

## Kundenspezifische Ferritkernformen ... was man beachten sollte, bevor man ein neues Design einführt

Ferrite sind weichmagnetische, keramische Werkstoffe, die aufgrund ihrer Struktur geringere Permeabilitäten (magnetische Leitfähigkeit) und Sättigungsflussdichten aufweisen als metallische Magnetwerkstoffe. Ihr besonderer Vorteil gegenüber diesen Werkstoffen liegt jedoch in ihrem deutlich höheren spezifischen Widerstand, der ihren Einsatz bis in hohe Frequenzen (einige Kilohertz bis > 100 Megahertz) ermöglicht.

Kaschke produziert zwei Gruppen von Ferritmaterialien:

- Mangan-Zink-Ferrit
- Nickel-Zink-Ferrit

mit insgesamt ca. 25 verschiedenen Werkstoffen.

Die beiden Gruppen unterscheiden sich wesentlich in ihren Eigenschaften:

*Mangan-Zink-Ferrite* haben einen spezifischen Widerstand von 0,05 ... 20  $\Omega\text{m}$ , was zu höheren Permeabilitäten ( $\mu_i$  bis ca. 20.000) und höheren Sättigungsflussdichten (bis ca. 550 mT) bei Einsatzfrequenzen bis zu einigen Megahertz führt.

*Nickel-Zink-Ferrite* verfügen über einen deutlich höheren spezifischen Widerstand zwischen  $10^4$  ...  $10^8 \Omega\text{m}$ , weisen dadurch aber niedrigere Permeabilitäten ( $\mu_i$  bis 1.800) und Sättigungsflussdichten (< 400 mT) auf. Dies wiederum ermöglicht Einsatzfrequenzen von weit über 100 MHz.

### Herstellung:

Die Herstellung der Ferrite erfolgt durch einen typisch keramischen Prozess: Rohoxide, Dotierungen und Hilfsstoffe werden gemischt, gemahlen, kalziniert und anschließend granuliert.

Das so erzeugte Pulver wird entweder in Trockenpresstechnik oder in Strangpresstechnik in die gewünschte Geometrie gebracht und anschließend in einem temperatur- und atmosphäregeregelten Ofen bei Temperaturen zwischen 1200 und 1400°C und unter geregelter Atmosphäre gesintert.

Während des Sinterprozesses findet eine Umwandlung der Kristallstruktur in eine (dichte) Spinellstruktur statt, die mit einer Schrumpfung des „Grünlings“ (Rohkerns) um ca. **40 Volumen%** (entspricht ca. **16 – 20% lineare Schrumpfung**) einhergeht. Zur Auslegung neuer Presswerkzeuge muss diese Schrumpfung genau bekannt sein, um den gesinterten Kern in den gewünschten Endmaßen herstellen zu können. Ohne Nachbearbeitung muss mit einer **Toleranz von  $\pm 2\%$**  der jeweiligen Länge (Richtwert) ausgegangen werden.

### Elektrische Eigenschaften:

Da die elektrischen Eigenschaften der Ferrite von ihrer Kristallstruktur und der „richtigen“ Besetzung der Gitterplätze sowie weiteren Faktoren abhängen, muss auch hier mit einer größeren Toleranz gerechnet werden. An Standard Ringkernen, wie z.B.: R 30/18/10 - wird die Permeabilität i.a. mit  **$\pm 25\%$**  toleriert, bei hoch- und höchstpermeablen Materialien mit einem  $\mu_i > 6000$ , sogar mit  **$\pm 30\%$** .

Spannungen, die durch das direkte Bewickeln des Kerns mit Kupferdraht, oder nach einem Vergußprozess auftreten, können die Permeabilität um bis zu **50%** reduzieren. Darum sollte zum Vergießen von Ferritkernen ein möglichst elastisches Material gewählt werden.

Die elektrischen Toleranzen bei zweigeteilten (magnetisch gescherten) Kernformen, wie z.B. bei E-Kernen mit Luftspalt, verringern sich mit dem Grad der Scherung (siehe Kaschke Produktkatalog). Je größer der Luftspalt, desto stärker ist auch der Effekt.



**Mechanische Bearbeitung:**

Eine mechanische Nachbearbeitung ist bei Ferriten in gewissem Umfang möglich: Kerne können geschliffen oder geschnitten werden, eine Beschichtung mit einem elektrisch isolierenden Material (wie z.B. Epoxidlack) oder ein Zusammenfügen zu größeren Kernformen durch Kleben ist möglich.

Wird die Kontaktfläche eines Kernpaares geschliffen, so bleibt immer ein Restluftspalt übrig (abhängig von der Schleifgüte), der zu einer magnetischen Scherung und damit zu einer Reduzierung der effektiven Permeabilität führt. In extremen Fällen (kleine Kerne, hohe Permeabilität) kann bereits ein Restluftspalt von 1 µm einen Abfall der Permeabilität bis zu 50% bewirken. Um das zu vermeiden, kann ein Polieren der Kontaktflächen notwendig sein.

Bei der Verarbeitung von Ferritkernen ist ebenfalls darauf zu achten, dass keine mechanischen oder thermischen Schocks ausgeübt werden. Keramiken sind spröde und haben einen hohen Elastizitätsmodul, so dass Schocks sowie Druck- und Zugbelastungen Risse initiieren oder verlängern können, bis schließlich Kernbruch auftritt.

**Materialdaten:**

Materialdaten, die an definierten Ringkernen bestimmt wurden, können nicht ohne weiteres auf andere Ferritkern-Geometrien übertragen werden. Hierzu müssen konkrete Daten vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden.

Zur Beurteilung der Machbarkeit eines neuen Kerndesigns ist es i.d.R. notwendig, dass vorab ein Versuchswerkzeug erstellt und eine Musterfertigung durchgeführt wird. Spezifikationen, die vorher erstellt werden (z.B. auf Kundenwunsch oder zum Abgleich mechanischer Parameter) sind damit immer nur vorläufig. Erst nach Bestätigung der Machbarkeit kann eine finale Spezifikation erstellt werden.

