

Einführung elektrischer und magnetischer Felder

1. Didaktisches Konzept

Elektrische und magnetische Felder sind grundlegende Konzepte der Physik und bilden die Basis der modernen Technologien. Für eine naturwissenschaftliche Grundbildung ist daher ein fundiertes Verständnis der klassischen Feldtheorie unerlässlich. Die Ergebnisse nationaler und internationaler Studien zeigen jedoch, dass Lernende zahlreiche konzeptuelle Schwierigkeiten und lernhinderliche Vorstellungen in diesem Themengebiet aufweisen. Der hier vorgestellte Einführungsunterricht über elektrische und magnetische Felder für die Sekundarstufe II soll daher Lernende dabei unterstützt, physikalisch angemessene Vorstellung zu entwickeln.

1.1 Inhalte

Der Einführungsunterricht thematisiert die Basiskonzepte und deren Zusammenhänge, wie sie in den Maxwell-Gleichungen und der Lorentzkraft repräsentiert werden. Auf eine Spezifizierung der einzelnen Gesetzmäßigkeiten bzw. eine formale Beschreibung wird verzichtet, sondern die zentralen Aussagen werden qualitativ behandelt.

1.2 Zentrale Bestandteile des Einführungsunterrichts

Neue Sachstruktur

In Schulbüchern und im traditionellen Unterricht erfolgt die Einführung des elektrischen Feldes meist über die Felder von Punktladungen. In der Konzeption des Einführungsunterrichts wurde ein anderer Weg eingeschlagen. Von Anfang werden statt statischer Phänomene dynamische Prozesse thematisiert. Diese Vorgangsweise hat folgende Vorteile:

- Dynamische Prozesse erlauben es, Phänomene zu behandeln, die stärker in der Alltagswelt der Lernenden verankert sind. Die Lernenden können somit einfacher die Relevanz und die Bedeutung der Lerninhalte erkennen.
- Dynamische Phänomene ermöglichen eine parallele Einführung elektrischer und magnetischer Felder. Dadurch können die Gemeinsamkeiten, aber auch vor allem die Unterschiede, besser herausgearbeitet werden.
- Die Zusammenhänge zwischen den Basiskonzepten Materie und Felder, wie sie in den Maxwell-Gleichungen oder in der Lorentzkraft-Formel zusammengefasst werden, können von Anfang an thematisiert werden. Die zeitliche Abfolge der Inhalte richtet sich nicht nach Kriterien wie statische oder dynamische Prozesse bzw. elektrische oder magnetische Felder, sondern nach dem Typus der Interaktion (Materie – Feld, Feld – Feld bzw. Feld – Materie Interaktionen). Dadurch wird verhindert, dass die Lernenden

isoliertes Wissen ansammeln, ohne die entsprechenden Zusammenhänge zu kennen und zu verstehen.

Schon in der ersten Sequenz erfolgte daher der Einstieg mit Hilfe eines Demonstrationsversuchs zur Informationsübertragung mittels elektromagnetischer Wellen (siehe Abb. 1). Der Fokus des Demonstrationsversuchs liegt dabei auf den Vorgängen an der Sendeantenne und der Empfangsantenne. Andere Teilaspekte des Versuchs, wie z. B. die Funktionsweise von Schwingkreisen, die Ein- bzw. Auskopplung der Signale oder das Resonanzverhalten werden während des Einführungsunterrichts ausgeblendet.

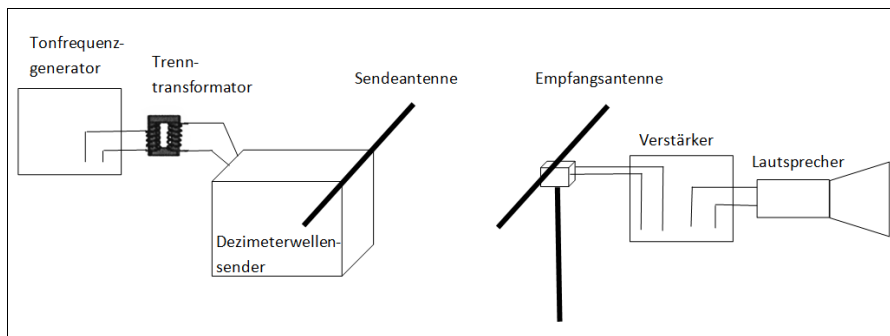


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Demonstrationsversuchs zur Informationsübertragung

Einführung des Feldbegriffs

Im Einführungsunterricht wird das Feld nicht als Funktion eingeführt, die jedem Punkt den Wert einer ort- und zeitabhängigen physikalischen Größe zuordnet, sondern über die historische Bedeutung des Feldbegriffs in der Physik. Die Lernenden sollen erkennen, dass der Feldbegriff in der Interpretation von Kraftwirkungen über Distanzen eine zentrale Rolle spielt und für den Wechsel in der ontologischen Sichtweise bzw. Interpretation von Wechselwirkungen verantwortlich ist.

