

William Gilbert - Elektrische und Magnetische Anziehung unter der Lupe

1. Titel und Stichworte

„William Gilbert - Elektrische und Magnetische Anziehung unter der Lupe“ (Etappe 1 der Reihe: Historisch-genetische Einführung in die Elektrizitätslehre)

statische Elektrizität, elektrische Anziehung, Magnetismus, magnetische Anziehung, Labortagebuch, Kategorisieren, Ordnen, William Gilbert

2. Autor(en) und Institution(en)

Andreas Henke, Universität Bremen / Deutschland

Dietmar Höttecke, Universität Hamburg / Deutschland

3. Kurzfassung

Kern dieser Etappe ist der Nachvollzug von William Gilberts Experimenten zur Unterscheidung der magnetischen von der elektrischen Anziehung. Sie können im Unterricht der Sekundarstufe 1 (Alter 12-15 Jahre) als Vorlage dazu dienen, die Grenzen der Phänomenbereiche von magnetischer und elektrischer Anziehung zu bestimmen und zu verstehen. Sie regen eine genaue und merkmalsbasierte Analyse beider Anziehungsphänomene an und versetzen die SuS in die Lage, sich im Bereich physikalischer Phänomene und damit innerhalb der physikalischen Sachstruktur zu orientieren. Das Vorgehen bietet ihnen einen Ansatzpunkt einer epistemologischen Reflexion auf die Frage, wie physikalisches Wissen entstanden sein kann, indem sie das Erstellen von Merkmalen und das Ordnen und Unterscheiden anhand von Merkmalen als Aspekte des wissenschaftlichen Arbeitens herausstellen. Über die Rekonstruktion eines fiktiven Labortagebuches Gilberts können die SchülerInnen diese Methode als ein Element des wissenschaftlichen Betriebs erfahren. Die Rekonstruktionsaufgabe strukturiert das forschende Vorgehen der SuS, leitet es an und bettet ihre Handlungen in einen historischen Kontext ein. Hilfefkarten bieten die Möglichkeit, die SchülerInnen differenzierend bei ihrer Arbeit zu unterstützen. Weiterhin lässt sich an der Person William Gilberts darstellen, wie naturwissenschaftliche Forschung sowohl von persönlichen Interessen beflügelt werden kann als auch von den ökonomisch-technischen Umständen der Zeit. Ein Video, welches die experimentellen Handlungen Gilberts im Zuge der Unterscheidung zwischen magnetischer und elektrischer Anziehung darstellt, kann als strukturierendes Moment die Schülerhandlungen anleiten oder als Basis für das Aufstellen von Vermutungen und Planen von eigenen Untersuchungen seitens der Schüler dienen.

4. Beschreibung und Durchführungsvorschlag

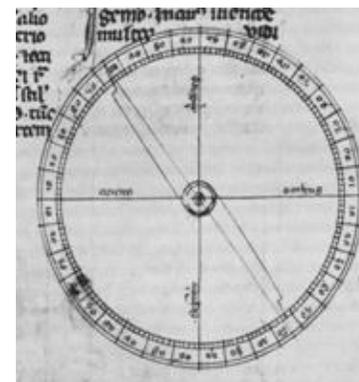
Am Beginn dieser Etappe kann ein kurzer **Abriss der Geschichte der Elektrizität** bis zum Beginn des 17ten Jahrhunderts stehen. Hier können die Schwerpunkte gelegt werden auf das bisherige phänomenologische Vorwissen über Elektrizität und Anziehungseffekte in der Natur, auf deren mangelhaftes Verständnis allgemein und speziell bezogen auf Unterschiede zwischen Magnetismus und Elektrizität. Auch die Rolle und Funktion von Seefahrt und Bergbau und die große Bedeutung von Kompassen dabei sind hier wichtig. (s. 5.1/5.2 und 5.4).

Anschließend kann die **Person William Gilberts** vorgestellt werden, wobei hier besonders auf seine Interessen für Bergbau und Seefahrt eingegangen werden sollte. (s. 5.1/5.2 und 5.4.1/5.4.4).

Hier erhalten die SuS Informationen, auf welche sie später bei der Reflektion auf die Natur der Naturwissenschaften zurückgreifen können.

Die folgende **Experimentalphase** wird angeleitet durch das fiktive **Forschertagebuch** William Gilberts, „welches die vielen Jahrhunderte nur mit schwerwiegenden Beschädigungen überstanden hat“ (s. 7.2, Material I und II).

Gilberts noch erhaltene Hinweise strukturieren den Forschungsprozess der SuS. Anhand von zwei Aufgaben (s.



Einführung

Labortagebuch rekonstruieren - Teil 1

Labortagebuch rekonstruieren - Teil 2

Reflection Corner

7.2, Material III und IV) sollen die SuS in Kleingruppen die Forschungen Gilberts **nachvollziehen** (s. 7.1) und das **Labortagebuch mit ihren Erkenntnissen rekonstruieren**.

