

Erdbebenforschung im handlungsorientierten Geographieunterricht – ein naturwissenschaftliches kompetenzorientiertes Experiment

isabel.hoermann@googlemail.com, Holbein Gymnasium, Augsburg & Institut für Geographie, Universität Augsburg

eingereicht am: 17.11.2014, akzeptiert am: 26.05.2015

Dieser Beitrag illustriert ein in der Unterrichtspraxis erprobtes kompetenzorientiertes und fächerübergreifendes Experiment zur Erdbebenforschung im handlungsorientierten Geographieunterricht. Für den vorliegenden theoriegeleiteten und in der Praxis erprobten Beitrag findet die methodische Großform des Experiments Verwendung. Das konzipierte quantitative Experiment für Schüler/innen lehnt sich an das Strukturmodell nach Otto et al. (2010, 140) an. Auf Grundlage der Kenntnisse der elektromagnetischen Induktion können die Schülerinnen und Schüler experimentell die Ursache, Stärke und Herkunftsrichtung eines Erdbebens bestimmen.

Keywords: Experiment, Erdbebenforschung, Implementierung Bildungsstandards, fächerübergreifender handlungsorientierter Geographieunterricht

Earthquake research in action-oriented geography teaching – a competence-oriented natural-science experiment

This paper presents a well-proven competence-oriented and interdisciplinary experiment for earthquake research in action-oriented geography teaching. A methodological experiment was used for the theory-driven contribution in this article and tested in practice. It is based on the design of the structure model by Otto et al. (2010, 140). Using their knowledge of electro-magnetic induction, the students can experimentally detect the cause, strength and direction of the hypocentre of an earthquake.

Keywords: experiment, earthquake research, implementation of educational standards, interdisciplinary action-oriented geography teaching

1 Kurzcharakteristik des Experiments zur Erdbebenforschung

Es stellt sich die Frage, worauf die Relevanz des Experiments zur Erdbebenforschung begründet ist. Studien nach Trend (2001, 2004, 2005 und 2007) identifizierten auf Basis einer Fragebogen-Erhebung sowohl auf Seiten der Lernenden als auch der Lehrenden größtes Interesse an der Erdbeben thematik. Weitere Forschungsprojekte wie die „IPN-Studie zum Schülerinteresse an geowissenschaftlichen Themen, Kontexten und Arbeitsweisen“ sowie die „Münsteraner Studie zum Interesse von Schülerinnen und Schülern an Naturrisiken“ ergaben ähnliche Ergebnisse hinsichtlich des inhaltlichen Gegenstandes Erdbebenent-

stehung, dessen Auswirkungen und mögliche zu ergreifende Schutzmaßnahmen (Hemmer & Hemmer 2010, 224 ff.).

Im Hinblick auf die Untersuchung des Interesses der Lernenden an Arbeitsweisen steht zwar laut Hemmer und Hemmer (1997a, 1997b) die methodische Großform Experiment neben Filmen, Modellen und Computersimulationen an oberster Stelle der Beliebtheitskala, jedoch erlauben Erhebungen zur tatsächlichen Anwendungshäufigkeit in der Unterrichtspraxis ein anderes Bild zu zeichnen. Ein Vergleich der Einsatzhäufigkeit einzelner Arbeitsweisen im Geographieunterricht aus den Jahren 1995 und 2005 (Hemmer & Hemmer 2006) zeigt, dass die methodische Großform des Experiments unter 16 (Studie von 1995) bzw.

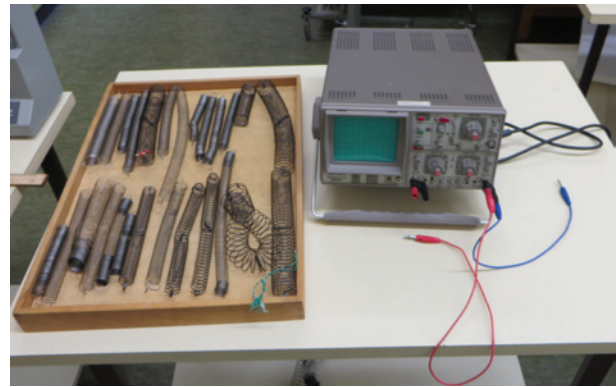
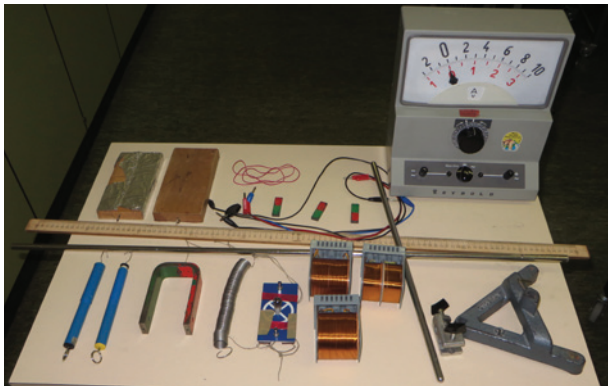


Abb. 1 und 2: Versuchsmaterialien (eigene Aufnahme)

17 (Studie von 2005) möglichen Arbeitsweisen den vorletzten (1995) bzw. 14. Platz (2005) belegt. Basierend auf den Ergebnissen der oben aufgeführten Studien wird nun mit dem Hinweis auf die didaktischen Hintergründe in Kapitel 4 und 5 eine Experimentierreihe rund um die Erdbebenforschung entwickelt.

