184	46,7	24,1	18,0	1,840	0,950	0,710	
T-200	50,8	31,8	14,0	2,000	1,250	0,550	
T-200A	50,8	31,8	25,4	2,000	1,250	1,000	
T-225	57,2	35,7	14,0	2,250	1,405	0,550	
T-225A	57,2	35,7	25,4	2,250	1,485	1,000	
T-300	76,2	48,9	12,7	3,048	1,925	0,500	
T-300A	76,2	48,9	25,4	3,048	1,925	1,000	
T-400	101,6	57,2	16,5	4,000	2,250	0,650	
T-400A	101,6	57,2	33,0	4,000	2,250	1,300	
T-520	132,1	78,2	20,3	5,200	3,080	0,800	

**Physikalische Dimensionen**

**Bild:** Ringkern mit 11 Windungen  
 $D_a$  = Außendurchmesser  
 $D_i$  = Innendurchmesser  
 $h$  = Höhe/Dicke

Anmerkung: Durch die Dicke des Farbüberzugs sind die wirklichen Kernabmessungen etwas größer als die eines Ringkerns ohne diese Farbkennzeichnung.

Bild 4.1/Bild 4.2 Daten der T-Ringkerne, Firma Amidon, Quelle „Funkamateu“

Materialabhängige Eigenschaften				
Material- kennung	Kernfarbe	nutzbarer Frequenzbereich [MHz]	Anfangs- permeabilität $\mu_i$	Bemerkung
0	 braun	100...300	1	Induktivität variiert stark mit Wickeltechnik
1	 blau	0,5...5	20	äquivalent zu Material 3, jedoch bessere Parameterstabilität
2	 rot	2...30	10	hohe Güte
3	 grau	0,05...0,5	35	hohe Parameterstabilität und Güte bei niedrigen Frequenzen
6	 gelb	10...50	8	sehr hohe Güte und Temperaturstabilität <sup>1</sup>
7	 weiß	3...35	9	äquivalent zu Materialien 2/6, bessere Temperaturstabilität
10	 schwarz	30...100	6	hohe Güte und Parameterstabilität zwischen 40 und 100 MHz
12	 grün/weiß	50...200	4	hohe Güte, mittlere Temperaturstabilität
15	 rot/weiß	0,1...2	25	hohe Parameterstabilität, hohe Güte
17	 blau/gelb	20...200	4	äquivalent zu Material 12, bessere Temperaturstabilität <sup>2</sup>
18	 rot/grün	0...0,5	55	Gleichstromdrosseln, Leistungsdrosseln <sup>3</sup>
26	 gelb/weiß	0...1	75	Netzdrosseln, Gleichstromdrosseln, Drosseln <sup>4</sup>

<sup>1</sup> zwischen 20 und 50 MHz  
<sup>2</sup> Güte sinkt um 10 % oberhalb 50 MHz und 20 % oberhalb 100 MHz  
<sup>3</sup> bei Frequenzen über 50 kHz  
<sup>4</sup> bis Frequenzen von 50 kHz

**Bild 4.3:** zeigt die Farbkodierung und die zugeordneten Anwendungen, Quelle Funkamateurliteratur, Zeitschrift

[wa-schau@t-online.de](mailto:wa-schau@t-online.de)  
[dl3lh@gmx.de](mailto:dl3lh@gmx.de)  
[www.heide-holst.de](http://www.heide-holst.de)

## Literatur

- /1/ Stromkompensierte Drosseln, DL3LH
- /2/ PUT direkt am Senderausgang, DL3LH
- /3/ Balune für Kurzwellen, Teil 1 – Teil III, DL3LH,
- /4/ Firmenunterlagen: Amidon, Ferroxcube, Ferrinox (Thomson Composants), SiFerrit (Siemens), TDK, Philips
- /5/ Ringkern Rechner von Wilfried Burmeister, DL5SWB7/sk, zu finden im Netz