Sie untersuchen zuerst, **welche Materialien durch Reiben elektrisierbar sind** und danach die **Unterschiede der elektrischen und magnetischen Anziehung** (s. 5.3). Diese Phase kann durch ein Video angeleitet, strukturiert der abgeschlossen werden.

Die Auswertung der Ergebnisse sollte nach jeder Aufgabe erfolgen. Hier sollte ebenfalls eine kurze verallgemeinernde **Reflektion** im Rahmen der Methode „Reflection Corner“ erfolgen (s. 8.2).

Konkrete Reflexionsfragen könnten sein:

- „Was beeinflusst Naturwissenschaftler alles dabei, woran sie forschen, und wie sie forschen? Wie war das bei Gilbert?“
- „Wozu notieren Wissenschaftler, was sie beim Forschen tun und denken? Für wen tun sie das?“.

Nähere Informationen zu diesen Aspekten der **Natur der Naturwissenschaften** und welche Lerngelegenheiten diese Fallstudie dazu bietet, wird in Abschnitt 5.4 genau erläutert. SuS, die noch wenig Erfahrung haben mit dem Planen von Experimenten, dem Aufstellen von Hypothesen und der



[Interview mit Gilbert](#)



Dokumentation von Beobachtungen, können sich zu jeder Aufgabe von **Hilfekarten** inspirieren lassen.

(s. Schülermaterial III und IV)

Den Abschluss dieser Etappe mag eine **Kreative Schreibaufgabe** bilden, in welcher die SuS dazu angeleitet werden, ein fiktives Interview mit William Gilbert zu führen zur Fragestellung:

- „Wie kommt man in den Naturwissenschaften zu neuem Wissen?“

Sie können dies entweder offen tun oder sich von einer Hilfekarte anleiten lassen.

5. Hintergründe

5.1 Elektrische und magnetische Kräfte in der Physikgeschichte

Phänomene des Magnetismus und der Elektrizität sind mindestens seit der griechischen Antike bekannt. Wir wissen, dass bereits Thales von Milet (624–546 v. Chr.) erkannte, dass Magnetsteine (s. Bild I) Eisen und andere Magnetsteine anziehen können. Bis ins 17. Jahrhundert hinein galten Magnetsteine als einzige Quelle magnetischer Kräfte. Ebenso geht das frühe Wissen über Bernstein (s. Bild II und III) auf Thales zurück. Nach kräftigem Reiben vermochte dieser, leichte Gegenstände anzuziehen. Das griechische Wort „Elektron“, zu Deutsch Bernstein, erinnert heute noch an den Zusammenhang aus Erkenntnissen über Elektrizität und diesem besonderen Stein. Ferner war bekannt, dass Magnete ihre besonderen Eigenschaften in der Regel behielten. Die anziehenden Eigenschaften des Bernsteins verloren sich in aller Regel schon nach kurzer Zeit von selbst. Bernstein musste immer wieder aufs Neue gerieben werden, um seine Kräfte zu entfalten. Die Fähigkeit von Magnetsteinen und später auch von Magnetnadeln zum Bau von Kompassen (s. Bild IV–VI) entwickelte sich bis zur frühen Neuzeit zu hoher Bedeutsamkeit. Navigation auf See, Orientierung Untertage (Bergbau) (s. Bild VII und VIII), Geodäsie und Zeitmessung mit Sonnenuhren bis hin zu militärischen Anwendungen wie dem möglichst exakten Ausrichten von Kanonen waren von Innovationen bestimmt, die aus diesem Phänomenbereich erwachsen. Dennoch entwickelte sich erst recht spät eine deutliche phänomenologische Unterscheidung zwischen den Kräften des Bernsteins und des Magnetsteins. Girolamo Cardano (1501–1576) wies als einer der ersten Gelehrten darauf hin, dass zwischen den anziehenden Wirkungen der beiden Steine nicht nur Ähnlichkeiten, sondern auch gravierende Unterschiede bestehen. Eine erste detaillierte experimentelle Ausarbeitung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede nahm der Londoner Arzt William Gilbert 1600 im Rahmen seiner lateinischen Publikation *De Magnete* (s. Bild IX) vor, die sich schnell als Standardwerk über die elektrischen und magnetischen Phänomene etablierte. Die Entwicklung der auf Experimenten basierenden Naturforschung ist ebenfalls in dieser Zeit zu verorten (s. Originaltext II) und so wundert es nicht, dass Gilbert die jahrhundertalte Vorstellung widerlegen konnte, Magnete würden unter Einwirkung von Diamant oder gar Knoblauch ihrer wesentlichen Eigenschaften beraubt.

