Manuel Schleicher[1]
Olaf Krey[1]
Marietta Menner[1]
Julia Thurner-Irmler[1]

[1]Universität Augsburg

Die Vielseitigkeit von Magnetismus im Schüler*innen Labor entdecken

In vorliegendem Beitrag wird die Entwicklung des Schüler*innen-Labor-Bausteins „Der andere Magnetismus“ vorgestellt. Dieser richtet sich an Schülerinnen und Schüler der 7. und 8. Klassen an Gymnasien in Bayern. Dabei wird an das Vorwissen zum Ferromagnetismus angeknüpft, dieses vertieft und um die Magnetismus-Formen Dia-, Para- und Antiferromagnetismus erweitert. In einer experimentgestützten Lernumgebung sollen beobachtete Phänomene mit einem theoretischen Modell verknüpft werden.

Projektrahmen

Dieses Projekt ist in das überregionale Forschungsnetzwerk „ConQuMat“ (Constrained Quantum Matter) des Transregional Collaborative Research Center (TRR360) eingebunden, welches auf die Erforschung eingeschränkter Quantenmaterialien fokussiert ist. Neben den fachphysikalisch ausgerichteten Arbeitsgruppen ist das Outreach-Team ein weiterer Bestandteil. Dieses stellt sich der Herausforderung, die anspruchsvollen Forschungsinhalte in ihren Grundzügen der Öffentlichkeit zu vermitteln. Dabei besteht die Herausforderung, die Inhalte in eine reduzierte Form zu überführen, die trotzdem den Anspruch an fachliche Richtigkeit erfüllt.

Struktur der Einheit

Der Baustein „Der andere Magnetismus“ wurde als Halbtagesprogramm mit einem Umfang von 4 h konzipiert. Die Abb. 1 beschreibt die Struktur der Unterrichtseinheit in mehreren Phasen: Zunächst wird das Vorwissen der Schüler aktiviert und gefestigt, wobei der Ferromagnetismus als Ausgangsniveau dient. Das sogenannte "Pfeilmodell" wird eingeführt, mit den bisher bekannten Grundlagen verknüpft und um das Konzept „Bezirke und Kopplung“ erweitert. Eine detaillierte Beschreibung des theoretischen Modells findet sich in dem folgenden Kapitel. Der Hauptteil der Unterrichtseinheit besteht aus drei Stationen, an denen neue Magnetismus-

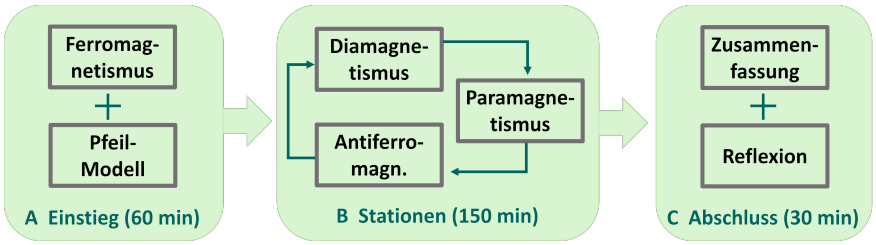

Abb. 1. Darstellung der inhaltlichen Struktur der Schülerlaboreinheit in einem Flussdiagramm.

Formen eingeführt werden. Dabei beginnen die Stationen Dia- und Paramagnetismus mit der phänomenologischen Beschreibung auf experimenteller Grundlage. Nach dem Festhalten der

Unterschiede zu den bekannten ferromagnetischen Phänomenen werden die neuen Erkenntnisse mittels Pfeilmodell skizziert. Im letzten Schritt werden die beobachteten Effekte erläutert. Die elementarisierte Erklärung knüpft an das theoretische Modell an und ist durch Lernvideos gestützt.
Die Einheit schließt mit einer Zusammenfassung der Konzepte in Form eines Rollenspiels ab, in dem die Schülerinnen und Schüler die verschiedenen Magnetismus-Formen darstellen. Sie agieren dabei als magnetische Momente, die sich entsprechend der jeweiligen Magnetismus-Formen organisieren und auf äußere magnetische Felder reagieren. Diese Herangehensweise soll die theoretischen Konzepte festigen und die Schüler dazu anregen, das Gelernte anzuwenden. Ein Fragebogen zur Evaluation und ein Abschlussquiz beenden die Einheit.

Theoretisches Modell

Die Wahl der visuellen Repräsentation spielt eine entscheidende Rolle bei der Beschreibung von Magnetismus. Ein Modell zur Verknüpfung von Phänomen und Theorie, das auf einfache Weise dargestellt und skizziert werden kann, wurde entwickelt. Die Basis des Modells stellen die magnetischen Momente dar. Ausgangspunkt ist das Bohrsche Atommodell, in dem das Atom als Kern beschrieben wird, der von Elektronen auf Bahnen umkreist wird. Zunächst wird das Elektron nicht als Teilchen auf dieser Bahn, sondern als Bahn an sich beschrieben. Der Spin wurde als Umlaufrichtung um den Kern eingeführt. Durch graphische Addition konnte die gegenseitige Auslöschung der magnetischen Wirkung von gepaarten Elektronen (entgegengesetzte Umlaufrichtung) und das resultierende magnetische Moment bei ungepaarten Elektronen auf einer Modellebene nähergebracht werden. Die Darstellungsweise ist in Abb. 2 am Beispiel eines ungepaarten Elektrons abgebildet. Die Verwendung von Pfeildarstellung zur Beschreibung von Magnetismus stellt eine oberflächliche Gemeinsamkeit mit dem Eisen-Magnet-Modell dar (Rachel, 2013).

