

Einführung elektrischer und magnetischer Felder in der Sekundarstufe II

Einleitung

Der Feldbegriff ist einer der grundlegendsten Konzepte der modernen Physik. In der Schule sind elektrische und magnetische Felder zentraler Bestandteil des Curriculums der Sekundarstufe II. Internationale Studien (z. B. Albe et al., 2001; Demirci, 2006; Furió et al., 2004; Guisasaola et al., 2004; Maloney et al., 2001; Pocovi & Finley, 2002; Pocovi, 2007) zeigen jedoch, dass die Konzepte von Lernenden stark von physikalischen Vorstellungen abweichen. Allerdings findet man in der Literatur nur vereinzelt empirisch erprobte Interventionen.

Ziel des Forschungsprojekts ist es daher, eine Unterrichtssequenz zur Einführung elektromagnetischer Felder zu erarbeiten, die Lernende dabei unterstützen soll, physikalisch angemessene Vorstellung zu entwickeln.

Konzept des Einführungsunterrichts

Der inhaltliche Schwerpunkt der Intervention liegt auf der Einführung des Feldbegriffs. Außerdem soll ein Überblick über die Interaktionen, die zwischen den zwei Basiskonzepten Feld und Materie auftreten, gegeben werden. Die Dauer der Intervention soll 100 Minuten nicht überschreiten und aus fünf bis sieben Teilsequenzen bestehen.

Die gesteckten Ziele sollen durch folgende didaktische Leitideen erreicht werden. Es wird nicht der übliche Weg über statische Felder von Punktladungen gewählt, sondern dynamische Prozesse verstärkt betrachtet. Von Anfang an stehen die physikalischen Vorgänge bei der Abstrahlung, Übertragung und beim Empfang von Dezimeterwellen im Mittelpunkt. Die Einstiegssequenz beginnt daher mit einem Demonstrationsversuch zur Informationsübertragung mit Dezimeterwellen. Dieser Versuch zieht sich wie ein roter Faden durch die gesamte Intervention und ermöglicht, alle Interaktionen zwischen Feld und Materie aufzuzeigen. Zudem dürfte die Einführung des Feldes als eigenständiges physikalisches Objekt durch diese dynamischen Prozesse einfacher sein, da bei statischen Feldern schnell der Eindruck entsteht, dass das Feld nur ein Darstellungsmittel und Hilfsobjekt ist.

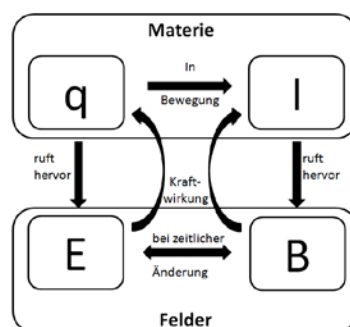


Abb. 1: Concept Map der Basiskonzepte und deren Wechselwirkungen (nach: Bagno & Eylon 1997)

Um die auftretenden Wechselwirkungen zwischen Feld und Materie besser zu verankern, wird schrittweise ein Concept Map (siehe Abb. 1) mit den Lernenden erarbeitet. Dadurch

soll von Anfang an der Aufbau einer hierarchischen Wissensstruktur unterstützt werden. Die Einführung des Feldbegriffs soll durch eine passende Analogie erleichtert werden. In der Dissertation von Braun (2009) wird ein sehr interessanter Effekt beschrieben (Vella & Mahadevan, 2005). Schwimmen zwei Reißnägeln auf einer Wasseroberfläche, ziehen sie sich scheinbar wechselseitig an (siehe Abb. 2). Dieser Effekt soll daher als Analogie für die von Feldern vermittelte Wechselwirkung zwischen Materie und Materie eingesetzt werden.

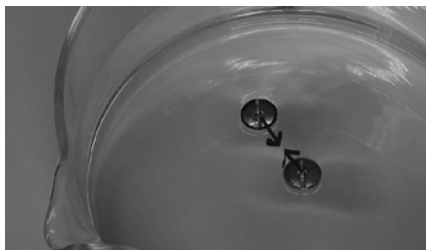


Abb. 2: Scheinbare wechselseitige Anziehung zweier Reißnägeln auf einer Wasseroberfläche.

Methodik

Die Entwicklung des Unterrichtskonzepts erfolgt in mehreren iterativen Zyklen von Design des Unterrichts, Evaluation und Re-Designs der Intervention auf Basis der Resultate der Evaluation. Diese erfolgte im Laborsetting mit je einer Schülerin und eines Schülers der 10. bzw. 11. Schulstufe. Die Probanden der Evaluation hatten noch keinen Unterricht über elektrische und magnetische Felder in der Sekundarstufe II erhalten. Insgesamt wurden bisher 8 S/S befragt. Als Evaluationsmethode wurden Akzeptanzbefragungen (Wiesner & Wodzinski, 1996) eingesetzt, die nach jeder Teilsequenz durchgeführt wurden. Wie bei Akzeptanzbefragungen typisch, erfolgte zu Beginn eine Erklärung mit Erläuterungen und Beispielen durch den Interventionsleiter. Anschließend mussten die Probanden das Informationsangebot bewerten. War die Erklärung schlüssig und nachvollziehbar oder entstanden Unklarheiten? Im nächsten Schritt mussten sie die Erklärung mit eigenen Worten wiedergeben und abschließend das Wissen auf konkrete Probleme und Fragestellungen anwenden.