5.2 Zu William Gilbert

William Gilbert (s. Bild X), auch William Gylberde (* 24. Mai 1544 in Colchester, Essex, England; † 10. Dezember 1603 in London oder Colchester) war ein englischer Arzt und Physiker und stammte aus einer recht wohlhabenden Familie des englischen Mittelstands. Nach Abschluss seines Medizinstudiums in Cambridge ließ William Gilbert sich um 1573 als Arzt in London nieder. Er wurde Mitglied und im Jahr 1600 Präsident des Royal College of Physicians, einer Vereinigung in London ansässiger Mediziner. Ein Jahr später wurde er Arzt am Hof

von Königin Elisabeth I., nach deren Tod am Hof von König James I. Er war nie verheiratet.

Gilbert selbst zeigte ein großes Interesse am Bergbau in seinem Heimatland (s. Bild XI), sowie tiefgehende Kenntnisse über Metallverarbeitung. Er hatte regelmäßigen Kontakt mit Minenarbeitern und führte zusammen mit ihnen Versuche zur magnetischen Ausrichtung von Eisenerz durch, die er allein nicht hätte bewältigen können. Aus Gesprächen mit Minenarbeitern nimmt er Anregungen mit in sein Labor und setzt sie in Experimente um.

Weiterhin gilt seine Bewunderung den beiden Seefahrer und Weltumsegler Sir Francis Drake und Thomas Cavendish, mit denen er sich über ihre Erfahrungen mit den von ihnen benutzten nautischen Instrumenten austauscht. In diesem Fall hat die gewichtige Rolle der Seefahrt in der damaligen Gesellschaft eine interesseleitende Funktion für Gilberts Forschungen.

5.3 Gilberts Forschungen

William Gilbert gelingt es, die Anziehungsphänomene von Magneten von denen der elektrisierten Materialien zu unterscheiden. Er beginnt mit Untersuchungen zur Elektrisierbarkeit von Stoffen. Er teilt die Stoffe in durch Reibung elektrisierbare und durch Reibung nicht elektrisierbare (Der Test erfolgt an leichten Körpern wie Stroh oder Spreu). Der Name „Elektrizität“ stammt von ihm – er benutzt es als dasjenige, was der geriebene Körper erhalten hat, wenn er elektrisiert werden konnte. Elektrisierbare Materialien kann man nach ihm „Elektrika“ nennen, nicht elektrisierbare „Nicht-Elektrika“.

Nachdem er die Elektrisierbarkeit von Holz und Metall sichergestellt hat, benutzt er beides als eine Art erstes Elektroskop – sein sogenanntes „Versorium“ (lateinisch im Sinne von „herumdrehen“, s. Bild XII). Zwei Varianten sind bekannt: Metall- oder Holzstäbe an Seidenfäden aufgehängt oder auf einer Nadel aufgelegt. Dieser Aufbau ist extrem empfindlich gegenüber elektrostatischer Anziehung. Gilbert führt nun eine große Zahl an Experimenten anhand dieser Methoden durch. Er kann magnetische und elektrische Anziehung anhand folgender Merkmale unterscheiden (s. Originaltext I):

- Merkmal 1: „(Vielfalt der) angezogenen Körper“
- Merkmal 2: „Dauerhaftigkeit der Anziehungskraft“
- Merkmal 3: „Entfernen der Anziehungskraft“
- Merkmal 4: „Abschirmung der Anziehungskraft“

Diese klare Unterscheidung nach experimentell gewonnenen Merkmalen gab es zuvor nicht.

Die notwendigen Materialien und Hinweise zu Gilberts Experimenten finden sich im Abschnitt 6.

5.4 Lernen über die Natur der Naturwissenschaften

5.4.1. Kategorisieren, Ordnen, Unterscheiden

In „jungen“ wissenschaftlichen Disziplinen, die noch kaum von Theorien erklärt werden, kann eine explorative und am Ordnen und Klassifizieren von Phänomenen orientierte Arbeitsweise vorrangig sein, um Phänomenbereiche anhand induktiv im Forschungsprozess gesammelter Kategoriemerkmale voneinander abzutrennen und auf diese Weise neues Wissen zu generieren (hier: Es gibt zwei verschiedene Anziehungseffekte).

Die zugehörigen Handlungsweisen sind das schrittweise, geplante Variieren des Untersuchungsgegenstands, bei Gilbert dargestellt durch das geordnete Austauschen und darauf folgende Untersuchen von immer nur einem neuen Stoff. Dazu gehört auch die Durchführung einer großen Anzahl an Versuchen, Gilberts Arbeitsweise ist für die frühe Epoche einer naturwissenschaftlichen Disziplin symptomatisch: Experimente zur Untersuchung neuer Phänomene entwickeln, Eigenschaften ordnen, unterscheiden und klassifizieren. Was lange Zeit als typische Eigenschaft des Bernsteins galt, konnte Gilbert auf eine Liste von Stoffen ausdehnen, die durch Reiben elektrisiert werden konnten. Diamanten, Saphire und Opale waren ebenso darunter wie Glas, Schwefel oder Siegelwachs. Die Liste jener Stoffe, die angezogen werden konnten ohne selbst durch Reiben anziehend zu wirken, war um einiges länger. Nahezu alle Stoffe, selbst Holz oder Wasser, waren darunter, Gase dagegen sollten diese Eigenschaft nicht aufweisen. Dass anziehende Stoffe zuvor gerieben werden mussten, galt in Gilberts Zeit als nahezu sicher.

