

I Grundlagen

Magnetismus

1 Grundlagen induktiver Bauelemente

Das Basiswissen der Induktivitäten bilden der Magnetismus und einige Grundgesetze des elektromagnetischen Feldes. Damit lässt sich das grundlegende Wissen um Induktivitäten und Ferrite anschaulich herleiten.

Aus dem Physikunterricht sind sicherlich die wichtigsten Phänomene und Gesetze haften geblieben.

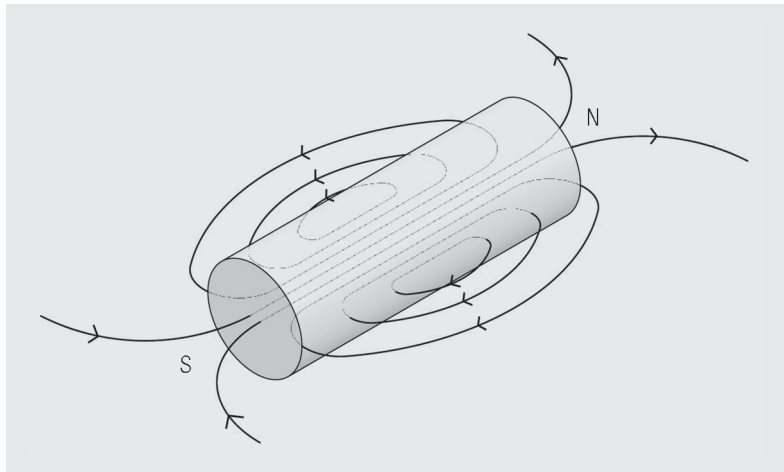


Abb. 1.1: Verlauf der magnetischen Feldlinien eines Stabmagneten

- Jeder Magnet besitzt einen Nordpol und einen Südpol. (Die Erde ist ein riesiger Magnet!)
- Zerteilt man einen bestehenden Magneten, entsteht ein neuer. Der entstandene Magnet besitzt wiederum einen Nord- und einen Südpol. Diese Teilung kann bis hinab auf die Atom- oder Molekülebene erfolgen, ohne dass der Magneteffekt verloren geht.
- Jeden Magneten umgibt ein magnetisches Feld. Dargestellt wird dies durch das Feldlinienmodell wie in Abbildung 1.1 dargestellt
- Magnetische Feldlinien sind geschlossene Kreise, haben weder einen Anfang noch ein Ende.
- Es gibt magnetisierbare Stoffe (z.B. Eisen) und nicht magnetisierbare Stoffe (z.B. Aluminium)

Ferromagnetische Stoffe

Die weiteren Betrachtungen gelten für magnetisierbare Stoffe, die ferromagnetischen Stoffe.

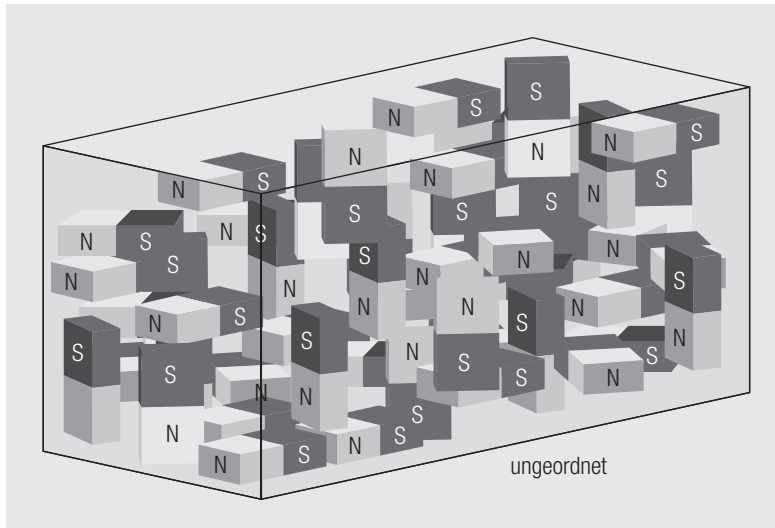


Abb. 1.2: Schematische Darstellung der Elementarmagnete im unmagnetisierten (ungeordneten) Zustand

Jeder ferromagnetische Stoff besitzt eine endliche Anzahl von kleinsten Elementarmagneten, die im unmagnetisierten Zustand wahllos angeordnet sind. Somit ist nach außen hin die Summe der Magnetwirkung gleich Null (Abbildung 1.2). Unter Einwirkung eines externen Magnetfeldes richten sich diese aus.

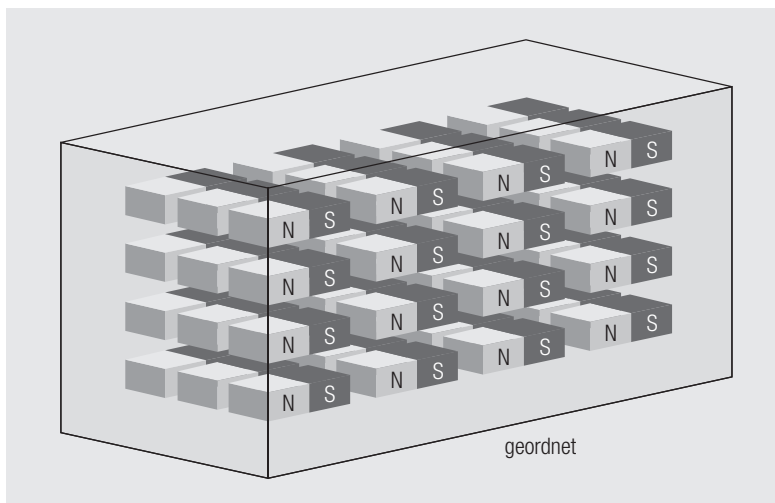


Abb. 1.3: Schematische Darstellung von ausgerichteten (geordneten) Elementarmagneten

Sind alle Elementarmagnete im magnetischen Feld ausgerichtet, so spricht man von der Sättigung des Materials (Abbildung 1.3).