Exemplarische Resultate

In der Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen über die erste Version und über die aktuelle, vierte überarbeitete Version dargestellt. Schon in der ersten Version wurde der Einstieg mit dem Demonstrationsversuch sehr gut angenommen und als sehr interessant bzw. motivierend eingestuft. Auch die Einführung des Feldbegriffs mit der Analogie der Reißnägeln auf der Wasseroberfläche bewährte sich. Große Probleme gab es in der dritten Sequenz, die noch viele traditionelle Inhalte aufwies. Vor allem die Feldlinienbilder von Punktladungen erwiesen sich als sehr hinderlich. Daher wurden in den folgenden Überarbeitungen die klassischen Feldlinienbilder sukzessive eliminiert. An ihre Stelle traten Feldanimationen vom TEAL-Projekt des MIT (MIT-TEAL). Außerdem wurden die Inhalte der einzelnen Sequenzen besser dem Einstiegsversuch angepasst. Die aktuelle vierte Version besteht nun aus sechs Sequenzen, die in der Akzeptanzbefragung jeweils ca. 15 Minuten dauerten. Kleine Probleme traten noch in der dritten und sechsten Sequenz auf, wobei dies vor allem das 3. Newtonsche Gesetz im Zusammenhang mit Feldern betraf und die Entstehung magnetischer Felder. In der vierten Sequenz wurde bei der Wiedergabe sehr stark der Fokus auf die Abstrahlung gelegt und die gegenseitige Aufrechterhaltung von E- und B-Feld ausgeblendet.

1. Version	Bewertung	Wiedergabe	Anwendung	4. Version	Bewertung	Wiedergabe	Anwendung			
Erste Sequenz: Einstieg	+	+	+	Erste Sequenz: Einstieg	+	+	+			
Zweite Sequenz: Einführung des Feldbegriffs	+	+	+	Zweite Sequenz: Einführung des Feldbegriffs	+	+	+			
Dritte Sequenz: Eigenschaften und Darstellung der Felder	—	~	~	Dritte Sequenz: Entstehung elektr./mag. Felder	+	+	~			
Vierte Sequenz: Dynamische Felder	+	+	~	Vierte Sequenz: Sendeantenne	+	~	+			
Fünfte Sequenz: Zusammenfassung	~	~	~	Fünfte Sequenz: Empfangsantenne	+	+	+			
+ ... Gute Bewertung der Erklärung bzw. gelungene Wiedergabe/Anwendung ~ ... mittleres Ergebnis — ... Erklärung nicht verständlich bzw. nicht adäquate Wiedergabe/Anwendungen				Sechste Sequenz: Zusammenfassung				+	+	~

Abb. 3: Resultate der Akzeptanzbefragungen über die erste und vierte Version

Vorläufiges Fazit und Ausblick

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass der konzipierte Einführungsunterricht unter den von uns gewählten Bedingungen die Entwicklung von physikalisch angemessenen Vorstellungen unterstützt. In allen Versionen hat sich der Demonstrationsversuch zur Informationsübertragung mit Dezimeterwellen bewährt. Die Einführung des Feldbegriffs mithilfe der Analogie von Reißnägeln auf einer Wasseroberfläche unterstützte die Entwicklung des Feldkonzepts. Das Konzept wurde auch in Anwendungssituationen richtig eingesetzt. In der vierten Version wurden die Feldanimationen des TEAL-Projektes eingesetzt und die Inhalte der einzelnen Sequenzen adaptiert. Beides hat sich bei der Akzeptanzbefragung als sehr hilfreich erwiesen. Die Schwierigkeiten bei der Wiedergabe der vierten Sequenz zeigen, dass die Bedeutung der gegenseitigen Erzeugung von elektrischen und magnetischen Feldern noch deutlicher herausgearbeitet werden muss. Momentan wird an der fünften Version gearbeitet. Die Untersuchung der Praxistauglichkeit in einer Feldstudie ist noch ausständig.

Literatur

- Albe, V.; Venturini, P.; Lascours, J. (2001): Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics. In: Journal of Science Education and Technology 10 (2), S. 197–203
- Bagno, E.; Eylon, B.-S. (1997): From problem solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism. In: American Journal of Physics 65 (8), S. 726–736
- Braun, T. (2009): http://www.didaktik.physik.uni-duisburg-essen.de/~backhaus/pdfs_fuer_Webseite/TBraun%20Dissertation.pdf
- Demirci, N. (2006): Students' Conceptual Knowledge about Electricity and Magnetism and Its Implications: An Example of Turkish University. In: Science Education International 17 (1), S. 49–64
- Furió, C.; Guisasola, J.; Almudí, J.M. (2004): Elementary Electrostatic Phenomena: Historical Hindrances and Student's Difficulties. In: Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education 4 (3), S. 291–313
- Guisasola, J.; Almudí, J.M.; Zubimendi, J.L. (2004): Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. In: Sci. Ed. 88 (3), S. 443–464
- Maloney, D.P.; O'Kuma, T.L.; Hieggelke, C.J.; van Heuvelen, A. (2001): Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. In: Phys. Educ. Res., Am J. Phys. Suppl. 69 (7), S. 12–23
- MIT-TEAL: <http://icampus.mit.edu/projects/teal/> (Stand: 04.2014)
- Pocovi, M. C. (2007): The effects of a history-based instructional material on the students' understanding of field lines. In: J. Res. Sci. Teach. 44 (1), S. 107–132
- Pocovi, M. C.; Finley, F. (2002): Lines of Force: Faraday's and Students' Views. In: Sci & Educ 11 (5), S. 459–474
- Vella, D.; Mahadevan, L. (2005): The "Cheerios effect". In: American Journal of Physics 73 (9), S. 817–825
- Wiesner, H.; Wodzinski (1996): Akzeptanzbefragung als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In: Duit, R.; Rhöneck, C.: Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel: IPN