1. Ziel des Versuchs: Experimenteller Nachweis eines Erdbebens einschließlich der Bestimmung der Intensität und Richtungsherkunft des plattentektonischen Ereignisses.
2. Implementationsvorschläge des physikalischen Schüler/innenexperiments in die Unterrichtspraxis in Anlehnung an den bayerischen Gymnasiallehrplan (vgl. ISB Bayern 2015 a und b):
 - 9. Jahrgangsstufe Physik – Unterrichtssequenz „Elektromagnetische Induktion“
 - 11. Jahrgangsstufe Physik – Unterrichtssequenz „Elektromagnetische Induktion“
 - 10. Jahrgangsstufe Geographie – Unterrichtssequenz „Geodynamische Vorgänge im pazifischen Raum“
 - 11. Jahrgangsstufe Geographie – Unterrichtssequenz „Umweltrisiken und menschliches Verhalten“
 - Ausgewählte P- und W-Seminare in der Neuen Oberstufe des bayerischen Gymnasiums
 - Wahlunterricht „Jugend forscht“ oder „Experimente antworten“, u. a.
3. Implementationsmöglichkeiten für den Geographie- und Wirtschaftskundeunterricht in Österreich könnten mit dem Verweis auf das Lehrziel „Erfassen, wie sich Naturereignisse aufgrund des sozialen und ökonomischen Gefüges unterschiedlich auswirken“ (BMBF 2015) des AHS-Oberstufen Lehrplans erfüllt werden.
4. Zielgruppe: Schülerinnen und Schüler ab der 9. Jahrgangsstufe, Unterrichtsfächer Geographie und Wirtschaftskunde sowie Physik.
5. Benötigte Materialien, die in soliden Physiksammlungen ausreichend vorhanden sein sollten (Abb. 1 und 2):

- Spulen (mit $N=300/600/1200$ Windungen)
 - Kabel
 - Hufeisenmagnet
 - Stabmagnete
 - Gestänge (2 Stangen, ein Fundament, eine Muffe)
 - Meterstab
 - Justierblöcke mit Haken
 - Federn mit unterschiedlicher Federhärte (insbesondere Federkraftmesser)
 - Gummibänder
 - eine Glühlampe
 - Oszilloskope, alternativ Multimeter
6. Zeitbedarf: 45 Minuten (1 Schulstunde)

Vorbereitung:

1. Kenntnisse zu theoretischen Grundlagen der Plattentektonik, insbesondere zur Erdbebenthematik
2. Kenntnisse zur Thematik „Elektromagnetische Induktion“

2 Aufbau und Funktionsweise des geophysikalischen Experiments zur „Erdbebenforschung“

Die Abbildungen 3 und 4 geben den Versuchsaufbau zum Experiment „Nachweis eines Erdbebens einschließlich der Bestimmung der Intensität und Richtungsherkunft des plattentektonischen Ereignisses“ wieder.

Das Experiment zur Erdbebenforschung basiert auf dem physikalischen Prinzip der elektromagnetischen Induktion (Tipler 2004, 893 ff.). Sobald sich der an einer freien Feder hängende Hufeisenmagnet aufgrund einer Erschütterung in die Spule hinein- und wieder hinausbewegt, ist an den Enden der beiden mit der Spule verbundenen Kabel eine Spannung induziert worden (Abb. 3). Die durch die Erschütterung entstandene induzierte Spannung kann direkt am Oszilloskop abgelesen oder aber auch mit Hilfe weite-

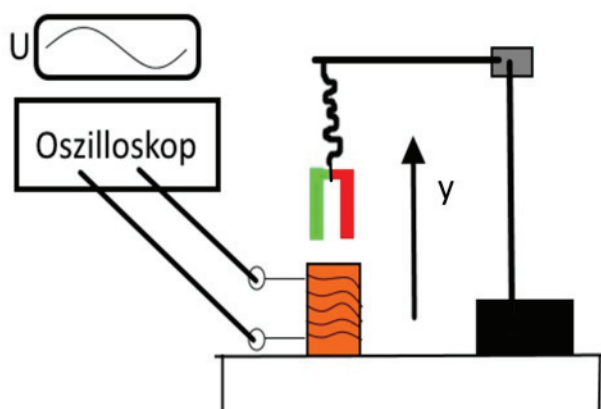


Abb. 3: Versuch zum Nachweis eines Erdbebens einschließlich Bestimmung der Intensität (eigener Entwurf, inspiriert durch Dietrich & Girwidz 2006).

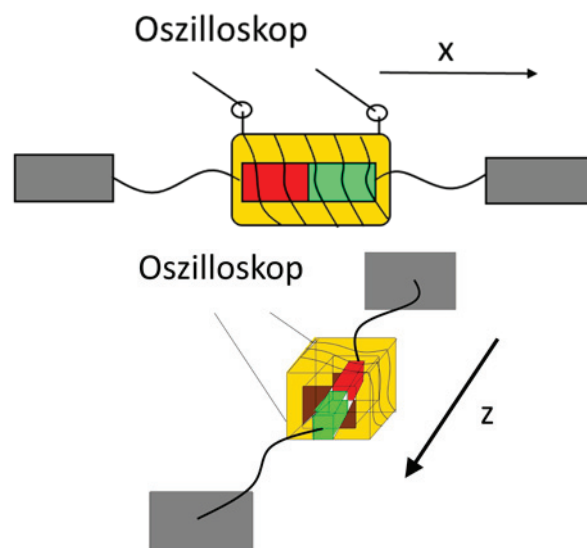


Abb. 4: Versuch zum Nachweis eines Erdbebens einschließlich Bestimmung der Intensität und Herkunftsrichtung des plattentektonischen Ereignisses (eigener Entwurf).

rer Nachweisgeräte wie einer Glühlampe oder einem Multimeter (Voltmeter) detektiert werden.