Diese Informationen sind der Seite [http://w8ji.com/core\\_selection.htm](http://w8ji.com/core_selection.htm) entnommen, auf der man viele Information zu Kernen und deren Auswahl findet

## Kernausswahl für Balun und HF-Transformator

### Die Auswahl des Kernmaterials

Die richtige Kernausswahl muss gut überlegt werden. Für QRP-Anwendungen im Kurzwellenbereich ist das Material 73 eine gute Lösung. Dieses Material führt zu kleinen Windungszahlen, kleinen Induktivitäten und somit geringen Verlusten. Eines der besten Anzeichen für eine gute Kernausswahl ist die Windungszahl. Je nach Anwendung des Balun gibt es eine optimale Induktivität, die berechnet werden kann.

Leistungsanwendungen im Kurzwellenbereich verlangen oft Kerne mit niedrigerer Permeabilität.

Das hat folgende Gründe:

- Kerne mit niedriger Permeabilität haben eine höhere Curie-Temperatur. Sie verlieren also auch bei höheren Betriebstemperaturen nicht ihre magnetischen Eigenschaften.
- Kerne mit niedrigerer Permeabilität haben bei einer festen Frequenz geringere Verluste. Das senkt die Verlustleistung, eine wichtige Eigenschaft im Leistungsbereich.

Die Permeabilität ist leider frequenzabhängig. Mit steigender Frequenz erreicht die Permeabilität irgendwann ein Maximum, um dann abzufallen. Für Breitbandtransformatoren kann diese Eigenschaft vorteilhaft genutzt werden. Man sollte aber den Bereich des ganz steilen Abfalls der Permeabilität vermeiden. Wenn Die Permeabilität bei niedrigen Frequenzen zu hoch ist, kann der Impedanzabfall mit der Frequenz im Arbeitsbereich zu recht niedrigen Impedanzen und kleinen Bandbreiten führen. Hohe Windungszahlen zwingen zu dünneren Drähten, beeinträchtigt die Temperaturstabilität und führen zu unnötig hohen Streukapazitäten. Letztere beeinträchtigen wieder die Bandbreite. Kerne sollten nicht nur nach ihrer Anfangspermeabilität ausgewählt werden, denn dieser Wert wird mit Gleichstrom bestimmt. Wichtig sind die Eigenschaften bei der Betriebsfrequenz. Grundsätzlich führen kürzere Drahtlängen zu größeren Bandbreiten. Dabei ist wichtig, möglichst viel Draht in den Kern hinein zu bringen und möglichst wenig außen herum zu führen.

### Erwärmung

Höhere Leistungsklassen fordern geringere Kernverluste und Materialien mit höherer Curie-Temperatur wie Materialien Nr. 65, 61 oder sogar 43. Auch Bruchteile von dB Leistungsverlust können kleine Kerne stark aufheizen, wenn 1 kW Leistung über den Ringkern geht. Bei nicht resonanten Schaltungen mag der Verlustunterschied zwischen Ferritmaterialien mit niedriger oder hoher Permeabilität nicht sehr groß sein, aber die Erwärmung kann sich stark unterscheiden! Die Erwärmung wird oft den Verlusten zugeschrieben oder das der Kern in Sättigung geht. Das ist aber oftmals nicht so, denn zum gesamten Verhalten des Kerns gehören die benutzte Leistung, das Taktverhältnis und überhaupt die Möglichkeit des Kerns, die Verlustleistung loszuwerden. Sehr kleine Kerne, etwa solche mit 1,27 cm Durchmesser, werden oft als Mantelwellensperre auf Kabel aufgefädelt. Sie können nur Bruchteile von Watt an die Luft abgeben. Dann hilft, sich vorzustellen, wie warm eine 25-W-Glühlampe im Betrieb wird. Der Kern leitet die Wärme schlecht und oft wird er noch so eingepackt, dass um ihn herum keinerlei Luftaustausch stattfinden kann. Bei Mantelwellensperre werden die Kerne häufig mit Schrumpfschlauch befestigt. 20 W Verlustleistung bedeuten bei 1,5 kW nur eine Dämpfung von 0,05 dB, trotzdem werden die Kerne überhitzt! Fast immer geht es hier um Wärme Probleme, nicht um zu hohe Kernverluste. Um Kerne in die Sättigung zu treiben und sie dadurch zu überlasten muss man sie mit sehr geringen Tastgraden und sehr hohen Leistungen beaufschlagen. Bei der Kernausswahl sollte man sich also in erster Linie um die Verlustleistung und die Windungszahl kümmern, nicht um die Verluste.