Gilberts Kategorien „angezogene Körper, Stärke der Anziehung, Dauerhaftigkeit der Anziehung, Entfernen der Anziehungsfähigkeit“ sollen dabei offen sein für Erweiterungen von Seiten der SuS (bspw. Abschirmbarkeit der Anziehung etc.). (s. Originaltext I)

5.4.2. Persönlichkeit und Motive von Wissenschaftlern (s. „Zu William Gilbert“)

In Gilberts Interesse und Kenntnissen über Bergbau und Seefahrt zeigt sich die kulturelle und soziale Eingebundenheit der Wissenschaften – häufig genug sind ihre Vertreter „Kinder ihrer Zeit“ und kulturelle Kontexte können interesse- wie handlungsleitend wirken. Sein Versorium (s. Bild XII, s. Experimentiervorschlag) ist folglich sehr an die Bauweise eines Kompasses angelehnt.

Wissenschaft und Wissenschaftler sind sozial und kulturell in die Gesellschaft eingebettet. Die Handlungen, Interessen und Motive der Akteure müssen also immer auch mitsamt ihrer zeitgeschichtlichen Bedingtheit verstanden werden.

5.4.3. Dokumentation des Forschungsprozesses und Rechtfertigung der Ergebnisse

Der wissenschaftliche Forschungsbetrieb kennt neben öffentlicher Publikation auch verschiedene in erster Linie nicht-öffentliche Dokumentationsmethoden,

von denen hier das Labortagebuch hervorgehoben wird. Diese sind nicht Selbstzweck, sondern erfüllen innerhalb der Wissenschaft verschiedene wichtige Funktionen wie bspw.:

- Rechtfertigung der Ergebnisse vor Kollegen
- Möglichkeit der Weiterführung der Forschung auch nach Unterbrechung/Rückschritt

Möglichkeit der Weiterführung der Forschung durch Kollegen

- Absicherung gegenüber gefälschten Ergebnissen
- Entlarven unbegründeter Schlussfolgerungen

Über die angedeutete Aufgabenstellung (s. Schülermaterial III und IV) können die SuS die Rolle der Dokumentation für die Rekonstruktion eines Forschungs- und Erkenntnisprozesses erkennen.

Es soll natürlich nicht der Eindruck entstehen, mit dem Labortagebuch gäbe es ein perfekt objektives Abbild des Forschungsablaufs, denn sowohl die durchgeführten Experimente und verwendeten Instrumente, wie auch die Beobachtungen und Daten finden sich vor dem Theoriehintergrund des jeweiligen Beobachters wieder. Sie werden schon theoriegeladen gewonnen und spätestens vor der Veröffentlichung nochmals interpretiert.

5.4.4. Zweckgerichtetheit der Forschung – Verflechtung von Wissenschaft und Technik

Man kann noch einen Schritt weiter gehen und den Beginn des 17. Jahrhunderts als das frühe Aufblühen des Kapitalismus und der damit einhergehenden Ökonomisierung der Arbeitsweisen ausmachen. Somit enthält das Gilberts Forschung durchaus eine teleologische, d.h. zweckgerichtete Motivation: Das Erforschen und Aufklären der Anziehungsphänomene und die sich daraus ergebende Trennung der Phänomenbereiche kann über ein besseres Verständnis der jeweiligen Wirkungsweisen zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit von industriellen Prozessen (Bergbau, Metallurgie) oder einer erhöhten Sicherheit und Effizienz von Handelswegen (nautische Instrumente) beitragen. Hier wird die Verflechtung von Wissenschaft und Technik deutlich.

Diese Verflechtung wird deutlich, wenn man erfährt, dass Gilberts Untersuchungen zur Elektrizität eher als wenig nützliche Spielerei abgetan wurden! Viel stärker be- und geachtet wurden seine Forschungen zur Wirkungsweise und Verbesserung von Magneten im Allgemeinen und Kompassen im Speziellen.

6 Zielgruppe & Curriculare Bezüge

6.1 Lernziele & Kompetenzen

6.1.1 Natur der Naturwissenschaften

Die SuS sollen...

