Protokoll des Physikunterrichts am 13.12.2001 in der sechsten Stunde

Zu Beginn wurde darauf hingewiesen, dass die Bearbeitung der Hausaufgaben, welche sich auf die am 10.12. geschriebene Klausur bezogen, zunächst zurückgestellt und in die folgende Woche verlegt werden sollte.

Im Folgenden wurde auf die Ergebnisse des Versuches im Unterricht vom 06.12. zurückgegriffen: Gemäß Bild 1 wurde ein Leiter in das Magnetfeld eines Hufeisenmagneten eingeführt, wobei festzustellen war, dass sich zwischen dem linken und rechten Ende des Leiters eine Spannung bildete, welche proportional zur Geschwindigkeit seiner Bewegung innerhalb des Magnetfeldes stieg. Auf den Leiter wirkt durch das Magnetfeld eine Lorentzkraft F_L (in Bild 2 hellblau dargestellt), da man auch hier von bewegter Ladung sprechen kann (die Elektronen im Leiter werden bewegt, wenngleich kein elektrischer Strom besteht), die Ladungen in ihm trennen sich, an einem Ende entsteht Elektronenmangel, am anderen Elektronenüberschuss, daher ist eine Spannung ablesbar. Durch die Ladungstrennung ergibt sich gleichsam ein elektrisches Feld um den Leiter herum (in Bild 2 durch schwarze Kreise angedeutet), dessen elektrische Feldkraft sich mit der magnetischen Feldkraft des Hufeisenmagneten neutralisiert. Daher lassen sich folgenden Gleichungen aufstellen:

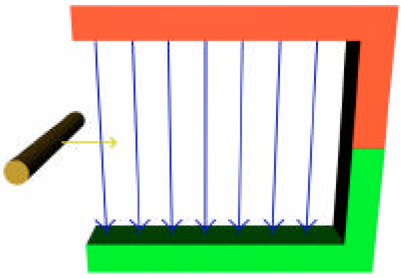


Bild 1: Einführung des Leiters in das B-Feld
(Der Leiter erhält eine Geschwindigkeitskomponente v in Richtung des gelben Pfeils, blau eingezeichnet sind die Feldlinien des Hufeisenmagneten)

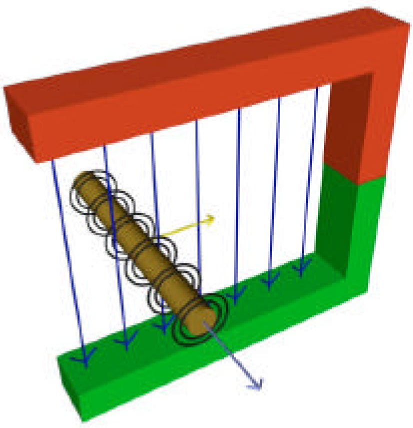


Bild 2: Verhalten des Leiters im B-Feld
(Der Leiter bildet zwei Pole aus, es entsteht ein elektrisches Feld (schwarze Kreise), dessen Kraft die Lorentzkraft (hellblau) neutralisiert).

Bekannt ist:

$$F_L = e \cdot v_s \cdot B_s$$
$$F_{El} = E \cdot e$$
$$E = \frac{U}{d}$$

Somit gilt bei unserem Versuch:

$$\frac{U}{d} \cdot e = e \cdot v_s \cdot B_s$$

Daher erhält man für die im Leiter induzierte Spannung:

$U_I = l \cdot v_s \cdot B_s$

(Der Abstand d ist hier gleich der wirksamen Leiterlänge, da der Leiter an seinen beiden Enden elektrische Pole bildet.)