Unterstützt wird die Einführung des Feldbegriffs durch eine Analogie. Dabei handelt es sich um einen Versuch zur Oberflächenspannung. Wird ein Reißnagel vorsichtig auf die Wasseroberfläche gelegt, schwimmt dieser auf Grund der Oberflächenspannung. Interessanterweise befindet sich der Reißnagel immer in der Mitte des Becherglases und nicht am Rand. Selbst wenn man den Reißnagel etwas in Richtung des Randes stößt, wird dieser noch bevor er den Rand erreicht, zurückgestoßen. Wird ein zweiter Reißnagel auf die Wasseroberfläche gelegt, schwimmen sie zueinander. Der Rand des Glases und der Reißnagel stoßen sich gegenseitig ab, aber zwei Reißnägel ziehen sich gegenseitig an. In beiden Fällen tritt eine Wechselwirkung ohne direkten Kontakt auf, analog zur Wechselwirkung zwischen Ladungen oder zwischen elektrischen Strömen. Im Fall der Reißnägel liegt der Grund in der Oberflächenspannung bzw. in der Bestrebung des Wassers die Oberfläche zu minimieren. Bekannt ist dieser Effekt auch unter dem Begriff „Cheerios effect“ (Vella & Mahadevan, 2005).

Das Verhalten der Reißnägel auf der Wasseroberfläche bietet sich als Analogie sehr gut an, da sowohl Anziehung und Abstoßung auftritt und für Lernende leicht erkennbar ist, dass die

gegenseitige Wechselwirkung nicht direkt von den Reißnägeln ausgeht, sondern durch die veränderte Wasseroberfläche vermittelt wird, was die Interpretation der Wechselwirkung im Sinne des Nahwirkungsprinzips erleichtert. Sieht man seitlich auf die Wasseroberfläche oder legt man unter das Becherglas ein Millimeterpapier erkennt man, dass am Reißnagel sich konvexe Menisken ausbilden. Wenn notwendig, könnte man den Versuch auch noch ausbauen, in dem auch die Schutzkappen der Reißnägeln verwendet werden. Schwimmen eine Schutzkappe und ein Reißnagel auf der Wasseroberfläche, werden sich beide nicht gegenseitig anziehen, sondern abstoßen, da an der Schutzkappe konkave Menisken auftreten. Die Minimierung der Oberfläche führt daher zu einer Abstoßung beider.

Im Vergleich zu anderen Analogien, wie das Höhenfeld oder Temperaturfeld, kann durch das Verhalten der Reißnägeln auf der Wasseroberfläche der ontologische Status des Feldbegriffs besser vermittelt werden. Schließlich steht in der Analogie auch die Wechselwirkung zwischen Körpern (Reißnagel und Becherglas bzw. Reißnagel und Reißnagel) im Vordergrund. Außerdem ist klar erkennbar, dass die Veränderung der Wasseroberfläche durch einen Reißnagel immer vorhanden ist, unabhängig davon, ob ein zweiter Reißnagel anwesend ist bzw. ob eine Wechselwirkung zwischen den Reißnägeln erkennbar ist. So wie in der klassischen Feldtheorie jede Ladung ein Feld in ihrer Umgebung hervorruft, unabhängig davon, ob eine zweite Ladung anwesend ist oder nicht. Die Existenz des Feldes ist also nicht an eine beobachtete Kraftwirkung gebunden.

Aufbau einer hierarchischen Wissensstruktur

Ein wesentliches Ziel des Einführungsunterrichts ist es, Lernende von Anfang an beim Aufbau einer hierarchischen Wissensstruktur zu unterstützen. Dafür wird im Unterricht schrittweise ein Concept Map erstellt, welches alle zentralen Zusammenhänge, also die Interaktionen zwischen Materie – Feld, Feld – Feld und Feld – Materie beinhaltet.

1.3 Verankerung im Unterricht

Der Unterrichtsvorschlag ist für zwei Unterrichtseinheiten konzipiert. In welcher Schulstufe der Sekundarstufe II bzw. in welchem Semester dieser Unterrichtsvorschlag eingesetzt wird ist abhängig von der Wochenstundenzahl in der Oberstufe bzw. autonomen Lehrplänen.