Um die Intensität der Erschütterung – also des simulierten Erdbebens – zu bestimmen, ist eine Verbindung der beiden an der Spule angeschlossenen Kabel an ein Oszilloskop aus folgenden Gründen ratsam:

1. Die kleinste Erschütterung verursacht eine Bewegung des Hufeisenmagneten. Somit wird die durch den bewegten Hufeisenmagneten induzierte Wechselspannung sofort am Oszilloskop-Bildschirm sichtbar. Ein Multimeter kann unter Umständen kleinste Intensitäten des „Erdbebens“ nicht anzeigen.
2. Am Oszilloskop wird der zeitliche Verlauf der sinusförmigen Wechselspannung im $U(t)$ -Diagramm sofort sichtbar. Folglich können relevante physikalische Größen (z. B. der Betrag der erzeugten Spannung, die Schwingungsdauer T , die Dämpfung der Schwingung) unmittelbar aus dem Diagramm abgelesen werden, die mit Hilfe ausgewählter Formeln die Berechnung weiterer relevanter physikalischer Größen erlauben.
3. Auch gibt das am Oszilloskop aufgezeigte $U(t)$ -Diagramm einige Auskünfte über die Dauer, Stärke (Intensität) und Häufigkeit der Störung.
4. Auf anschaulichste Weise ist erkennbar: Je größer die Amplitude des sinusförmigen Graphen am Oszilloskop-Bildschirm erscheint, desto stärker ist die Erschütterung.

Eine Abänderung der Versuchsreihe dient zur Bestimmung der Herkunftsrichtung des Erdbebens (Abb. 4): In einer Spule befindet sich ein ruhender Stabmagnet, der an beiden Enden mit identischen Federn an zwei

Justierblöcke fixiert ist. Sobald eine durch ein plattentektonisches Ereignis erzeugte Erschütterung die Bewegung des ursprünglich ruhenden Stabmagneten veranlasst, ändert sich der Anteil des konstanten Magnetfeldes, welcher die Spule durchsetzt. Folglich wird nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion eine Spannung erzeugt, welche am Oszilloskop erscheint. Erneut können Aussagen über die Richtung und Intensität getroffen werden (Tipler 2004).

Aufgrund der Polung des Stabmagneten ergeben sich folgende Beobachtungen:

1. Taucht der Nordpol des Stabmagneten in die Spule, ist ein positiver Spannungstoß z. B. am Voltmeter abzulesen.
2. Taucht der Südpol des Stabmagneten in die Spule, ist ein negativer Spannungstoß z. B. am Voltmeter abzulesen.
3. Taucht der Nordpol des Stabmagneten aus der Spule, ist ein negativer Spannungstoß z. B. am Voltmeter abzulesen.
4. Taucht der Südpol des Stabmagneten aus der Spule, ist ein positiver Spannungstoß z. B. am Voltmeter abzulesen.

Je nach Anordnung (x -/ z -Dimension), Schnelligkeit und Richtung der Bewegung des Stabmagneten gemäß Abbildung 4, können sowohl die Intensität als auch die Herkunftsrichtung des Erdbebens bestimmt und am Oszilloskop abgelesen werden. Beste Ergebnisse liefert die Verwendung von empfindlichen Federkraftmessern, die ein flexibles Bindeglied zwischen Justierblock und Stabmagnet bilden und auf kleinste Stöße reagieren.

Tab. 1: Durch das Schüler/innenexperiment zur Erdbebenforschung zu erwerbende Kompetenzen

Kompetenz	Wird erfüllt durch ...
Fachwissen	Die Schülerinnen und Schüler können Merkmale und Sachverhalte der Erdbebenforschung und der elektromagnetischen Induktion beschreiben, wie auch Funktionen und Faktoren erklären und Zusammenhänge am Beispiel der Erdbebenforschung fächerübergreifend erläutern.
Erkenntnisgewinnung/ Methoden	Die Schülerinnen und Schüler können am Beispiel der Erdbebenforschung Fachmethoden problemangemessen anwenden und Erkenntniswege reflektieren.
Kommunikation	Die Schülerinnen und Schüler können Sachverhalte zur Erdbebenforschung und elektromagnetischen Induktion unter Verwendung von Fachsprache wiedergeben und sich über die Problemlösung austauschen.
Beurteilung/ Bewertung	Die Schülerinnen und Schüler können Kriterien und geophysikalische Kenntnisse beim Beurteilen bzw. Überprüfen der im Experiment nachzuweisenden Hypothesen anwenden.
Handlung	Die Schülerinnen und Schüler können mögliche alternative Handlungen bei der experimentellen Erdbebenforschung erläutern und vergleichen sowie Handlungen begründen und reflektieren.