Die mathematische Betrachtung dieses Ergebnisses führte zu einem kurzen Exkurs in die Vektorrechnung: v und B sind beide vektorielle Größen, U jedoch ein Skalar. Man unterscheidet daher drei Arten der Verknüpfung von Größen in der Vektorrechung:

1) Die Vektoraddition: Hier werden zwei Vektoren addiert, um als Ergebnis ebenfalls einen Vektor zu erhalten. Die Vektoraddition geschieht über die Hilfskonstruktion des Parallelogramms, weshalb hier die Berechnung als gutes Beispiel dient.
2) Das Skalarprodukt: Erhält man bei der Multiplikation zweier Vektoren eine skalare Größe, so spricht man vom Skalarprodukt.
3) Das vektorielle Produkt: Multipliziert man mehrere Vektoren miteinander und ist das Ergebnis ebenfalls ein Vektor, handelt es sich um das vektorielle Produkt, es wird in der Mathematik durch ein x statt eines · als Operatorzeichen dargestellt, daher wird es auch Kreuzprodukt genannt.

Nun aber folgte eine genauere Betrachtung des Begriffes der magnetischen Flussdichte: Das Wort Dichte zunächst beschreibt den Zustand der Kompression bzw. die Menge bestimmter Teilchen oder Körper innerhalb einer bestimmten Fläche oder eines Raumes. Das Wort Fluss setzt zusätzlich noch etwas Fließendes voraus, was jedoch im Magnetischen Feld nicht ohne weiteres zu finden ist. An dieser Stelle wurde eine neue Definition der Magnetischen Flussdichte eingebracht:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

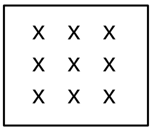


Bild 3

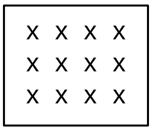


Bild 4

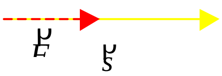
Deutlich wird der Begriff der Dichte hier bei einer Betrachtung der Feldlinien: Sind, wie in Bild 3 dargestellt, weniger Feldlinien als in Bild 4 bei gleich großer Fläche zu sehen, so kann man von einer geringeren Flussdichte ausgehen. Gleichzeitig muss jedoch angemerkt werden, dass das Modell der Feldlinien nur als Vorstellungshilfe gedacht ist, ähnlich dem Modell der Lichtstrahlen, und daher nicht überbewertet werden sollte.

Nach obiger Definition ergibt sich nun allerdings ein mathematisches Problem: Zwar ist B ein Vektor, A und F jedoch nicht, was bei der Schreibweise F = A · B der Regel widersprechen würde, welche besagt, dass bei der Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar der Ergebnis vektoriell sein muss. Daher wird in diesem Fall zur Ausnahme auch die Fläche A zu einer vektoriellen Größe gemacht. Somit ist der Term als Skalarprodukt aufzufassen.

Es folgte eine genaue Definition des skalaren Produktes:
Unter dem skalaren Produkt zweier Vektoren versteht man den Betrag des einen Vektors, multipliziert mit dem Betrag des anderen Vektors und dem Cosinus des von beiden Vektoren eingeschlossenen Winkels. Es gilt somit:

$$\vec{V_1} \cdot \vec{V_2} = \left|\vec{V_1}\right| \cdot \left|\vec{V_2}\right| \cdot \cos\angle(\vec{V_1}\vec{V_2})$$

Ein Beispiel: Die Arbeit ist definiert als Kraft · Weg, also F · s. Genau genommen sind beide Größen Vektoren, das Ergebnis ihrer Multiplikation aber ein Skalar. Nehmen wir Die Kraft F als parallel zur Strecke s an, so gilt:



$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$
$$= \left|\vec{F}\right| \cdot \left|\vec{s}\right| \cdot \cos\angle(\vec{F}\vec{s})$$

Da F und s parallel verlaufen, ist der Cosinus des eingeschlossenen Winkels 1. Es gilt also: $W = F_{||} \cdot s$

Die beiden indizierten Striche bei F sind hierbei das Symbol für Parallelität.

Die Stunde endete mit der Vergabe der Hausaufgabe, welche im gründlichen Durchlesen der Texte auf Seite 120 des Physikbuches sowie der Bearbeitung der Aufgabe 1 derselben Seite bestanden.

Protokoll von A. Hümmerich