

Universität: Julius-Maximilian-Universität Würzburg
Seminar: Klausurübung Fachdidaktik Physik
Dozent: Dr. Thomas Wilhelm
Referent: Marco Graser
Datum: 20.01.2010 (WS 2009/2010)

Frühjahr 2009 (Thema 01) Induktion und Elektromotor

1. Beschreiben Sie Bildungs- und Erziehungsziele des Physikunterrichts unter spezieller Berücksichtigung fächerübergreifender Aspekte. Gehen Sie dabei auf Beispiele aus der Elektrizitätslehre ein.

Im Physikunterricht lernen Schüler naturwissenschaftlich zu denken, auf der Grundlage von Experimenten Erkenntnisse zu gewinnen, Zusammenhänge zu erkennen sowie Phänomene mithilfe von Modellen zu erklären. Die Schüler sollen Aufgeschlossenheit und Neugierde bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragen gewinnen, wodurch auch ihr Forscher- und Erfindergeist mobilisiert wird.

Das Fach Physik soll die Schüler befähigen, sich sachlich fundiert zu aktuellen technischen Fragen zu äußern, den Nutzen und auch die Gefahren des technischen Fortschritts zu erkennen und verantwortungsbewusst zu handeln. In der Zusammenschau, Erweiterung und Vertiefung physikalischer Sachverhalte soll ihnen bewusst werden, dass physikalisches Wissen immer wieder technische Entwicklungen mit zum Teil einschneidenden Veränderungen für das Leben der Menschen ermöglicht hat und dass unsere heutige Zivilisation ohne diese Entwicklungen nicht denkbar ist.

Hinweise auf zweckmäßige Anwendungen physikalischer Erkenntnisse in der Technik wie z.B. Generatoren bezüglich erneuerbarer Energien, Elektromotoren in unzähligen technischen Geräten wie CD-Player oder Fön, Revolutionierung der Mikroelektronik durch Transistoren auf Computerchips und Sensoren im alltäglichen Leben bspw. im Auto kennzeichnen den Physikunterricht ebenso wie Anwendungen und Bezüge in benachbarten Disziplinen wie Biologie oder Chemie. Praktische Bezüge und alltägliche Anwendungen ermöglichen den Schülern das Einbringen eigener Erfahrungen und Kenntnisse, was allerdings auch zu Schwierigkeiten führen kann.

Die Einordnung physikalischer Sachverhalte in den jeweiligen gesellschaftlichen und historisch Zusammenhang trägt wesentlich zur richtigen Ein- und Wertschätzung bedeutender Naturwissen-

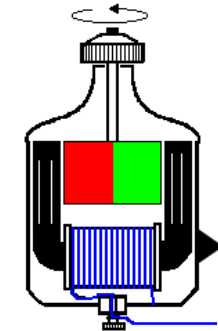
schaftler und Erfindungen bei.

Das Fach Mathematik vermittelt die notwendigen Grundlagen, kann aber auch zahlreiche praktische und praxisbezogene Problemstellungen aus der Physik aufgreifen. Darüber hinaus trägt das Fach Physik zu folgenden fächerübergreifenden Bildungs- und Erziehungszielen bei:

- der Verkehrserziehung – insbesondere physikalische Grundlagen (wie z. B. bei Bremsvorgängen), Verkehrssicherheit von Fahrzeugen, verantwortungsbewusstes Handeln als Verkehrsteilnehmer
- der Gesundheitserziehung – insbesondere verantwortungsvoller und sachgerechter Umgang mit Geräten; Gefahren des elektrischen Stromes; Gefahren der radioaktiven Strahlung
- der informationstechnischen Grundbildung – insbesondere Messwerterfassung, Auswertung, Simulation mit Hilfe von Computern
- der Umwelterziehung – insbesondere positive und negative Auswirkungen technischer Entwicklungen; Notwendigkeit des Umweltschutzes; Beitrag der Naturwissenschaften zur Lösung zukünftiger Probleme

