Didaktik der Physik
Frühjahrstagung Regensburg 2007

Induktive und magnetische Sensoren im Physikunterricht

Rainer Dietrich*, Thomas Wilhelm+, Raimund Girwidz**

*Clavius-Gymnasium Bamberg, +Universität Würzburg, **PH Ludwigsburg,

Kurzfassung
Anwendungsbezogener Physikunterricht und die Verankerung von Wissen an modernen Geräten aus dem Alltag sind wichtige Leitlinien, die uns zur Behandlung von Sensoren im Physikunterricht führten. Im Rahmen des BMBF-Projekts „piko“ (Physik im Kontext) wurden Experimente zum Thema „Induktion und Magnetismus mit Sensoren“ zusammengestellt. Die physikalisch-technischen Anwendungen, wie z. B. Metalldetektor, Gitarrentonabnehmer oder Zündsteuerung, können auf wesentliche Grundlagen der Physik hinführen und attraktive experimentelle Möglichkeiten für den Unterricht erschließen.
Verschiedene Beispiele für Lehrer- und Schülerexperimente werden vorgestellt. Unser Augenmerk richtet sich insbesondere auf den praktischen Einsatz und Erfahrungen aus dem Unterricht.

1. Didaktische Überlegungen

1.1. Ziele im Schulset Würzburg

Im Rahmen des BMBF-Projekts „piko“ wurden verschiedene Sensoren für den Unterricht aufbereitet. Schüler sollen erleben, verstehen und im Wortsinn begreifen, wie Sensoren in einer Vielzahl von Alltagsgegenständen genutzt werden [1]. Die Experimente greifen verschiedene fachwissenschaftliche Aspekte in konkreten Kontexten auf. Hier werden exemplarisch Anwendungen aus dem Bereich Magnetismus und Induktion vorgestellt [2].

1.2. Verwendung im Unterricht

Die Anwendungen können sowohl in der Mittelstufe als auch — mit erweiterten Fragestellungen — in der Oberstufe eingesetzt werden. Prinzipiell sind alle Experimente als Schülerversuche durchführbar. Dies kann in Form eines Lernzirkels geschehen oder als Expertenrunde mit anschließender Präsentation im Plenum. Je nach Vorwissen lassen sich damit Lerninhalte neu entdecken oder bereits behandelte Themen vertiefen. Auch eine Optimierung experimenteller Aufbauten oder ein komplettes „Reengineering“ sind möglich. In fortgeschrittenen Gruppen können auch Grundfragen der Sensorik angesprochen werden, wie z. B. Linearitätseigenschaften bei Positionssensoren (Differenz- und Brückenschaltungen) [3].

1.3. Schulische Erprobung

In der Praxis zeigte sich insbesondere der motivierende Aspekt. Durch die Anknüpfung an verschiedene Anwendungen lassen sich auch geschlechtsspezifische Interessen berücksichtigen und der Ansatz des „Situated Learning“ realisieren. Die angebotenen Möglichkeiten zum eigenständigen naturwissenschaftlichen Arbeiten forderten und förderten die kognitiven Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler.

2. Experimentiervorschläge

2.1. Seismograph

Zugrunde liegendes Prinzip ist die Induktion durch relative Bewegung von Magnetfeld und Spule.

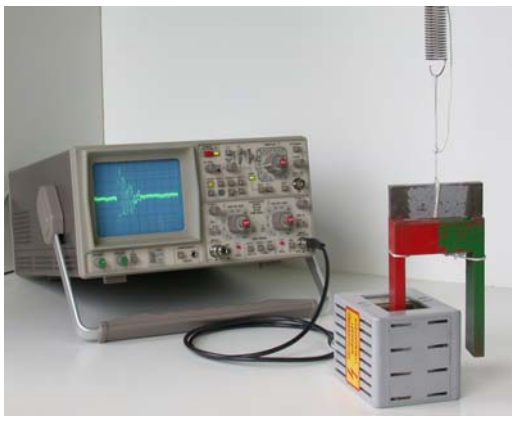

Abb. 1: Aufnahme von Erschütterungen mit einem Speicheroszilloskop

In einer konkreten Unterrichtssituation registrieren Schüler beispielsweise Erschütterungen des Tisches durch darauf fallende Gegenstände. Lässt sich feststellen, aus welcher Höhe sie gefallen sind? Gibt es Unterschiede zwischen verschiedenen Gegenständen?