- darlegen können, dass die Dokumentation des Forschungsprozesses ein notwendiges und übliches Vorgehen in den Naturwissenschaften ist.
- das Dokumentationsverfahren des Labortagebuches nennen können.
- Gründe nennen können, wozu die Dokumentation des Forschungsprozesses in den Naturwissenschaften dient. Das sind allen voran: Rechtfertigung der Ergebnisse vor anderen Wissenschaftlern; Aufdecken von Ergebnissen, die nicht durch Beobachtungen begründet werden können (Fälschungen); erneutes Untersuchen des eigenen Vorgehens auf Fehler oder um neue Ideen zu gewinnen
- das Unterscheiden von Phänomenen nach Merkmalen als eine Arbeitsweise wissenschaftliche Arbeitsweise erkennen und einüben
- angeben können, dass Naturwissenschaftler sich bei ihrer Forschung sowohl von eigenen Interessen leiten lassen als auch von den wichtigen Dingen ihrer Zeit – dass ihre Forschung also einen REALEN ZWECK hat statt nur dem ungerichteten Forscherdrang zu entspringen.
- angeben können, dass aktuelle technische Notwendigkeiten die Richtung der Forschung in den Naturwissenschaften beeinflusst.

6.1.2. Prozessbezogene Kompetenzen

Die SuS sollen...

- Aufgaben in Gruppen bearbeiten
- ihre Ergebnisse im Vergleich mit anderen Gruppen überprüfen
- den Einfluss von Fehlerquellen auf die Gültigkeit ihrer Ergebnisse einschätzen
- einfache Skizzen anfertigen
- in „je...desto“ Form argumentieren
- eigenständig oder angeleitet Vermutungen über Zusammenhänge oder Ursachen äußern
- eigenständig oder angeleitet Ansätze zur Überprüfung von Vermutungen entwickeln
- einfache Experimente mit in verschiedenen Selbstständigkeitsgraden planen und durchführen
- ihre Beobachtungen angeleitet protokollieren und (unter Anleitung) Messtabellen anlegen
- ihre Beobachtungen unter Anleitung zur Überprüfung von Vermutungen verwenden
- selbstständig mit den Experimentiermaterialien umgehen
- mit den Hilfekarten vorgegebene Quellen zur Informationsbeschaffung nutzen

- fehlende Informationen selbstständig oder unter Anleitung ergänzen

6.1.3. Inhaltsbezogene Kompetenzen

Die SuS sollen...

- die Phänomene elektrische und magnetische Anziehung anhand ihrer Merkmale klar unterscheiden können
- verschiedene Stoffe nennen können, die sich durch Reiben elektrisieren lassen
- Anziehung als Kraftwirkung zwischen geladenen (elektrisierten) Körpern nennen
- Anziehung leichter Körper als Nachweismöglichkeit für elektrische Ladung (elektrisierte Körper) nennen können
- ein einfaches Gerät zum Nachweis von elektrischer Ladung (elektrisierten Körpern) nennen können (Versorium)
- die Kraftwirkung in der Umgebung geladener (elektrisierter) Körper qualitativ beschreiben können
- die Wirkungen eines Magneten auf unterschiedliche Gegenstände unterscheiden und Stoffe dahingehend klassifizieren
- Erscheinungen aus dem Alltag auf magnetische Phänomene zurückführen
- Dauermagnete durch Nord- und Südpol beschreiben
- verschiedene Formen von Magneten beschreiben
- den Aufbau und deuten die Wirkungsweise eines Kompasses beschreiben
- die Anwendung des Kompasses zur Orientierung beschreiben
- Auswirkungen des Kompasses in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen benennen
- einfache Experimente zur Entmagnetisierung durchführen

6.2. Schüler(fehl)vorstellungen & Lernhindernisse

Für den Bereich Anziehungsphänomene im Kontext von Magnetismus und Elektrizität gibt es eine Fülle von untersuchten Fehlvorstellungen, von denen einige hier entweder zum Tragen kommen oder angegangen werden können.

6.2.1. Fehlvorstellung 1: Verwechslung/Vermischung der Bereiche Elektrizität, Magnetismus und Gravitation über das assoziierte Phänomen Anziehung

Gegenseitige Anziehung wird von SuS als Grundphänomen vorausgesetzt und ist durch lebensweltliche Erfahrungen vorgeprägt. Dies kann bedeuten, dass eine Übergeneralisierung stattfindet und anhand des gemeinsamen Phänomens die Begrifflichkeiten aus den o.g. Bereichen nicht mehr klar voneinander getrennt werden können. Typische Indikatoren sind die unpassende Verwendung von Nord- und Südpol, Spannung oder Plus- bzw. Minuspol. Vermenschlichende Analogien wie Mögen/Nichtmögen zu Anziehen/Abstoßen verstärken diesen Effekt noch. In dieser Fallstudie wird die Gemeinsamkeit der Anziehungsfähigkeit anerkannt und vorausgesetzt. Die SuS sollen jedoch explizit und nach bestimmten

Merkmale diese Anziehungsarten voneinander unterscheiden. Auf diese Weise sollte eine Vermischung der Bereiche zukünftig verringert werden, da die SuS die Verschiedenheit nicht nur akzeptieren, sondern auch benennen können.