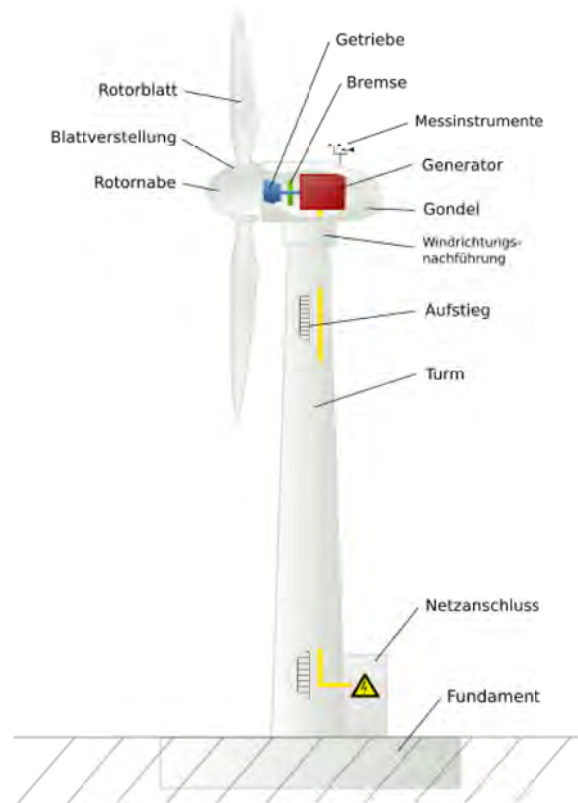
2. Geben Sie zwei Beispiele aus dem täglichen Leben an, in denen die Schüler dem Phänomen "Induktion" begegnen. Beschreiben und erklären Sie diese mit aussagekräftigen Skizzen.

a) Klassischer Fahrraddynamo (Seitenläuferdynamo)



Hier ist der Läufer/Rotor ein Permanentmagnet und der Ständer/Stator besitzt die Induktionsspule. Durch die Reibung am Reifen wird das Antriebsrad in Rotation versetzt, dadurch dreht sich der mit dem Antriebsrad verbundene Permanentmagnet zwischen dem U-förmigen Eisen auf dem eine Spule sitzt. Hier durchsetzen die Magnetfeldlinien des Rotors die Wicklungen des Stators und induzieren eine Wechselspannung.

b) Windkraftanlage



Eine Windkraftanlage besteht im wesentlichen aus dem Turm und der sogenannten Gondel, in der der Generator steckt sowie aus dem Rotor auf dem die Rotorblätter sitzen. Der Rotor ist das Kontaktelement zwischen der anströmenden Luft und dem energieerzeugenden Generator. Die im Wind enthaltene kinetische Energie versetzt den Rotor in eine Drehbewegung. Die Drehbewegung des Rotors wird über eine Welle auf das Getriebe geleitet. Das Getriebe wandelt die langsame Drehbewegung (ca. 30U/min) in eine schnelle Drehbewegung (ca. 1500U/min) um. Diese Drehzahl benötigt der Generator, um die elektrische Energie zu produzieren. Der Läufer befindet sich auf einer drehbaren Welle. Es gibt zwei verschiedene Generatorarten die hier Verwendung finden.

Synchrongenerator: Der Aufbau des Magnetfeldes erfolgt beim Synchrongenerator durch Zuführung von Gleichstrom auf die Läuferschleifringe. Der sich drehende Rotor induziert in den Spulen des Stators eine Spannung.

Asynchrongenerator: Beim Asynchrongenerator hingegen baut sich das Magnetfeld über eine im Läufer befindliche Wicklung auf, die kurzgeschlossen wird (Kurzschlussläufer). Der Asynchrongenerator induziert in der Ständerwicklung eine Spannung.

3. Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema "elektrische Motoren". Die Unterrichtseinheit soll mindestens ein Schülerexperiment oder einen projektorientierten Unterrichtsabschnitt enthalten. Geben Sie Lernvoraussetzungen und Lernziele an und entwerfen Sie eine Erfolgskontrolle.

Lernvoraussetzungen:

- Magnetismus
- ruhende elektrische Ladung und elektrisches Feld
- bewegte elektrische Ladung und elektrischer Strom
- Magnetfeld stromdurchflossener Leiter
- Kraftwirkung auf einen geraden stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld
- stromdurchflossene Spule im Magnetfeld

Grobziel:

Die Schüler sollen die Funktionsweise eines Gleichstrommotors verstehen.

Feinziele:

- Die Schüler sollen die Bauelemente eines Gleichstrommotors kennenlernen (Stator, Rotor mit Kommutator)
- Die Schüler sollen die Bedeutung der einzelnen Bauelemente für die Funktionsweise kennenlernen
- Die Schüler sollen wissen, dass die Drehung des Rotors durch eine Kraft entsteht, die auf die Wechselwirkung von Magnetfeldern zurückzuführen ist (Polregel).

Als technische Anwendung, zum Bereich stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, wird der

Gleichstrommotor eingeführt. Bei der Erklärung des Gleichstrommotors wird auf die Polregel zurückgegriffen.