Als Erweiterung lässt sich das dynamische Mikrophon betrachten. Der grundsätzliche Aufbau entspricht dem Seismographen; allerdings sind die „Erschütterungen“ jetzt periodisch.

2.2. Drehzahlsensor

Hier erreicht man die Änderung des Magnetfelds durch die unterschiedliche Permeabilität von Luft bzw. Eisen. Abwechselndes Vorbeibewegen vor der Spule erzeugt eine Induktionsspannung.

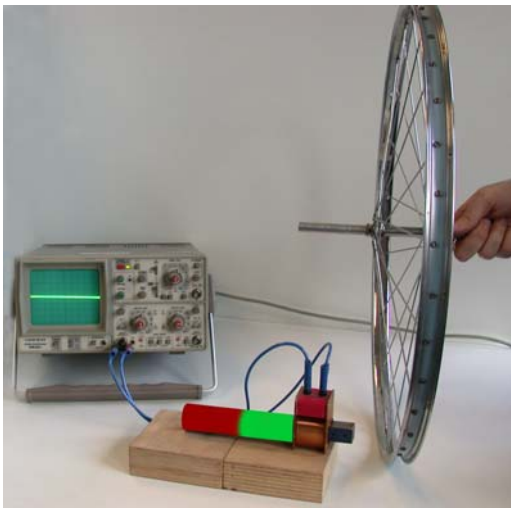

Abb. 2: Grundversuch zum Drehzahlsensor

Schüler entwerfen mit dieser Idee einen Geschwindigkeitsmesser; dabei bietet sich der Vergleich mit anderen Konzeptionen (z. B. mit Reedkontakt–Messungen) an.

Möglichkeiten der Erweiterung sind die Zündsteuerung beim Otto–Motor oder der Tonabnehmer bei der E–Gitarre.

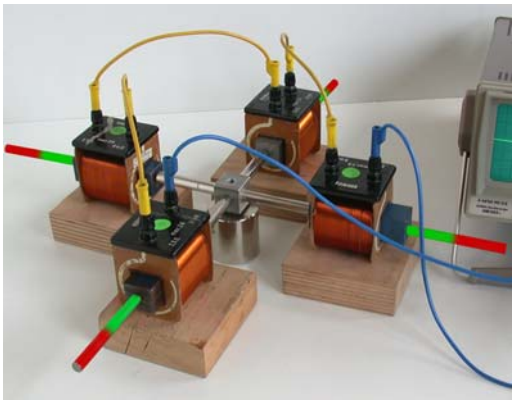

Abb. 3: Modellversuch zur Zündsteuerung

Abb. 4: Verschiedene Tonabnehmer an einer E–Gitarre

2.3. Fahrzeugdetektor

In der einfachsten Form hat man eine Anordnung wie beim Transformator. Der Eiseneinschluss durch ein Fahrzeug erhöht die Amplitude auf der Sekundärseite.

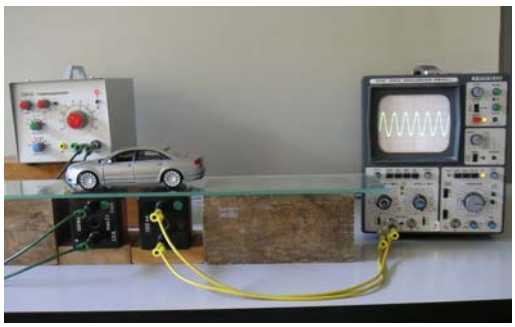

Abb. 5: Modell eines einfachen Fahrzeugdetektors

Schüler können die vorgegebene Anordnung optimieren: Wie müssen Windungszahl, Spulenabstand und Frequenz gewählt werden? Lassen sich Pkw und Lkw unterscheiden?

