



Doctoral Thesis

## Ferrite als magnetostruktive Resonatoren und deren Anwendung als Elemente elektrischer Filter

**Author(s):**

Diethelm, Carl Werner

**Publication Date:**

1951

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000090306> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**Ferrite als magnetostruktive Resonatoren  
und deren Anwendung  
als Elemente elektrischer Filter**

Von der  
Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich  
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Technischen Wissenschaften  
genehmigte  
Promotionsarbeit

Vorgelegt von  
**Carl Werner Diethelm**  
von Erlen und Weinfeldern (Kt. Thurgau)

Referent: Herr Prof. E. Baumann  
Korreferent: Herr Prof. H. Weber

# Ferrite als magnetostruktive Resonatoren und deren Anwendung als Elemente elektrischer Filter

Von Carl W. Diethelm, Zürich

538.652

**Zusammenfassung.** MgZn-, CoZn- und NiZn-Mischferrite werden zunächst auf ihre magnetischen Eigenschaften im allgemeinen untersucht. Die verschiedenen zur Herstellung dieser Ferrite angewandten Verfahren werden beschrieben und diskutiert. Auf Grund dynamischer Magnetostruktionsmessungen wird sodann die Eignung von Ferritstäben als magnetostruktive Resonatoren geprüft. Man findet, dass sich NiZn-Ferrite mit Zn-Ferritgehalten von 0 bis etwa 40% zu kräftigen Schwingungen anregen lassen, da sie einen grossen Magnetostruktionsseffekt mit verhältnismässig hoher Permeabilität verbinden. Dank ihrer geringen elektrischen Leitfähigkeit treten in den Stäben auch bei hohen Frequenzen praktisch keine Wirbelströme auf. Der Gütefaktor der Antriebsspule kann daher 100 und mehr erreichen, was bei Verwendung metallischer Stäbe ausgeschlossen wäre. Der Gütefaktor der Stäbe selbst liegt zwischen 1000 und 3000. Solche Resonatoren lassen sich, ähnlich wie piezoelektrische Kristalle, als Elemente elektrischer Filter verwenden. Als Anwendungsbeispiele wurden zwei einfache Brückenfilter mit einem Durchlassbereich von 4 kHz bei 40 bzw. 80 kHz gebaut und untersucht. Die den Resonatoren entsprechenden elektrischen Impedanzen sind wegen der magnetischen und der magneto-elastischen Hysterese stromabhängig. Die Filter arbeiten deshalb nur bei entsprechend kleinen Eingangsspannungen einwandfrei. Die Grössenordnung der im Durchlassbereich übertragbaren Leistung ist etwa 1 mW.

## Einleitung

Als Ferrite bezeichnet man binäre Oxyde von der allgemeinen Formel  $MO \cdot Fe_2O_3$ , wobei M ein zweiwertiges Metall bedeutet. Viele dieser Verbindungen sind ferromagnetisch. Zu ihnen gehört der Magnetit oder Ferroferrit ( $Fe_3O_4 = FeO \cdot Fe_2O_3$ ), der als einziger Ferrit in der Natur vorkommt. Es scheint naheliegend, diese Halbleiter als Kernmaterial für Hochfrequenzspulen zu benützen, da ihr hoher spezifischer Widerstand ( $10^{-2}$  Ohm cm, bei Magnetit bis  $10^8$  Ohm cm) das Problem der Wirbelstromverluste ganz in den Hintergrund treten lässt. Hilpert<sup>1)</sup>\*) ist erstmals auf diesen Gedanken gekommen und hat bereits 1909 diesbezügliche Patente angemeldet. Erst in neuerer Zeit

**Résumé.** L'auteur examine tout d'abord, d'une manière générale, les propriétés magnétiques des ferrites mixtes de MgZn, CoZn et NiZn. Il décrit et discute les divers procédés utilisés pour la préparation de ces ferrites. Pour déterminer si des bâtons de ferrite conviennent comme résonateurs magnétostrictifs, on les soumet à des mesures dynamiques de magnétostriction. On trouve que les ferrites de NiZn contenant de 0 à 40% environ de ferrite de Zn peuvent engendrer de fortes vibrations, car leur grand effet magnétostrictif s'allie à une perméabilité relativement élevée. Même avec les hautes fréquences, il ne se produit pratiquement aucun courant de Foucault dans les bâtons, grâce à leur faible conductibilité électrique. Le coefficient de qualité de la bobine d'entraînement peut donc atteindre 100 ou davantage, ce qui serait exclu si l'on employait des vibreurs métalliques. Quant aux bâtons mêmes, ils ont un coefficient de qualité allant de 1000 à 3000. Les résonateurs de ce genre peuvent être utilisés comme éléments de filtres électriques de la même manière que les cristaux piézoélectriques. Comme modèle d'expérimentation, on a construit et étudié deux simples filtres en pont ayant une bande passante de 4 à 40, respectivement 80 kHz. A cause de l'hystérésis magnétique et magnétoélastique, les impédances électriques correspondant aux résonateurs dépendent du courant. C'est pourquoi les filtres ne travaillent à la perfection qu'avec de faibles tensions à l'entrée. La puissance transmise dans la bande passante est d'environ 1 mW.

ist es jedoch gelungen, Ferrite herzustellen, deren magnetische Eigenschaften den Bedürfnissen der Fernmeldetechnik genügen. Dieser Erfolg ist den Arbeiten zu danken, die Snoek<sup>2) 3)</sup> und seine Mitarbeiter 1933 in den Philips-Laboratorien begonnen und während der Kriegsjahre weiter betrieben haben. Damit ist der Anfang zur systematischen Untersuchung der ferromagnetischen Nichtmetalle gemacht worden, die bis dahin noch keine eingehendere Behandlung erfahren haben.

Unsere eigenen Untersuchungen sind von folgendem Problem ausgegangen: Die Verwirklichung hochselektiver elektrischer Filter, wie sie in der modernen Fernmeldetechnik benötigt werden, setzt nahezu verlustlose Schaltelemente voraus. Dies hat in stei-

\*) Siehe das Literaturverzeichnis am Schluss.