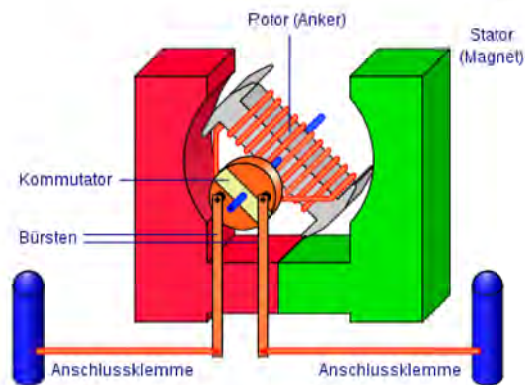
Einführung:

Der Lehrer baut vor der Stunde einen großen Experimentiermotor auf. Das Thema wird am Anfang der Stunde nicht genannt. Der Lehrer wirft den Motor an und die Schüler dürfen nach vorne kommen und dieses unbekannte Gerät beobachten → interesseweckende Gegenstandsdarbietung.

Der Lehrer stellt Fragen wie z.B. „Was könnt ihr beobachten?“ oder „Welche Bauteile seht ihr die ihr bereits kennt?“ Es wird letztlich aufgelöst, dass dieses unbekannte Gerät ein Gleichstrommotor ist.

Erarbeitung:

Im Lehrer-Schüler-Gespräch werden nun die einzelnen Bauelemente erarbeitet. Die Schüler sollten den Permanentmagneten, der als Stator dient, erkennen. Der Stator ist der ruhende Teil des Elektromotors, er beinhaltet den Feldmagneten. Der Lehrer weist auf das Bauteil innerhalb des Magneten hin und man kommt darauf, dass der Rotor aus einer Spule mit Weicheisenkern besteht. Der Rotor ist also ein Elektromagnet den die Schüler bereits kennen. Der Kommutator, als wesentliches Bauteil für die dauerhafte Drehung des Rotors, wird bewusst verschwiegen. Es wird lediglich von zwei Schleifkontakten gesprochen, über die der Rotor mit einer Spannungsquelle verbunden ist. Auf einem Arbeitsblatt, mit einer Abbildung eines Elektromotors (siehe unten), werden die bereits bekannten Bauteile eingetragen.



Nun folgen einige Schülerversuche die in Gruppen von höchstens drei Schülern durchgeführt werden sollen. Die Schüler werden anhand eines Arbeitsblatts durch die Versuche geführt.

V1 Die Schüler bauen einen Experimentiermotor auf. Er besteht aus:

1. einem Hufeisenmagnet mit Polschuhen (Stator),
2. der zwischen den Polschuhen drehbar gelagerten Spule samt Weicheisenkern (Rotor),
3. zwei metallischen Schleifringen (kein Kommutator), die jeweils mit einem Spulenende verbunden sind (Schleifkontakt).

Über Schleifbürsten aus Kohle wird eine leitende Verbindung zu den Schleifringen und damit zu den Spulenenden erreicht. So kommt es bei der Rotordrehung nicht zu einem „Kabelgewirr“. Der Rotor soll von Hand in eine senkrechte Stellung gebracht werden, der Stromkreis wird geschlossen und die Schüler sollen genau die Rotorbewegung beobachten.

Beobachtung:

Der Rotor dreht sich, bis er eine waagrechte Stellung erreicht hat. Die ungleichnamigen Pole von Rotor und Hufeisenmagnet stehen sich gegenüber.

V2 Die Schüler sollen den stehengebliebenen Rotor nach der Durchführung von V1 bei geschlossenem Stromkreis von Hand in Drehrichtung anstoßen. Wie verhält sich der Rotor nach diesem Eingriff von außen?

Beobachtung:

Der angestoßenen Rotor kehrt sofort wieder in seine stabile Stellung (Totpunkt) zurück. Eine dauerhafte Rotation des Rotors ist mit diesem Aufbau offensichtlich nicht zu erreichen.

V3 Die Schüler sollen nun die Anschlüsse der Elektrizitätsquelle vertauschen und den Rotor in Drehrichtung anstoßen.

Beobachtung:

Der Rotor dreht sich um nahezu 180° und bleibt dann erneut in einem Totpunkt stehen.

V4 Die Schüler vertauschen nochmals die elektrischen Anschlüsse und gehen wie in V3 vor.

Beobachtung:

Der Rotor dreht sich bei jedem Stromrichtungswechsel in Verbindung mit dem Anstoßen um weitere 180°. Den Schülern wird nun klar, dass eine fortwährende Drehung, ohne äußere Einwirkung, bei diesem Aufbau nicht zustande kommen kann.

V5 Die Schüler sollen nun die Gleichspannung nicht mehr über die zwei durchgehenden Schleifringe, sondern über zwei gegeneinander isolierte Halbringe, den sogenannten Kommutator, anschließen. Durch diesen technischen Trick wechselt nach jeder Drehung um 180° die Stromrichtung in der Spule des Rotors. Der Stromkreis wird nun geschlossen.

