

Protokoll der Physikdoppelstunde vom 19.01.2002

Am Anfang der Stunde setzten wir die in der vorhergehenden Stunde begonnene Besprechung der Physik Klausur fort. Leider konnte der dazugehörige Versuch nicht erneut durchgeführt werden, weil der Glühfaden der dafür nötigen Schattenkreuzröhre defekt war.

Wir haben jedoch am Beispiel der Klausur eines Schülers exemplarisch illustriert, worin die Ergebnisse des Versuches bestanden und wie diese hätten zu Papier gebracht werden können. Der Versuch bestand darin, dass aus einem Glühfaden austretende Elektronen, beschleunigt durch eine sehr breite Zylinderanode, die die Elektronen jedoch nicht wie etwa beim Oszilloskop bündelt sondern im Gegenteil relativ breit streut, beim Auftreffen auf einen Leuchtschirm beobachtet wurden. Zwischen Schirm und Anode befand sich ein metallisches Kreuz, das verschiedenartig aufgeladen wurde.

In Teil a) des Versuches wurde das Kreuz, nachdem es mit der Anode, die an eine 4,2 kV Spannungsquelle angeschlossen war, verbunden war, isoliert. Danach vergrößerte sich der Elektronenschatten des Kreuzes auf dem Schirm leicht. Wir konnten daher feststellen, dass ein (geringer) Teil der Ladungen auf dem Kreuz durch auftreffende Elektronen neutralisiert wird. Dann jedoch bildet sich eine Potentialdifferenz zwischen Anode und Kreuz, die die Elektronen so stark abstößt, dass diese das Kreuz nicht mehr erreichen und zur Seite gedrückt werden.

Wir stellten fest, dass, im Gegensatz zur in der Klausur von den meisten Schülern geäußerten Vermutung, das Kreuz keineswegs negativ aufgeladen wird – es wird sogar weniger stark entladen, als dies bei Teil b) des Versuches, bei dem das Kreuz auf + 2,1kV gelegt wird, der Fall ist.

Bei Versuch b) ist der Schatten schon stark vergrößert und verzerrt – durch die Potentialdifferenz zwischen Anode (+ 4,2 kV) und Kreuz (+ 2,1 kV) hat sich ein Feld gebildet, das die Elektronen bremst und vor allem ablenkt. Dies lässt sich graphisch mit einem Kräfteparallelogramm darstellen.

Induktionsgesetz

Anschließend haben wir die Besprechung der Arbeit abgeschlossen und uns wieder dem Induktionsgesetz zugewandt. Wir haben noch einmal die zentralen Formeln wiederholt:

$$U_{Ind} = -n \cdot \dot{\Phi}(t)$$

$$\Phi(t) = A(t) \cdot B(t)$$

$$\Rightarrow U_{Ind} = -n \cdot (\dot{A}(t) \cdot B(t) + A(t) \cdot \dot{B}(t))$$

Das ist die komplette Formel, die bei Anwendung der Produktregel für die Ableitung von $\Phi(t)$ entsteht. Hier stellen wir fest, dass in dieser allgemeinen Art das Induktionsgesetz zwei verschiedene Fälle beinhaltet: Den von uns bisher ausschließlich betrachteten Fall, in dem das Magnetfeld B konstant bleibt und sich A auf verschiedenste Art und Weise verändert, und den umgekehrten Fall, bei dem A konstant gehalten wird und sich B verändert. Daraus ergeben sich dann zwei unterschiedliche verkürzte Formeln, da im ersten Fall die Ableitung von B(t) gleich 0 ist und im zweiten Fall dies für die Ableitung von A(t) gilt:

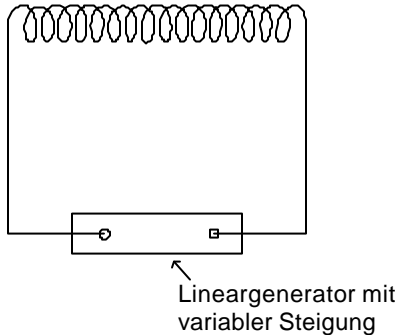
$$\text{bei } B = \text{konst.} \Rightarrow U_{\text{Ind}} = -n \cdot \dot{A}(t) \cdot B$$

$$\text{bei } A = \text{konst.} \Rightarrow U_{\text{Ind}} = -n \cdot A \cdot \dot{B}(t)$$

Letzteren Fall werden wir die nachfolgende Stunde experimentell untersuchen und haben dafür den Versuchsaufbau diskutiert:

Versuch zur Induktion bei sich änderndem Magnetfeld

Aufbau:



Der Lineargenerator wird eine gleichmäßig ansteigende bzw. abfallende Spannung erzeugen. Da bis zu einer gewissen Belastungsgrenze für die Spule das Ohmsche Gesetz gilt, steigt damit auch die Stromstärke linear an. Und mit gleichmäßig ansteigender Stromstärke steigt wiederum auch das erzeugte Magnetfeld gleichmäßig an, da beide Größen proportional zueinander sind. In das Magnetfeld dieser Spule können wir nun unterschiedliche Spulen einführen, die mit einem Voltmeter verbunden werden und uns zeigen können, ob unsere oben hergeleitete Formel zur Induktion bei sich

änderndem Magnetfeld auch experimentell bestätigt werden kann. Bei gleichmäßig ansteigender oder abfallender magnetischer Flußdichte müsste die an der Induktionsspule gemessene Spannung konstant bleiben.

Anwendungen von Induktion

Anschließend haben wir uns mit Anwendungen des Induktionsphänomens im Alltag beschäftigt. Als dominierendes Beispiel stach hier der Generator hervor, dessen Durchbruch Werner von Siemens zu verdanken ist, der für die Entwicklung der Selbsterregung im Generator verantwortlich ist. Er war der erste, der das äußere Magnetfeld, in dem die Induktionsspule rotiert, nicht durch Festmagneten sondern durch Spulen, die von dem Induktionsstrom selbst gespeist wurden, erzeugte. So schaukelt sich die Induktionswirkung des Generators immer weiter selbst auf.

Als weitere Anwendungen wurde der Trafo zum Umwandeln von Spannungen genannt. Hier wurde angemerkt, dass die Eisenkerne der Spulen im Trafo nie aus einem festen Metallstück bestehen sondern aus einzelnen Blättchen aus möglichst weichem Metall – nur so kann die Hystereseschleife so klein wie möglich gehalten werden, die für den Trafo sonst zum Problem werden kann.

Als letztes Beispiel wurde auf Ampeln hingewiesen, die mittels Induktionsschleifen in der Straße ankommende Autos erkennen und die Ampelschaltung entsprechend variieren.