3 Das kompetenzorientierte Schüler/innen-experiment „Erdbebenforschung“

In seiner Grundidee versucht das in Kapitel 2 beschriebene Experiment eine konkrete Umsetzung und Operationalisierung kompetenzorientierten Lernens. Dabei gelten nach Mehren und Uphues (2010, 10 ff.) folgende Kriterien für einen kompetenzorientierten Unterricht: Schüleraktivierende Aufgabenkultur, Förderung der Metakognition, Outputorientierung, Kumulativität, kompetenzorientierte Diagnostik und individuelle Förderung. Es stellt sich die Frage, inwieweit ausgerechnet die Experimentierreihe zur Erdbebenforschung die oben genannten Kriterien eines kompetenzorientierten Unterrichts erfüllt und welche anvisierten (Teil-) Kompetenzen (nach unterschiedlichen Anforderungsniveaus) generell erworben werden.

Das motivierende Moment für die experimentelle Lehr-Lern-Umgebung basiert auf einem konkreten, aus der Realität stammenden Problem. Exemplarisch könnte auf das Erdbeben in Nepal vom April 2015 als impulsgebende Ausgangslage für die Unterrichtskonzeption verwiesen werden.

In Anlehnung an die einzelnen Bausteine des Strukturmodells nach Otto et al. (2010) sind die Lernenden durch die schüleraktivierende Aufgabenkultur durchwegs gefordert, eigenständig und in fortwährender sozialer Interaktion sämtliche Phasen naturwissenschaftlichen Arbeitens zu durchlaufen (Kapitel 4). Um jedoch eine Experimentierkultur wie die in Kapitel 2 beschriebene zu erfüllen, müssen die Schüler/innen zum einen über Fachwissen hinsichtlich der geographischen Sachverhalte rund um die Platten tektonik sowie über elementare elektromagnetische Grundlagen verfügen: Eine reine Beschreibung der

geo-physikalischen Grundlagen mündet erst in höhere Anforderungsbereiche wie dem anschaulichen Erklären und Erläutern fächerübergreifender Zusammenhänge, Funktionen und Faktoren, wenn zum einen der inhaltlich-methodische Anspruch des Experiments zunimmt und zum anderen die methodische Großform unterrichtsbegleitend an diese Themen des Lehrplans anknüpfend häufig und mit anwachsender Aufgabenschwierigkeit zum Einsatz kommt (Förderung der Metakognition, Outputorientierung, Kumulativität, Kompetenzbereich Fachwissen).

Ein fundiertes Fachwissen allein erlaubt noch keine Generierung, experimentelle Überprüfung und Reflexion von Fragestellungen, wie in der Konzeption gezeigt. Folglich müssen die Schüler/innen in der Lage sein, naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden nicht nur zu beschreiben, sondern auch in anwendungsbezogenem Kontext sinnvoll zu nutzen, Variationen im Versuchsablauf zu testen und die gewonnenen Messergebnisse im Hinblick auf die zu Beginn verfasste Fragestellung zu reflektieren. Mögliche, auf dem Erkenntnisweg auftretende Probleme erfordern das Überdenken angemessener, begründeter alternativer Handlungsschritte unter Verwendung von Fachsprache (Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung/Methoden, Beurteilung/Bewertung und Handlung).

Sowohl die mündlichen Überlegungen zur Planung des Experiments als auch die während der Erhebung im Protokoll aufgezeichneten Messdaten stützen die Anforderungen des Kompetenzbereichs Kommunikation. In allen Schritten des Strukturmodells findet eine rege Verwendung von Fachsprache statt, im Hinblick auf die logische und argumentative Qualität von Aussagen, deren Vergleich und Analyse. Die Tabelle 1

gibt Auskunft über die im Schüler/innenexperiment zur Erdbebenforschung anvisierten Kompetenzen (vgl. Bildungsstandards Geographie, 2012, 31).

4 Verwendung des Strukturmodells nach Otto et al. (2010) am Beispiel des quantitativ konzipierten Schüler/innenexperiments zur „Erdbebenforschung“

Die Arbeitsgruppe um Karl Heinz Otto empfiehlt für die Implementation der methodischen Großform Experiment im handlungsorientierten Geographieunterricht die Einhaltung des folgenden Strukturmodells zum naturwissenschaftlichen Arbeiten (vgl. Otto et al. 2010, 140):

1. Formulierung der naturwissenschaftlichen Fragestellung
2. Generieren der Hypothese(n)
3. Planung des Experiments
4. Durchführung des Experiments
5. Analyse der Daten und weitere Auswertung

Zunächst wird die naturwissenschaftliche Fragestellung formuliert, aus der die Generierung von Hypothesen abgeleitet wird. Um die verfassten Hypothesen im Experiment zu verifizieren bzw. zu falsifizieren, muss die Untersuchungsmethode akribisch geplant und vorbereitet werden. Während der Versuchsdurchführung werden Daten gewonnen, die genau zu analysieren und auszuwerten sind. Mittels der gewonnenen und aufbereiteten Daten können die zu Beginn des Experiments schriftlich fixierten Hypothesen nun bestätigt oder widerlegt werden. Im nachfolgenden Kapitel ist die ausführliche Darstellung des Strukturmodells nach Otto et al. (2010) in der praktischen Erprobung zu erkennen.

5 Die praktische Durchführung des geophysikalischen Schüler/innenexperiments zur „Erdbebenforschung“ nach dem Strukturmodell naturwissenschaftlichen Arbeitens

Das Experiment für Schüler/innen „Nachweis eines Erdbebens einschließlich der Bestimmung der Intensität und Richtungsherkunft des plattentektonischen Ereignisses“ nimmt eine Unterrichtsstunde von 45 Minuten in Anspruch.

