Magnetischer Fluss

Zwei scheinbar verschiedene Vorgänge sind für die Induktion verantwortlich:

1. Bewegung eines Leiters im Magnetfeld:

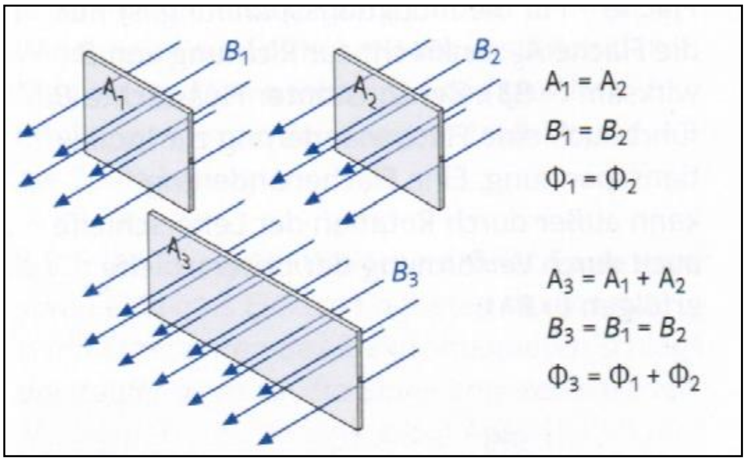
$$|U_{ind}| = B \cdot l \cdot v \text{ bzw. } |U_{ind}| = n \cdot \left|B \cdot \frac{\Delta A_S}{\Delta t}\right|$$

2. Änderung einer magnetischen Flussdichte:

$$|U_{ind}| = n \cdot \left|A_S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}\right|$$

Alle Induktionsvorgänge in einer Spule mit n Windungen können mit einer Größe, dem magnetischen Fluss ϕ, erfasst werden. Das Produkt aus der magnetischen Flussdichte B und der wirksamen Fläche $\boldsymbol{A_S}$ heißt magnetischer Fluss

$$\boldsymbol{\phi = A_S \cdot B}$$



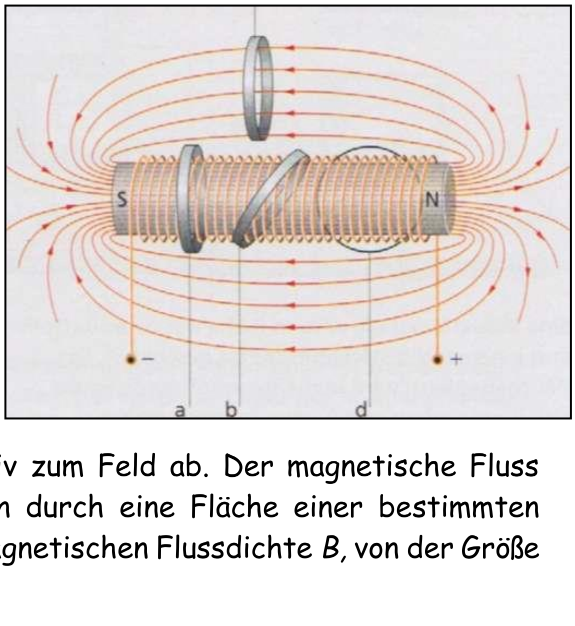
Im Feldlinienbild der Grafik links lässt sich ϕ veranschaulichen. Wie im elektrischen Feld E wird die Flussdichte B durch ihre Feldliniendichte, d.h., durch ihre Anzahl pro Fläche veranschaulicht. Der magnetische Fluss beschreibt die Gesamtzahl der Feldlinien, die eine Fläche durchsetzen. Sowohl der Ausdruck $B \cdot \Delta A_S$ als auch der Ausdruck $A_S \cdot \Delta B$ lässt sich als eine Änderung $\Delta\phi$ des magnetischen Flusses

$$\phi = A_S \cdot B$$

verstehen. Die Formulierung $\boldsymbol{|U_{ind}| = n\ |\Delta\phi/\Delta t|}$ erfasst beide Möglichkeiten. Das alle Induktionsvorgänge erfassende Induktionsgesetz lautet demnach:

Bei jeder Änderung des magnetischen Flusses ϕ durch eine Leiterschleife oder Spule tritt eine Induktionsspannung U_{IND} auf:

$\boldsymbol{|U_{ind}| = n\ |\Delta\phi/\Delta t|}$

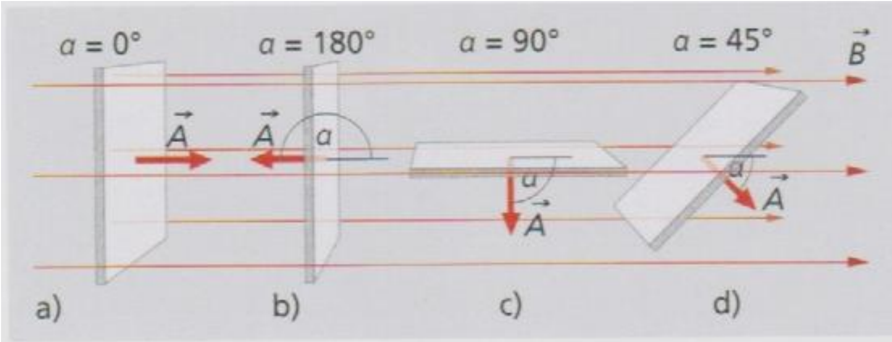


Nehmen wir nun an, dass wir eine wirksame Fläche A_s haben, die sich während der Zeit verändert. Die Abbildung rechts zeigt eine kreisförmige Leiterschleife mit einer Fläche A in verschiedenen Positionen in einem Magnetfeld. Die Anzahl der Feldlinien, die die Fläche durchsetzen ist für die Stellung a am größten, für b und c kleiner und für d ist sie null. Die Feldliniendichte bezogen auf eine Fläche hängt von der Orientierung dieser Fläche relativ zum Feld ab. Der magnetische Fluss beschreibt im Feldlinienbild, wie viele Feldlinien durch eine Fläche einer bestimmten Größe verlaufen. Dies hängt ab vom Betrag der magnetischen Flussdichte B, von der Größe

A der Fläche und ihrer Orientierung zu den Feldlinien. Die wirksame Fläche kann durch einen Flächenvektor A beschrieben werden, der senkrecht zur Fläche A steht und dessen Betrag den Flächeninhalt A_s beschreibt. Der Winkel α zwischen dem Vektor der magnetischen Flussdichte B und dem Vektor A gibt die relative Orientierung an. Es gilt:

$$\phi = A \cdot B \cdot \cos\alpha$$

Die Einheit des magnetischen Flusses ϕ ist Weber (Wb). 1 Wb = 1 Tnr = 1 Vs. Der magnetische Fluss beschreibt also im Feldlinienbild die Anzahl der Feldlinien, die durch eine Fläche A treten.



Für die Beispiele in der rechten Abbildung folgt:

ϕ = B· A ·cos (0°) = B· A = ϕ_{max}

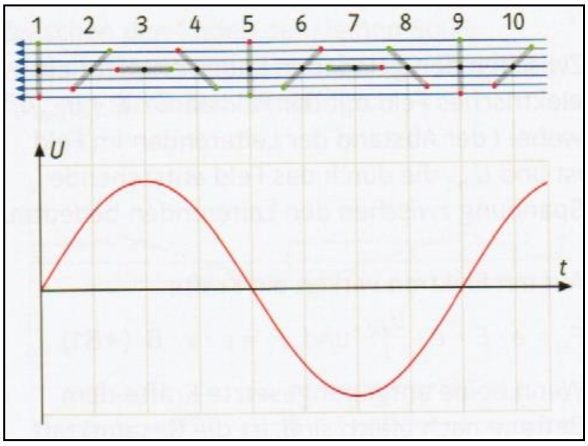
ϕ = B· A ·cos (180°) = -B· A = $-\phi_{max}$

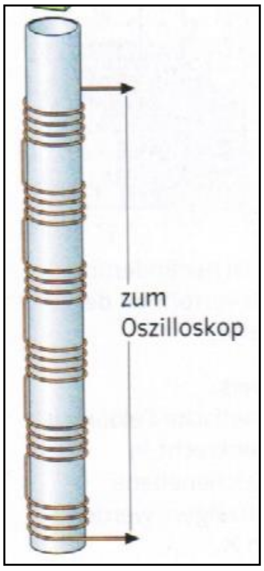
ϕ = B ·A ·cos (90°) = 0

ϕ = B ·A · cos (45°) = 1/2 · $\sqrt{2}$ · B ·A

<u>Aufgabe:</u>

Nr 1. Die Grafik rechts zeigt den zeitlichen Verlauf einer Induktionsspannung, die an einer in einem homogenen Magnetfeld rotierenden Spule gemessen wird. Mit dem Winkel α ändert sich die wirksame Fläche A_S. Begründe, dass das t-U-Diagramm eine Sinuskurve ist. Kläre unter Rückgriff auf das Induktionsgesetz den Einfluss der Winkelgeschwindigkeit auf die Kurve.





Nr. 2 Das Bild unten zeigt Anordnung und Ergebnis eines Experimentes. Führe zur Erklärung Kenntnisse über den Fall und die Induktion zusammen. Machen insbesondere deutlich, dass es auf ΔB/Δt, nicht aber allein auf ΔB bzw. B ankommt.