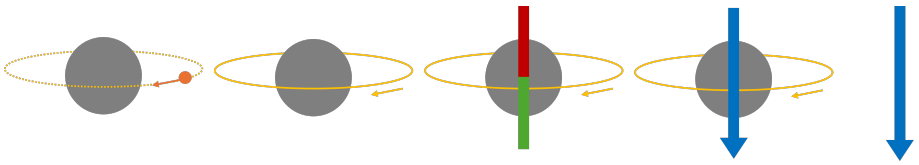

Abb. 2. Die Überführung der Darstellung eines ungepaarten Elektrons ausgehend vom Bohrschen Atommodell (l.) in kleinen Schritten bis hin zu dem verwendeten „Pfeilmodell“.

Mit Hilfe des theoretischen Modells werden die Konzepte „Magnetische Ordnung und Kopplung“, „Wärmebewegung der magnetischen Momente“ und „Magnetisierung durch äußere Magnetwirkung“ eingeführt. Diese sind relevant, um die unterschiedlichen Magnetismustypen zu verstehen.

Station Diamagnetismus

Exemplarisch wird die Station zum Thema *Diamagnetismus* detaillierter beschrieben.
Anhand eines Pendelversuchs mit diamagnetischen Materialien wie Bismut, Graphitminen und Weintrauben wird das Verhalten dieser Materialien im Magnetfeld untersucht. Die Beobachtungen werden von dem Verhalten von ferromagnetischen Stoffen kontrastiert und das Augenmerk wird auf die Phänomene gelenkt, die sich die Schüler*innen zu diesem Zeitpunkt

nicht erklären können. (Magnete stoßen Weintrauben ab und zwar unabhängig davon, welcher Pol des Magneten genähert wird.) Nach der Durchführung der Experimente erfolgt eine Erläuterung der Ursache des diamagnetischen Effektes, die durch ein Lernvideo unterstützt wird. Darin wird mit Hilfe des Pfeilmodells veranschaulicht, wie der diamagnetische Effekt auf atomarer Ebene durch die Änderung der Elektronenbewegung im Magnetfeld entsteht. In Abb. 3 ist der diamagnetische Effekt im Modell dargestellt. Bei äußerem Magnetfeld, wird je nach Umlaufrichtung (Spin) der Bahnradius größer oder kleiner. Die Auslöschung der magnetischen Wirkung von gepaarten Elektronen wird aufgehoben und es resultiert ein magnetisches Moment. Dieses ist dem äußeren Feld entgegengerichtet.

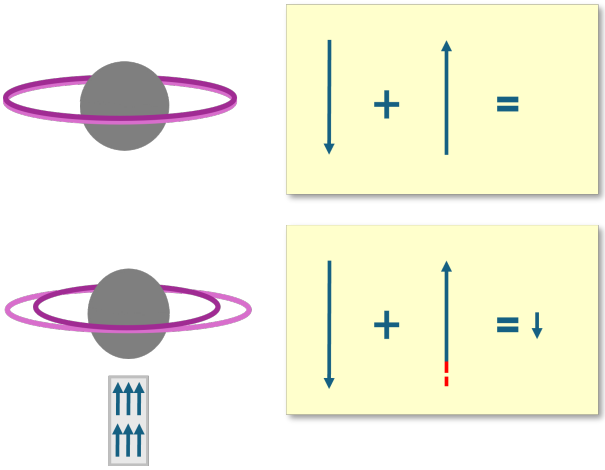

Abb. 3. Darstellung des diamagnetischen Effektes mit Hilfe des Pfeilmodells.

Evaluation und zukünftige Beforschung

Die Evaluation orientiert sich an situationalem Interesse und dem subjektiven Empfinden der Schüler*innen. Eine Pilotstudie zu der Fragestellung, ob die Gamification des Arbeitsmaterials zu einem gesteigerten situationalen Interesse und einem erhöhten Wissenszuwachs bei den Schülerinnen und Schülern führt, wurde bereits durchgeführt. Darüber hinaus soll zukünftig das Spannungsverhältnis zwischen der Zugänglichkeit von Quantenphysik durch klassische Repräsentationsformen und der fachlichen Korrektheit erörtert werden, ein zentrales Problem, das in der didaktischen Aufbereitung wissenschaftlicher Inhalte immer wieder auftritt. Um die Akzeptanz des theoretischen Modells zu untersuchen, ist im nächsten Schritt die Entwicklung und Evaluierung eines konzeptuellen Tests zu den abstrakten Themen der Lehreinheit notwendig. Dazu sollen die Vorstellungen der Lernenden erfasst werden, um eine fundierte Grundlage für die Testkonstruktion zu schaffen.

Literatur

Rachel, A. (2013). Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus. Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe. Studien zum Physik- und Chemielernen, 157. Logos Verlag Berlin