Eine genaue Kenntnis des physikalischen Prinzips der elektromagnetischen Induktion und der plattentektonischen Grundlagen zu Erdbeben sind für die Lernenden unabdingbar. Auch muss die routinierte Handhabung ausgewählter Gerätschaften aus dem

Physikunterricht den Schülerinnen und Schülern verinnerlicht sein.

Zu Beginn des Schüler/innenexperiments liefert die Lehrkraft folgenden Impuls: „Ziel der Stunde ist die Entwicklung eines quantitativen Schüler/innenexperiments zur Erforschung der Intensität und Herkunftsrichtung eines Erdbebens. Das von den Schülerinnen und Schülern entwickelte Experiment sollte ebenso in der Lage sein, minimale Erschütterungen, also Erdbeben geringster Stärke, zu registrieren. Sämtliche bereitgestellten Materialien dürfen für die Entwicklung und Durchführung des Experiments verwendet werden.“

Begleitend erhalten die Lernenden ein Arbeitsblatt, siehe Arbeitsmaterialien.

5.1 Formulierung der naturwissenschaftlichen Fragestellung

Aus der instruierten Anweisung der Lehrkraft erfolgt nun die „Formulierung der naturwissenschaftlichen Fragestellung“ von Seiten der Schüler/innen. Eine Möglichkeit könnte sein: „Wie muss man ein quantitatives Schüler/innenexperiment zur Erdbebenforschung entwickeln, damit mit diesem überhaupt ein Erdbeben registriert und vor allem dessen Intensität und Herkunftsrichtung experimentell herausgefunden werden kann?“

5.2 Generieren der Hypothesen

Im Anschluss an die „Formulierung der naturwissenschaftlichen Fragestellung“ erfolgt als nächster Schritt im Strukturmodell des naturwissenschaftlichen Arbeitens das „Generieren der Hypothesen“. Eine beachtliche Hilfestellung zur Hypothesenbildung bietet das den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung stehende Versuchsmaterial, welches entscheidende Impulse sowohl für den Versuchsaufbau als auch für die Versuchsdurchführung liefert.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Lernenden vorab mit praktischen Anwendungsbeispielen der elektromagnetischen Induktion (z. B. Aufbau und Funktionsweise eines Modellgenerators, eines Fahrraddynamos, einer Schüttel- bzw. Kurbeltaschenlampe) aus vorangegangenen Unterrichtsstunden vertraut sind und somit einzelne Bauelemente auf die Untersuchung der jetzigen Fragestellung zu übertragen wissen.

Sämtliche Hypothesen werden von den Lernenden schriftlich festgehalten. Mögliche, von Schülerinnen und Schülern formulierte, Hypothesen lauten:

1. Erdbebenforschung ist mittels des physikalischen Prinzips der elektromagnetischen Induktion im quantitativen Schüler/innenexperiment umsetzbar.

- Sobald eine Spule von einem homogenen Magnetfeld durchsetzt wird, wird eine Spannung induziert.
- Sobald sich der Anteil der Fläche einer Spule verändert, die von einem konstanten Magnetfeld durchsetzt wird, wird eine Spannung induziert.

In beiden Fällen wird durch eine Bewegung – im engeren Sinne eine Erschütterung durch ein Erdbeben – eine Spannung induziert. Folglich kann mittels des Prinzips der elektromagnetischen Induktion ein Erdbeben nachgewiesen werden.

- Bestimmung der Intensität des Erdbebens und somit der induzierten Spannung.
 - Je stärker die Erschütterung ist, desto größer ist die im Experiment induzierte Spannung.
 - Je schneller und abrupter die Erschütterung eintritt, desto größer ist die im Experiment induzierte Spannung.
 - Je mehr Windungszahlen die Spule besitzt, desto größer ist die im Experiment induzierte Spannung.
 - Je empfindlicher das Messgerät (Oszilloskop, Multimeter) eingestellt ist, desto besser sind selbst kleine Intensitäten messbar.
 - Je weicher die Federhärte der verwendeten Feder(n) ist, desto besser sind Auslenkungen bzw. Erschütterungen erkennbar und selbst kleinste Intensitäten messbar.
- Bestimmung der Herkunftsrichtung des Erdbebens gemäß dem Versuchsaufbau aus Abbildung 4. Die Versuchsanordnung muss entlang einer gedachten x- bzw. z- Achse ausgerichtet sein.
 - Je positiver der Wert der induzierten Spannung (positive Polarität) ist, desto eher verläuft das Erdbeben gegen die x-Achse.
 - Je negativer der Wert der induzierten Spannung (negative Polarität) ist, desto eher verläuft das Erdbeben in Richtung der x-Achse.
 - Je positiver der Wert der induzierten Spannung (positive Polarität) ist, desto eher verläuft das Erdbeben gegen die z-Achse.
 - Je negativer der Wert der induzierten Spannung (negative Polarität) ist, desto eher verläuft das Erdbeben in Richtung der z-Achse.

5.3 Planung des Experiments

Im Anschluss an die Hypothesenbildung erfolgt der geplante Aufbau des Experiments, welcher die experimentelle Überprüfung der schriftlich fixierten Hypothesen zulässt. Die Phase „Planung des Experiments“ wird von den zum Experiment zur Verfügung

gestellten Materialien zwar vorgegeben, jedoch lässt der konkrete Versuchsaufbau Freiräume für Kreativität und weitere Abänderungen der Möglichkeiten aus Abbildung 3 und 4.