6.2.2. Fehlvorstellung 2: Elektrische Anziehungsphänomene sind zu schwach um nutzbar zu sein

Die typischen Schulversuche und auch die Geschichte stellen die „statische“ Elektrizität als extremes Naturphänomen dar. Unbeherrschbar in der Form von Blitzen und interessant, aber zu schwach um technisch nutzbar zu sein in der Form von Reibungselektrizität und deren Folgen. Tatsächlich aber wurden die elektrischen Anziehungs-(und Abstoßungs-)phänomene schon sehr früh in elektrostatischen Motoren versuchsweise umgesetzt. Die hohe Gefahr und die fehlenden günstigen Materialien behinderten jedoch die Weiterentwicklung. In diese Zeit hatte sich der bekannte elektromagnetische Motor schon durchgesetzt und so weit perfektioniert, dass er nicht mehr einholbar war. Es gibt mittlerweile moderne Versuche, die zeigen, dass elektrostatische Motoren günstig und ebenso stark sein können wie elektromagnetische. Durchsetzen werden sie sich wohl nie mehr, denn die gesamte Infrastruktur ist auf die Herstellung von Teilen für elektromagnetische Motoren ausgerichtet.

Mögliche Begründungen für die geringe Stärke der elektrischen Anziehung durch SuS

1) Von dem Stoff, der Anziehung verursacht ist in Magneten mehr vorhanden als von dem Stoff der in elektrisierten Körpern für Anziehung sorgt.

2) Statische Elektrizität ist die „schwache Version“ von derjenigen aus der Steckdose

Dagegen spricht, dass für die kleinsten sichtbaren Funken schon eine Spannung von 1000V notwendig ist.

6.2.3. Fehlvorstellung 3: Statische Elektrizität tritt in der Natur kaum auf oder ist unwichtig

In den SuS bekannten technischen Anwendungsbereichen der Elektrizität ist von „statischer“ oder „Reibungs“elektrizität selten oder nie die Rede. Es wird daraufhin stillschweigend davon ausgegangen, dass die Nützlichkeit in der Natur ebenso gering bis nicht vorhanden ist.

Dies ist natürlich nicht der Fall – ganz im Gegenteil.

Erstens tritt sie ständig auf, denn alle Reibungs- und Kontaktprozesse involvieren elektrische Effekte, die Häufigkeit von Gewittern ist unumstritten, Atome und Moleküle könnten ohne diese Effekte nicht existieren.

Zweitens wäre unser Leben ohne sie gar nicht denkbar, denn

1) Auch in komplexeren natürlichen Vorgängen spielen die Anziehungseffekte eine große Rolle. Die Weiterleitung von Signalen durch (auch menschliche) Nervenzellen basiert auf der Anziehung und Abstoßung von geladenen Atomen

und Molekülen (Ionen).

2) In so gut wie allen Zellen von Lebewesen auf der Erde ist das sog. ATP der wichtigste Energieträger, der die Zellen und ihre Bestandteile mit Energie versorgt. Dieses ATP muss durch „Verbrennung“ der Stoffe, die die Lebewesen zu sich nehmen, erzeugt werden. Das Enzym, welches dafür zuständig ist, funktioniert nur, weil es einen rotierenden Teil enthält, der (wie ein elektrostatischer Motor) mit elektrischer Anziehung und Abstoßung funktioniert.

7. Lerneraktivitäten, Material & Medien

7.1 Experimente zur Unterscheidung der magnetischen und elektrischen Anziehungskräfte bei Gilbert

Benötigtes Material

Zu elektrisierende Stoffe:

- Bernstein
- Quarz/Bergkristall
- Speckstein
- Alaunkristall
- Salz (am Stück als Kristall oder Salzstein)
- Siegellackstangen
- Kolophonium
- Glasstangen

Reibzeug:

- Woll-, Baumwoll- und Seidentücher
- Katzenfell

Magnetische Stoffe:

- verschiedene Magnete/Magneteisensteine

Testkörper 1:

- Spreu
- Holz (Splitter und dünne Stangen)
- trockene Erde, kleine Steinchen
- Salz (lose)
- Rauch (z.B. der einer ausgeblasenen Kerze)

- Baumwollfäden
- Papierschnipsel
- Messingspäne (Abfall aus metallverarbeitenden Werkstätten)
- Eisenspäne oder -pulver
- Seidenfäden

Testkörper 2

Gilberts Versorium (s. Bild XII): dünne Holzstangen oder dünne Metallstangen z.B. aufgebogener Draht ohne Ummantelung

Hinweis dazu:

- 1) Die Stangen oder Drähte kann man entweder auf eine in einem halbierten Korken fixierte Nadel auflegen oder an einem (dünnen) Seidenfaden aufhängen.
- 2) Im Sinne Gilberts sollte das elektrisierte Material die Stange nicht berühren, da sonst Ladungsübertragung und daraufhin Abstoßung stattfindet.

Hinweise zum Ablauf und zu den einzelnen Aspekten des Experimentierens:

Für die Unterscheidung der Anziehungsphänomene anhand von Stoffaspekten werden die SuS versuchen, die dargebotenen Materialien mit dem Reibzeug gezielt zu elektrisieren und die entstandene Anziehung an den leichten Körpern oder dem Versorium erproben.