### Bauform des Kerns

Weicheisen-Kerne erhöhen die Induktivität, weil sie die magnetische Flussdichte in der Nähe des Leiters erhöhen. Mit geringer Flusskonzentration gehen auch geringe Induktivitäts- und Impedanz erhöhungen einher. Nur starke Flusskonzentrationen führen auch zu kräftigen Impedanz erhöhungen. Der Bereich außerhalb der Kernöffnung bewirkt keinen geschlossenen magnetischen Pfad. Hier hat die Nähe des Kerns keinen wesentlichen Effekt auf die Induktivität des Leiters. Der magnetische Fluss dieser Leiterteile verläuft weitgehend durch Luft, wo er nicht konzentriert wird und folglich nicht viel zur nutzbaren Induktivität beiträgt. Im Gegenteil: Diese Windungsteile tragen viel zu Streufeldern und Streukapazitäten bei. Wenn wir also dafür sorgen, dass ein möglichst großer Teil des Leiters innerhalb des Kerns bleibt, führt das zu einer wirkungsvolleren Induktivität oder einem besseren Transformator. Dieser Effekt lässt sich leicht mit einem kleinen Experiment beweisen, dass man beispielsweise mit einem Antennenanalysator durchführen kann: Verbinden wir die Anschlüsse des Analysators mit einem Stück Draht und messen die Impedanz. Dann beobachten wir die Impedanz, während wir einen Kern von außen an den Draht annähern. Die Induktivität erhöht sich nur minimal. Wenn wir jetzt aber den Draht durch den Kern fädeln, erhöht sich die Impedanz deutlich.

### Kernabmessungen

Der Kern konzentriert den magnetischen Fluss auf die Umgebung des Leiters. Je weiter das Weicheisen vom Leiter entfernt ist, umso geringer ist sein Einfluss.

- Wenn wir einen Kern auf einen Draht fädeln, so ist die dadurch erzielte Impedanz Erhöhung praktisch proportional zur Länge der Kernbohrung.
- Die Dicke des Kernmaterials dagegen hat dagegen nur wenig Einfluss auf die Impedanz.

Also erhöht die Kernlänge parallel zum Leiter die Impedanz proportional, während mehr Kernmaterial radial um den Leiter längst keinen so starken Einfluss hat. Persönlich bevorzuge ich für Kleinleistung Doppellockkerne und nebeneinander liegende Stapel von Ringkernen für breitbandige Leistungsanwendungen. So hängt wenig Draht "außen" herum, die Drahtlänge wird minimal und auch die Streukapazitäten und -induktivitäten bleiben niedrig. Gegenüber einem Ringkern oder einfachem Ringkernstapel kann man so oft ein Drittel des Drahtes einsparen!

### Phasenumkehrung und Mantelwellendrosseln

Einige Konstruktionen benutzen Transformatoren mit Phasenumkehr. Solche Transformatoren unterscheiden sich vom Aufbau her nicht von Mantelwellendrosseln. Für Empfängeranwendungen verwende ich Doppellockkerne aus dem Material 73 und 6 Windungen 0,5-mm-Kupferlackdraht. Als Kern benutze ich Doppellockkerne von Fair Rite Products Bestellnummer 2873000202. Die sind etwa 12x12 mm und 7,5 mm dick.





This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.