Während die Versuchsvariante nach Abbildung 3 recht eindeutig im Aufbau und in der Versuchsdurchführung ist, sind die Jugendlichen bei den beiden Experimenten aus Abbildung 4 deutlich mehr gefordert. So müssen z. B. aus einer Vielzahl an bereit liegenden Federn genau zwei Exemplare ausgewählt werden, deren Federhärte für die stabile, aber dennoch flexible Lagerung des Magneten in der Spule in Frage kommt. Die Wahl einer zu weichen Feder könnte den Magneten nicht stabilisieren und eine zu groß gewählte Federhärte könnte nur heftigste Erschütterungen am Oszilloskop andeuten. Ein besonders kreativer Schüler schlug die Verwendung der nahezu reibungsfreien Luftkissenbahn vor. Seiner Meinung nach könnte man um die Luftkissenbahn eine Spule anbringen, welche wiederum an ein Nachweisgerät (z. B. Oszilloskop) angeschlossen wird. Im Innenraum der Spule soll ein Stabmagnet auf einem frei beweglichen Wagen befestigt sein, welcher bei auftretender Erschütterung aus dem Innenraum der Spule rollt, womit ebenfalls mittels den Grundsätzen der elektromagnetischen Induktion sowohl die Stärke als auch die Herkunft der Erderschütterung nachgewiesen wäre.

In Kleingruppen bewerkstelligen die Schüler/innen die Konzeption und den Aufbau des geophysikalischen Experiments. Gelegentlich werden handwerklich begabtere oder in praktischen Umsetzungen versiertere Mitschüler/innen aus anderen Gruppen als Expert/innen zu Rate gezogen. Speziell in dieser Phase ist für die Lösung des Problems „Wie weist man ein Erdbeben nach?“ ein hohes Maß an Eigenaktivität, Kreativität und Zusammenhalt von den Schüler/innen verlangt. Nur in Ausnahmefällen nimmt die Lehrkraft eine beratende oder gar instruierende Position ein.

Ehe mit der gezielten Überprüfung der formulierten Hypothesen im Experiment begonnen wird, überprüft die Lehrkraft alle Versuchsaufbau-Konstruktionen und den korrekten Anschluss an das Oszilloskop. Bei (auffälligen) Unstimmigkeiten im justierten Versuchsaufbau werden zwar die Schüler/innen von der Lehrkraft darauf hingewiesen, jedoch müssen die Lernenden selbst eine Lösung des Problems finden oder zur Verbesserung des Versuchsaufbaus Beiträge leisten.

5.4 Durchführung des Experimentes

Diese Phase „umfasst die Überprüfung der verfassten Hypothesen im Schüler/innenexperiment und die Aufzeichnung der gewonnenen Spannungswerte.“

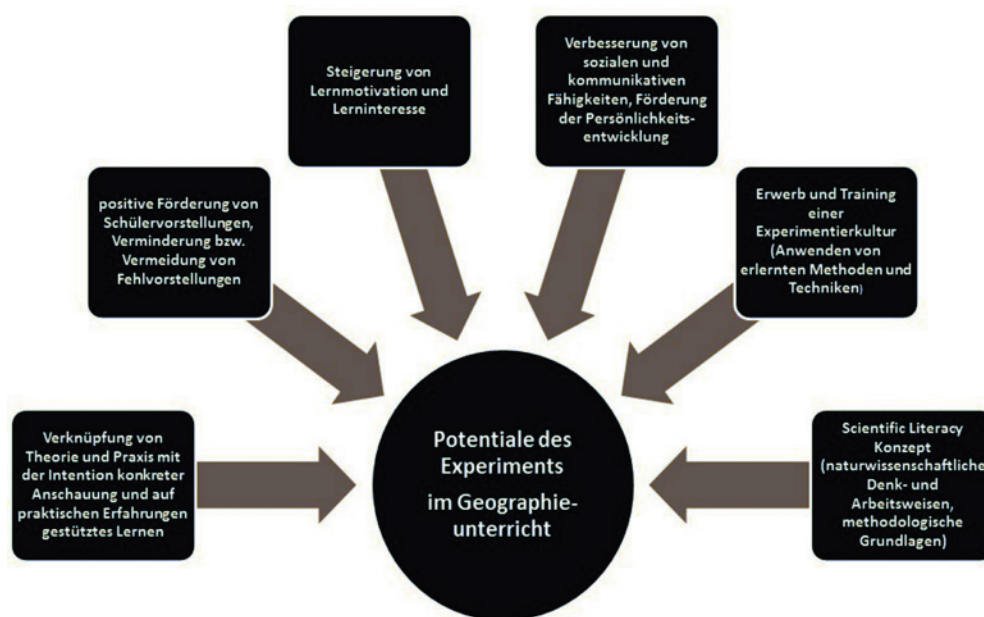


Abb. 5: Potentiale des Experiments im Geographieunterricht (eigener Entwurf nach Münster & Hof, 2012).