Die Ergebnisse sind Grundlage für fachliches Lernen und eine explizite Reflektion auf die zu Grunde liegenden naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Unterscheiden anhand von Merkmalen, s. Abschnitt 5.d.i).

Gilberts fiktives Labortagebuch (s. Schülermaterial I und II) und die darauf bezogenen Aufgaben (s. Schülermaterial III und IV) leiten das Experimentieren an und können ebenfalls benutzt werden, um über die Funktion des Dokumentierens des Forschungsprozesses in den Naturwissenschaften zu reflektieren.

Gilberts Vorgehen (Video)

1. Elektrisierbarkeit und Anziehbarkeit

Um Stoffe zu elektrisieren, reibt Gilbert die angegebenen Materialien mit dem Reibzeug. Als Magnete benutzt er Magneteisensteine. Bei Holz und Metall testet er auf Anziehung, indem er sie als dünne Stangen waagrecht an einem Faden frei drehbar aufhängt und die elektrisierten Körper oder die Magnete nahe an ein Ende heranhält. Dreht sich die Stange, so lässt sich das Material ganz offensichtlich anziehen. Man erkennt hier die Verwandtschaft des Aufbaus zu einem einfachen Hängekompass.

Die Elektrisierbarkeit der allerersten untersuchten Materialien stellt er zuerst fest, indem er sie reibt und überprüft, ob sie in der Lage sind, diejenigen leichten Körper anzuziehen, die auch schon auf geriebenen Bernstein reagierten. Von denen wusste man nämlich sicher, dass sie sich elektrisch anziehen lassen. Auf diese Weise kann er sukzessive die Liste der elektrisierbaren, wie auch der durch elektrisierte Körper anziehbaren Stoffe erweitern, indem er den nun als elektrisierbar bekannten Stoff als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen nimmt.

2. Unterscheidung der elektrischen und magnetischen Anziehung:

Im Folgenden vergleicht Gilbert die als elektrisierbar erkannten Stoffe mit den Magneten bezüglich ihrer Anziehungswirkung. Er kann so mindestens 4 Merkmale herausstellen, in denen die beiden Anziehungsarten sich unterscheiden.

Merkmal 1: „(Vielfalt der) angezogenen Körper“:

Während elektrisierte Materialien alle leichten Körper anziehen, beschränkt sich diese Fähigkeit bei den Magneten auf die metallenen.

Folgende weitere Unterschiede lassen sich sehr einfach experimentell untersuchen:

Merkmal „Stärke der Anziehungskraft“:

Auch schwache Magnete sind in der Lage Körper von vergleichsweise hohem Gewicht zu heben, wohingegen die elektrische Anziehung auf kleine und leichte Körper beschränkt zu sein scheint.

Merkmal 2: „Dauerhaftigkeit der Anziehungskraft“:

Während die Elektrisierung nach gewisser Zeit verschwindet und durch Reiben erneuert werden muss, ist die magnetische Anziehung ein andauerndes Phänomen.

An dieser Stelle ist es auch möglich, den Verlust der Magnetisierung durch Erschütterung oder Erhitzen zu thematisieren, bspw. wenn der Impuls von Schülerseite gegeben ist.

Problematisch: Erschütterung durch Fallenlassen elektrisierter Körper führt natürlich auch zum Verlust der Anziehungsfähigkeit (Erdung).

Merkmal 3: „Entfernen der Anziehungskraft“:

Die Elektrisierung geht verloren, haucht man den elektrisierten Körper an. Die Feuchtigkeit führt also, ganz im Unterschied zu Magneten, zu einem Verlust der Anziehungsfähigkeit. Man kann sie sogar ganz in Wasser tauchen, ohne dass sich an ihrer Anziehung etwas ändert.

Merkmal 4: „Abschirmung der Anziehungskraft“:

Die elektrische Anziehungswirkung lässt sich durch nahezu alle Materialien abschirmen, der Magnet lässt sich davon kaum beeindrucken.

Weitere naheliegende Merkmale:

Fehlender Nord- und Südpol bei elektrisierten Körpern. Diese richten sich nicht von alleine immer in eine bestimmte Himmelsrichtung aus.

7.2 Schülermaterialien

Material I:

Beschädigter Auszug aus dem (fiktiven) Labortagebuch Gilberts – Experimente zur Anziehungskraft von Magneten und elektrisierten Körpern.

London, den 11. Februar AD 1600

Fortsetzung meiner Versuche über die Fähigkeit verschiedener Materialien, andere anziehen zu können, worüber allgemein nicht viel mehr bekannt zu sein scheint, als was uns aus der Antike überliefert worden ist. Auf dies Wissen kann ich nun aber aufbauen – zum Beispiel, dass ein Material electrisiert werden kann, wenn es nach kräftigem Reiben mit Fell oder Tuch kleine Fetzen von Papier oder Stroh anzieht. Auch die Electrifierbarkeit von Bernstein kann ich für meine Forschungen benutzen.