Beobachtung:

Die Spule dreht sich, läuft aber „unrund“ und bleibt eventuell sogar wieder in der Totpunktstellung stehen. Durch einen kräftigen „Schubs“ rotiert die Spule jedoch dauerhaft um ihre Achse. Der Elektromotor läuft!

Durch diese einfache Versuchsreihe wurde den Schülern klar, dass der Elektromotor nur mit dem Kommutator dauerhaft läuft. Der Kommutator wird auf dem Arbeitsblatt eingetragen.

Sicherung:

Im Lehrer-Schüler-Gespräch werden die gewonnenen Erkenntnisse noch einmal zusammengestellt.

Im Rotor fließt Gleichstrom durch die Spule, so wird durch die Abstoßung gleichnamiger und die Anziehung ungleichnamiger Magnetpole von Spule und Feldmagnet eine Drehung hervorgerufen. Sie ist zu Ende, wenn sich die ungleichnamigen Magnetpole gegenüberstehen. In diese Stellung, dem Totpunkt, wirkt auf die Spule keine Kraft mehr.

Die Trägheit des gesamten Rotors ist notwendig, um die Drehung ein kleines Stück über den Totpunkt hinaus fortzusetzen. Der Rotor wird in diesem Fall auch als Doppel-T-Anker bezeichnet. Blicke nun die Stromrichtung innerhalb der Spule gleich, so würde der gesamte Anker wieder in die Totpunktstellung zurückkehren.

Der Lehrer erklärt nun die Funktionsweise des Kommutators:

Zur dauerhaften Rotation müssen die elektrischen Anschlüsse immer dann umgepolt werden, wenn die Spule mit „Schwung“ den Totpunkt überwunden hat. Dafür sorgt der Kommutator (Stromwender). Dieser Kontakttring besteht aus zwei gegeneinander isolierten, metallischen Halbringen, die fest auf der Achse montiert sind und bei der Drehung mitrotieren. Sie sind jeweils mit einem Spulenende leitend verbunden. An ihnen liegen von außen Schleifbürsten aus Kohle an. Über diese elektrischen Schleifkontakte wird die Spule mit einer Elektrizitätsquelle verbunden. Nach jeder 180° -Drehung kommen die Halbringe zur jeweils anderen Schleifbürste, wodurch die Stromrichtung und damit die magnetische Feldrichtung der Spule umgekehrt wird. Das Zusammenwirken von Stator, Rotor und Kommutator sorgt somit für eine dauerhafte Rotation der Spulenachse, der Antriebswelle.

Auf dem ersten Arbeitsblatt werden noch folgende Begriffe ergänzt:

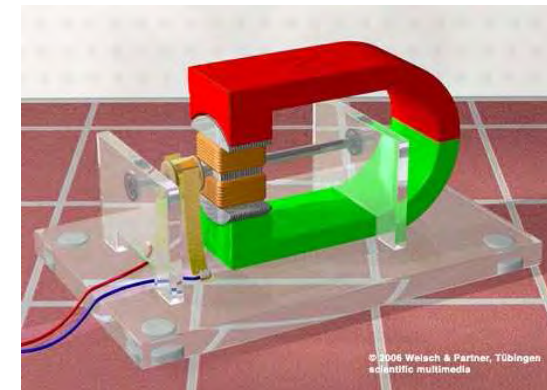
Doppel-T-Anker; Schleifkontakte; Antriebswelle

Es werden noch folgende Merksätze ins Heft notiert:

- Ein Elektromotor besteht aus dem Stator und dem Rotor mit dem Kommutator.
- Der Stator beinhaltet den Feldmagnet. Der Rotor besteht aus der Welle und dem Doppel-T-Anker. Der Kommutator ist ein am Rotor befindlicher Schleifkontakt, der beim Überwinden des Totpunkts die Stromrichtung in der Spule umkehrt.
- Die Funktionsweise des Gleichstrommotors beruht auf der Kraft, die durch die Wechselwirkung der Magnetfelder des Feldmagneten und der stromdurchflossenen Spule hervorgerufen wird (Polregel).

Erfolgskontrolle:

1. Trage in die Grafik die einzelnen Bauteile des Gleichstrommotors ein, achte dabei auf die Verwendung von Fachbegriffen.



2. Beschreibe die Funktion der einzelnen Bauteile und damit die Funktionsweise des Gleichstrommotors.
3. Wodurch könnte der im Stator integrierte Dauermagnet ersetzt werden.