5.5 Analyse der Daten und weitere Auswertung

Als letzte Phase des Strukturmodells erfolgt die „Analyse der Daten und weitere Auswertung“. Am Oszilloskop wird der zeitliche Verlauf der erzeugten Spannung erkennbar. Aus den Momentaufnahmen können die einzelnen erhobenen Daten mit der jeweiligen Versuchsanordnung in Verbindung gebracht werden. Für den Nachweis eines Erdbebens und seiner Stärke variierten die Schüler/innen z. B. die Fallhöhe des an der Feder befindlichen Hufeisenmagneten, die am Versuchsaufbau beteiligte Feder oder auch die Windungszahl der Spule. So ergab laut Protokoll die Steigerung der Fallhöhe des Magneten immer größere Spannungswerte oder auch die Verwendung einer weicheren Feder bei identischem Magneten, konstanter Fallhöhe und gleicher Spule deutlich höhere Spannungswerte. Auch änderte sich hierbei im t-U-Diagramm die Schwingungsdauer T . Eine Wiederholung des Versuchs mit Spulen unterschiedlicher Windungszahl ergab z. B. den Zusammenhang, dass sich der Spannungswert bei doppelter Windungszahl ebenfalls nahezu duplizierte. Hinsichtlich der Herkunftsbestimmung des Erdbebens zeichneten die Lernenden die jeweilige, am Voltmeter angezeigte Polarität ab.

Nach erfolgreicher Durchführung des Experimentes können die Lernenden die zu Beginn der Versuchsdurchführung formulierten Hypothesen in Folge der erzielten Erkenntnisse aus ihren Beobachtungen verifizieren.

6 Fazit und Ausblick

Das Experiment für Schüler/innen zur Erdbebenforschung stellt eine fächerübergreifende und kompetenzorientierte Handlungsempfehlung für den Geographieunterricht dar. Ausgehend von einem aus der Realität gegriffenen Problem verläuft die Entwicklung, Erprobung und reflektierte Betrachtung des naturwissenschaftlichen Arbeitens im Sinne des Strukturmodells nach Otto et al. (2010) am Beispiel des Experiments.

Münster und Hof (2012, 294) fassten die Vorzüge des Experimentierens im Geographieunterricht wie in Abbildung 5 dargestellt zusammen.

Anhand der zahlreichen Potentiale wird deutlich, dass derartige wie in diesem Beitrag vorgestellte Interventionen empirisch begleitet und untersucht werden könnten bzw. sollten, um die in Abbildung 6 veranschlagten Wirkungen und Leistungen nachzuweisen. Auch wenn das Experiment an sich gerade in Bezug auf naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen eine anschauliche praktische Erprobung von theoretischen Grundlagen eröffnet, so sind Aspekte wie etwa die Förderung der Persönlichkeitsentwicklung nur bedingt als spezifische Stärke des Experiments zu werten.

Eine Erhebung zum aufgearbeiteten geophysikalischen Schüler/innenexperiment könnte z. B. die Erfassung der aktuellen Motivation im Sinne des „FAM“ („Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation“) nach Rheinberg et al. (2001) sowie der „Fragebogen zur Erfassung des motivationalen Zustandes“ nach Vollmeyer und Rheinberg (1998) oder auch die empirische Erforschung des Erwerbs und des Trainings einer Experimentierkultur und deren Effekte sein.

Folglich existieren noch viele offene Fragen und viele Forschungsfelder, die insbesondere die Potentiale des Experiments im Geographieunterricht noch weiter analysieren und eruieren könnten.

Spannend bleibt abzuwarten, ob experimentgestützte Forschungsvorhaben und daraus entwickeltes Material künftig eine stärkere Implementation in den Unterricht erfahren – der Wunsch danach von Seiten der Lernenden ist bereits mehrmals deutlich ermittelt worden.