Als Erweiterung lassen sich moderne Induktionsschleifen betrachten, die mit nur einer Spule auskommen. Hier ist der ausgenutzte Effekt die Änderung der Induktivität, die durch das Fahrzeug hervorgerufen wird.

2.4. Metalldetektor

Beim verbreiteten VLF-Verfahren („very low frequency“) werden wieder das Transformatorprinzip bzw. Wirbelströme im detektierten Gegenstand verwendet.

Schüler versuchen, anhand des Signals verschiedene Metalle zu unterscheiden: Bei welchen Materialien ist eine Abschwächung bzw. Verstärkung des Signals feststellbar?

Abb. 6: Im Handel erhältliche Metalldetektoren

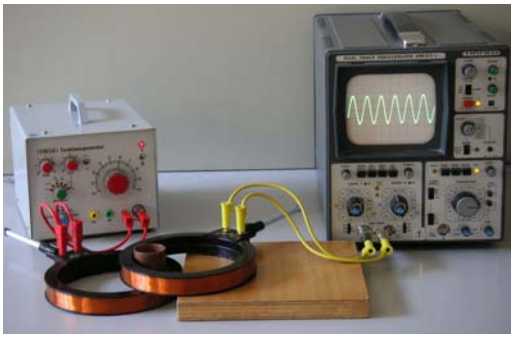

Abb. 7: Demonstration des zugrunde liegenden Prinzips

Der Themenbereich lässt sich in verschiedenen Richtungen vertiefen bzw. erweitern:

Zunächst zeigen sich im Empfangskreis typische Resonanzphänomene wie Frequenzabhängigkeiten von Amplitude und Phase. Auch diese lassen sich zur Unterscheidung nutzen.

Schließlich existieren weitere Verfahren, wie Puls-Induktion (PI) und die Auswertung von Schwebungen bei zwei Schwingkreisen (BFO).

2.5. Windgeschwindigkeitsmesser

Gängige Ausführungen arbeiten mit Wirbelströmen und nutzen die Lenzsche Regel aus.

Abb. 8: Windgeschwindigkeitsmesser und Prinzipversuch

Schüler können das Prinzip leicht anhand eines Modellversuchs mit einem Teelicht nachvollziehen.

2.6. Positionssensoren

Für Positionsmessungen sind verschiedene Verfahren gebräuchlich:

Kurzschlussring: Wirbelströme in einem Aluring verändern den magnetischen Fluss zwischen den Fingern des Transformatorkerns. Damit erhält man auch eine veränderte Induktionsspannung an der Spule.

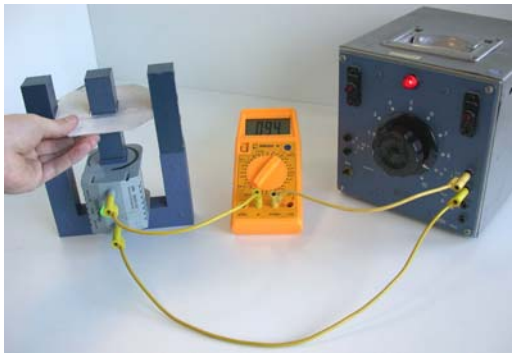

Abb. 9: Modellversuch zum Kurzschlussring-Sensor

Tauchankerspule: Die Induktivität einer Spule hängt von der Eintauchtiefe des Kerns ab.

Differentialtransformator: Die Position des Kerns ändert den Kopplungsgrad zwischen Primär- und Sekundärspule.

3. Poster

Der vorliegende Beitrag wurde auf der Tagung in Form eines Posters präsentiert.

Literatur

[1] Girwidz, Raimund: *Sensoren: Physik erleben, verstehen und anwenden.* Unterricht Physik, 17(91):4–6, 2006.

[2] Dietrich, Rainer und Raimund Girwidz: *Induktive Sensoren.* Unterricht Physik, 17(91):12–16, 2006.

[3] Weidinger, Markus und Thomas Wilhelm: *Differentialtransformator und Differenzspulensensor im Unterricht.* Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 56(8), 2007. Im Druck.