

Name: Sören Klinger

Datum: 12.12.2025

Doppelstunde

Ort: RGR / PH2

Thema: Induktion

TOP 1 - Wiederholung der Induktion aus der 10. Klasse

Experiment aus der 10. Klasse, in dem man einen Magneten in eine Spule einführt und auf dem Voltmeter, eingestellt auf Mittelpunkt null, die induzierte Spannung ablesen kann.

Aus den Beobachtungen dieses Experimentes folgt, dass ein zeitlich veränderliches Magnetfeld in einem Leiter einen Stromfluss verursacht. Diesen Vorgang nennt man Induktion.

Das Induzieren einer Spannung lässt sich beobachten, wenn sich entweder die Stärke des Magnetfeldes, die eingeschlossene Fläche, oder die Stärke des Magnetfelds und die eingeschlossene Fläche ändern.

Soweit zur Wiederholung von dem, was uns schon seit der 10. Klasse bekannt gewesen ist.

TOP 2 – Der Magnetische Fluss Φ

Um die induzierte Spannung ausrechnen zu können, benötigen wir eine weitere Größe: den Magnetischen Fluss Φ .

Die Summe aller Magnetfeldlinien, die eine Leiterschleife durchsetzen, ist ein Maß für den **magnetischen Fluss Φ** . Der magnetische Fluss ist also von der Fläche A und der magnetischen Flussdichte B abhängig. Allgemein gilt:

$$\Phi = \int_A \vec{B} d\vec{A}$$

$$[\Phi] = 1 \text{ Vs} \\ = 1 \text{ Wb (Weber)}$$

TOP 3 — mathematisches Herangehen an die Induktion

Vorerst haben wir die Hypothese geäußert, dass eine Spannung induziert wird, wenn der Quotient aus $\Delta\Phi$ und Δt ungleich Null ist.

Um das zu überprüfen sind wir mathematisch an die Induktion herangegangen. Dafür haben wir uns gedacht, dass bei der Induktion die wirkende Lorenzkraft der elektrischen Kraft entspricht. Bei der Herleitung arbeiten wir nur mit Beträgen. Also gilt:

$$F_L = F_{el} \\ e \cdot v \cdot B = e \cdot E \\ e \cdot v \cdot B = e \cdot \frac{U_{ind}}{d} \\ U_{ind} = B \cdot d \cdot v$$

Wenn v senkrecht ist zum Magnetfeld!

Stundenprotokoll - LK Physik

Da $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ entspricht, können wir substituieren!

$$U_{\text{ind}} = B \cdot d \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Da wir ebenfalls wissen, dass $d \cdot \Delta s = \Delta A$ ist, können wir ebenfalls substituieren. Es folgt also:

$$U_{\text{ind}} = B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

Also gilt bei einer Spule mit einer Windung: $U_{\text{ind}} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

Und bei einer Spule mit n Windungen: $U_{\text{ind}} = n \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

TOP 4 — Wiederholung der ersten Anleitung bzw. vom Differenzenquotienten zum Differentialquotienten

Um die momentane Induktionsspannung (Grenzwert $\Delta t \rightarrow 0$) benötigen wir die erste Ableitung nach der Zeit. Da der Begriff der Ableitung, beziehungsweise warum die erste Ableitung uns hier vom Nutzen ist, nicht mehr allen klar waren haben wir diese mit einem Analogon aus der 7. Klasse veranschaulicht. Und zwar von der durchschnittlichen zur momentanen Geschwindigkeit.

Denn es ist klar, dass beispielsweise ein Blitzler, der vom Ortseingang Rotenburg bis zum anderen Ortsausgang misst, nicht sinnvoll ist. Denn aus den Werten kann man nicht sagen, ob Herr Konrad zu schnell gefahren ist. Wenn sich Herr Konrad an die Geschwindigkeitsbegrenzungen hält, entspricht seine durchschnittliche Geschwindigkeit dieser. Bei einer stimmenden durchschnittlichen Geschwindigkeit könnte Herr Konrad genauso gut seine Fahrzeit deutlich zu schnell gefahren sein, aber 10 Minuten eingekauft haben und somit gar keine Bewegung gehabt haben.

Um sich also von der durchschnittlichen Geschwindigkeit der **momentanen Geschwindigkeit** anzunähern (analog zur Annäherung von der mittleren Änderungsrate/Sekantensteigung zur **momentanen Änderungsrate/Tangentensteigung**) muss das Zeitintervall deutlich kleiner gewählt werden. Wenn beispielsweise der Messbereich des Blitzers nur noch einen halben Meter beträgt, ist die berechnete Geschwindigkeit sehr nahe der **momentanen Geschwindigkeit**. Wenn also Herr Konrads Geschwindigkeit innerorts bei diesem zweiten Blitzler mit kleinem Messintervall 80 km/h betrüge, wäre er sicherlich deutlich zu schnell gewesen.

TOP 5 — Momentane Induktionsspannung

Wir nutzen jetzt also die erste Ableitung nach der Zeit, um Δt gegen 0 laufen zu lassen. Somit gilt:

$$U_{\text{ind}} = n \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \cdot \frac{d\Phi}{dt} = n \cdot \dot{\Phi}(t)$$

Da wir bei der Herleitung nur Beträge betrachtet haben und nach der Lenzschen Regel, der Induktionsstrom stets so gerichtet ist, dass er der Ursache seiner Entstehung entgegenwirkt, gilt:

$$U_{ind} = -n \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -n \cdot \dot{\Phi}$$

Wir können Φ mit $B \cdot A$ ersetzen. Die Produktregel besagt: $(u \cdot v)' = u' \cdot v + u \cdot v'$
Daher gilt:

$$U_{ind} = -\dot{\Phi} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} (B \cdot A)$$

$$U_{ind} = -\left(\frac{dA}{dt} \cdot B + \frac{dB}{dt} \cdot A\right)$$

Wenn nur die Änderung der Fläche A betrachtet wird, sei B konstant. Somit fällt ein Teil der Formel weg. Es gilt für die Änderung der Fläche also:

$$U_{ind} = -n \cdot \frac{dA}{dt} \cdot B$$

Bei Änderung der magnetischen Feldstärke B , sei A konstant. Somit fällt einer der Summanden weg, da einer der Faktoren 0 ist. Es gilt für die Änderung von B also:

$$U_{ind} = -n \cdot \frac{dB}{dt} \cdot A$$

Sören Klinger
Protokollant