7 Literatur

- Bildungsstandards Geographie (2012): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen. Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geographie (DGfG). 7. Auflage, Selbstverlag Deutsche Gesellschaft für Geographie (DGfG); Kiel.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Frauen (2015): Fachlehrplan Geographie und Wirtschaftskunde. https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_06_11858.pdf (08.05.2015).
- Dietrich, R. & R. Girwitz (2006): Induktive Sensoren. IN: Zeitschrift für Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Heft 91/2006, 12–16
- Hemmer, I. & M. Hemmer (1997a): Arbeitsweisen im Erdkundeunterricht – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zum Schülerinteresse und zur Einsatzhäufigkeit. In: Frank, F. (Hrsg.): Die Geographiedidaktik ist tot, es lebe die Geographiedidaktik. München, 67–78.
- Hemmer, I. & M. Hemmer (1997b): Lehrerinteresse und Schülerinteresse an Inhalten und Regionen des Geographieunterrichts – ein Vergleich auf der Grundlage empirischer Untersuchungen. In: Convey, A. & H. Nolzen (Hrsg.): Geographie und Erziehung. München, 119–128.
- Hemmer, M. & I. Hemmer (2006): Kontinuität und Wandel im Schülerinteresse an einzelnen Themen des Geographieunterrichts – Ergebnisse zweier empirischer Untersuchungen aus den Jahren 1995 und 2005. In: Zolitschka, B. (Hrsg.): Buten un binnen – wagen un winnen. Tagungsband zum 30. Deutschen Schulgeographentag in Bremen 2006. Bremen, 181–185.
- Hemmer, I. & M. Hemmer (2010): Schülerinteresse an Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts. Ergebnisse der empirischen Forschung und deren Konsequenzen für die Unterrichtspraxis. Weingarten (= Geographiedidaktische Forschungen Band 46).
- ISB Bayern – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (2015 a): Fachlehrpläne Geographie am Gymnasium. <http://www.isb.bayern.de/gymnasium/faecher/gesellschaftswissenschaften/geographie/> (08.05.2015).
- ISB Bayern – Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (2015 b): Fachlehrpläne Physik am Gymnasium. <http://www.isb.bayern.de/gymnasium/faecher/naturwissenschaften/physik/> (08.05.2015).
- Mehren, M. & R. Uphues (2010): Gute Theorie ist praktisch – Kompetenzorientiert Unterrichten im Fach Geographie. In: Terrasse 3, 8–12.
- Mönter, L. & S. Hof (2012): Experimente. In: Haversath, J.-B. (Hrsg.): Geographiedidaktik (= Geographisches Seminar). Braunschweig, 289–313.
- Otto, K.-H., L. Mönter, S. Hof & J. Wirth (2010): Das geographische Experiment im Fokus empirischer Lehr-/Lernforschung. In: Geographie und ihre Didaktik/Journal of Geography Education 38. Jg., H. 3, 133–145.
- Otto, K.-H., L. Mönter & S. Hof (2011): (Keine) Experimente wagen? In: Meyer, C., R. Henry & G. Stöber (Hrsg.): Geographische Bildung: Kompetenzen in Forschung und Praxis. Braunschweig, 98–113.
- Otto, K.-H., & S. Schuler (2012): Pädagogisch-psychologische Ansätze. In: Haversath, J.-B. (Hrsg.): Geographiedidaktik (= Geographisches Seminar). Westermann Verlag, Braunschweig 2012, 33–164.
- Rheinberg, F., R. Vollmeyer & B.D. Burns (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. In: Diagnostica 47 (2), 57–66.
- Rheinberg, F., R. Vollmeyer & W. Rollett (2000). Motivation and action in self-regulated learning. In: Boekaerts, M., P. R. Pintrich & M. Zeidner (Hrsg.): Handbook of self-regulation. San Diego, CA: Academic Press, 503–529.
- Tipler, P.A. (2004): Physik. Spektrum Akademischer Verlag; 1. Auflage.
- Trend, R. (2001): Deep time framework: a preliminary study of UK primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of geosciences. In: Journal of Research in Science Teaching 38, 191–221.
- Trend, R. (2004): Children's personal interests in selected geoscience topics. In: Teaching Earth Sciences 29 (1), 9–18.
- Trend, R. (2005): Individual, situational and topic interest in geoscience among 11- and 12-year-old children. In: Research Papers in Education, H.3, 271–302.
- Trend, R.D. (2007): Fostering progress in children's developing geoscience interests. In: Geographie und ihre Didaktik 35, H. 4, 168–184.

Arbeitsblatt zum Schüler/innenexperiment „Nachweis eines Erdbebens einschließlich der Bestimmung der Intensität und Richtungsherkunft des plattentektonischen Ereignisses“

Lies das Arbeitsblatt zuerst genau durch, ehe du mit der Bearbeitung der Arbeitsanweisung beginnst.

Grundlegendes

1. Bildet Experimentiergruppen mit einer Größe von vier Schülerinnen und Schülern.
2. Eine Person deiner Gruppe holt folgende Materialien aus dem Versuchsschrank und bringt diese gegen Ende der Stunde wieder zuverlässig und vollständig zurück:
 - Je eine Spule mit $N = 300/600/1200$ Windungen
 - 6 Kabel
 - 1 Hufeisenmagnet
 - 1 Stabmagnet
 - Gestänge (2 Stangen, ein Fundament, eine Muffe)
 - Zwei Justierblöcke
 - Federn mit unterschiedlicher Federhärte
 - 3 Oszilloskope, alternativ 3 Multimeter
3. Der Zeitbedarf für das Schüler/innenexperiment beträgt 45 Minuten (1 Schulstunde).

Arbeitsaufträge

Ziel der heutigen Stunde ist die Entwicklung eines Schüler/innenexperiments zur Erforschung der Intensität und Herkunftsrichtung eines Erdbebens.

Das von eurer Gruppe entwickelte Experiment sollte ebenso in der Lage sein, minimale Erschütterungen, also Erdbeben geringster Stärke, zu registrieren. Alle oben genannten bereitgestellten Materialien dürfen für die Entwicklung und Durchführung des Experiments verwendet werden.

1. Überlegt euch einen mit den bereitgestellten Mitteln realisierbaren Versuchsaufbau, der ein Erdbeben nachweisen kann und skizziert diesen vollständig beschriftet. Zeigt der Lehrkraft euren Entwurf, ehe ihr mit dem Aufbau und der Durchführung des Experiments startet. Hinweis: Grundversuche zum Prinzip der elektromagnetischen Induktion.

2. Verändert den Versuchsaufbau nun so, dass die Intensität des Erdbebens erkennbar und somit die induzierte Spannung messbar ist. Formuliert Hypothesen (je ..., desto ...), wie man den Versuchsaufbau abändern muss, um sowohl große Spannungen zu induzieren als auch kleinste Intensitäten des Erdbebens noch nachzuweisen. Überprüft eure Hypothesen nun im Experiment.

3. Bestimmt einen Versuchsaufbau, mit dem sich die Herkunftsrichtung des Erdbebens herausfinden lässt. Gebt eure Beobachtungen in Form von „Je ..., desto ...“ Formulierungen an und überprüft diese im Experiment. Haltet die im Experiment gewonnenen Werte fest.