I Grundlagen

Ampéresche Gesetz

Entfernt man das äußerlich angelegte Magnetfeld können zwei Effekte eintreten:

- Das Material wird wieder unmagnetisch: Man spricht von weichmagnetischem Material.
- Das Material bleibt magnetisch. Deswegen spricht man hierbei auch von einem hartmagnetischen Material.

Beim weichmagnetischen Material fallen die Elementarmagnete wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurück und beim hartmagnetischen Material verbleiben die Elementarmagnete in der ausgerichteten Position.

1.1 Das Ampéresche Gesetz und die magnetische Feldstärke H

Wird ein elektrischer Leiter von einem Strom durchflossen, so entsteht in seiner Umgebung ein magnetisches Feld. Dieses magnetische Feld ist eine vektorielle Größe und rechtwinklig zum erzeugenden Strom gerichtet. Wird durch die magnetische Feldstärke auf einen den Leiter benachbarten magnetisierbaren Körper eine Kraft ausgeübt, so spricht man von einem Kraftfeld.

Das magnetische Feld wird durch Feldlinien dargestellt. Die magnetischen Feldlinien eines Stromleiters bilden dabei geschlossene, konzentrische Kreise.

Führt man die Integration entgegen dem Uhrzeigersinn entlang einer Feldlinie aus, dann haben H und jeder Wegabschnitt dr immer die gleiche Richtung. Ein voller Umlauf liefert die magnetische Randspannung, dargestellt in Abbildung 1.4.

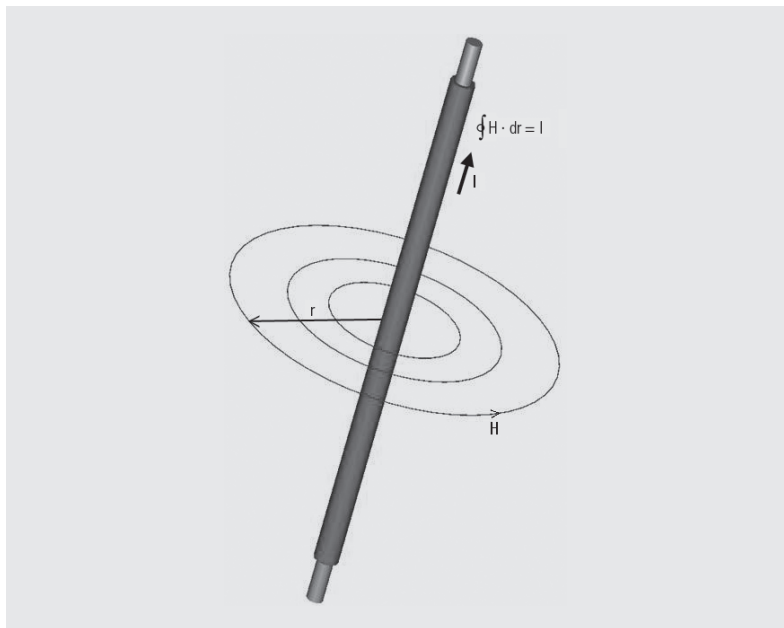


Abb. 1.4: Magnetische Feldstärke H eines langen Leiters

Treten mehrere Leiterströme durch die umspannte Fläche, dann muss auf der rechten Seite die Summe aller Ströme, unter Beachtung Ihrer Vorzeichen, gesetzt werden (Gleichung 1.1).

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{r} = \sum_V I_V \quad (1.1)$$

Das Magnetfeld wird durch die magnetische Feldstärke H beschrieben und ist durch die Summe der Feld erzeugenden Ströme definiert.

Die Feldstärke beliebiger Leiteranordnungen lässt sich mit dem Gesetz nach Biot-Savart bestimmen:

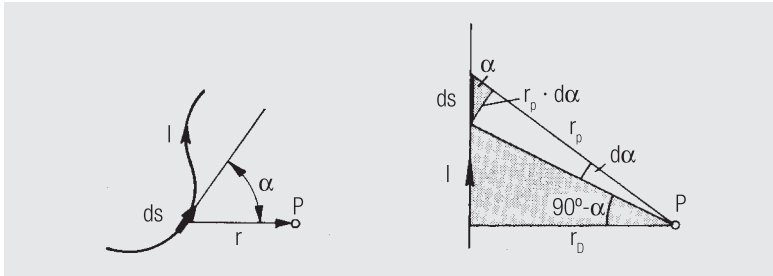


Abb. 1.5: Gesetz von BIOT und SAVART: Zur Feldstärke außerhalb eines geraden Stromleiters

Demnach liefert das kleine Stück (ds) des vom Strom I durchflossenen Leiters den Betrag:

$$dH = \frac{I \cdot \sin \alpha \cdot ds}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \quad (1.2)$$

Hierbei ist (α) der Winkel zwischen der Richtung des Linienelementes (ds) und dessen Verbindung r mit dem Punkt P , an dem die Feldstärke (dH) besteht.

Die Feldstärke H ergibt sich hieraus aus der Integration über die Gesamtlänge des Leiters.

Das Ringintegral über H entlang einer geschlossenen Linie ist gleich dem Gesamtstrom durch die von diesem geschlossenen Weg aufgespannten Fläche. Die magnetische Feldstärke ergibt sich aus dem Gesamtstrom durch die von der magnetischen Feldlinie umschlossenen Flächen und der Länge dieser Feldlinie.

Biot-Savart Gesetz

magnetische Feldstärke H