Heute nun werde ich untersuchen, ob tatsächlich zwei verschiedene Arten der Anziehung existieren – die der electrisierten Körper und die der Magnetsteine – oder ob sich die Anziehung in beiden Fällen gleich verhält. Aus vorherigen Experimenten habe ich folgende Vermutung gewonnen, die ich heute testen werde:

Die Arten der Anziehung unterscheiden sich vielleicht darin, welche (oder wie viele) Materialien angezogen werden. Dann müsste der Magnet andere Materialien anziehen, als der electrisierte Körper.

Zuerst muss ich feststellen, welche Materialien überhaupt zu electrisieren sind und dies notieren.

Diese electrisierten Materialien werde ich danach vergleichen mit den Magneten, welche ebenfalls die Fähigkeit besitzen, andere Körper anzuziehen.

Vielleicht kann ich bei diesen Experimenten noch mehr Merkmale finden, nach denen sich die Arten der Anziehung unterscheiden lassen.

Diese Materialien werde ich in meinen Versuchen verwenden:

[...]

Materialien, deren Elektrifierbarkeit ich teste:

[...]

Die Körper, welche die Wirkung der Anziehung erfahren sollen, sind folgende:

[...]

Alle meine Beobachtungen und ob sie meine Vermutung bestätigen oder widerlegen:

[...]

Eine Idee für einen Apparat: Die Funktionsweise des Kompasses bringt mich auf eine gute Idee – ich werde eine Stange aus Holz drehbar aufhängen. Ein elektrisierbares Material wird sie dann drehen können.

Material II

Aufgabenvorschlag zu Schülermaterial I – Elektrisierbarkeit, angezogene Materialien, weitere Unterschiede

Aufgabe 1

Lies die Reste von William Gilberts Labortagebuch.

Du kennst nun einen Teil des Labortagebuches von Gilbert, beziehungsweise was davon noch erhalten ist. Versuche selber zu forschen, um den zerstörten Teil zu ersetzen.

Notiere alles was du tust, alle deine Beobachtungen und Ideen.

- 1) Untersuche zuerst, welche Körper durch Reiben elektrisiert werden können und welche nicht. Gilbert schreibt, wie das gehen kann.
- 2a) Erforsche, welche Materialien elektrisierte Körper oder Magnete anziehen können und welche nicht. Stelle deine Untersuchungsergebnisse zu elektrisierten und magnetischen Körpern **übersichtlich** zusammen. Wenn du dir dabei nicht sicher bist, kannst du dir über **Hilfekarte 1a** einen Rat geben lassen.
- 3) Ergänze nun die zerstörten Stellen des Labortagebuches und versuche, Gilberts
- 4) Stelle mindestens eine weitere Vermutung darüber auf, wie sich die beiden Arten der Anziehung noch unterscheiden könnten. Gib an, wie du auf die Vermutung gekommen bist und wie man sie mit einem Experiment testen könnte. Fällt dir wirklich nichts dazu ein, kann dich vielleicht **Hilfekarte 1b** auf neue Ideen bringen.

Material III

Hilfekarten zu den Aufgaben

Hilfekarte 1a

William Gilbert war einer der ersten Wissenschaftler seiner Zeit, der sein Wissen fast vollständig aus Experimenten bezog. Damit er bei der Menge an Materialien und Anziehungsversuchen nicht den Überblick verlor, hat er vielleicht eine **Tabelle** oder eine **Liste** benutzt. Dort wird er notiert haben, welchen **Magnet** oder **elektrisiertes Material** er benutzte und was er dann damit alles **anziehen konnte oder nicht**. Damit konnte er sehr gut ablesen, ob Magnete oder elektrisierte Körper sich darin unterscheiden, welche verschiedenen Materialien sie anziehen.

Das könnte so ausgesehen haben:

Verschiedene Materialien, die angezogen werden sollen	Material, vom dem es angezogen wird. Also entweder nur vom Magnet, nur vom elektrisierten Material oder von beiden.
Sägespäne	Nur vom Magnet
...	...
...	...
...	...
...	...

Material IV

Hilfekarte 1b

Gilbert versuchte zuerst, die Anziehungskräfte von Magneten und elektrisierten Körpern danach zu unterscheiden, wie viele und welche Materialien angezogen werden und welche nicht. Vielleicht unterscheiden sie sich ja noch in folgenden Merkmalen:

- **Stärke** (Wie schwere Dinge können die Kräfte heben?)
- **Haltbarkeit** (Wie lange hält die Kraftwirkung an? Wodurch kann man die Kraftwirkung entfernen?)

Fallen dir jetzt noch mehr mögliche Merkmale zum Unterscheiden ein?

Material V

Beschädigter Auszug aus dem (fiktiven) Labortagebuch Gilberts – Beobachtungen und Experimente zur Abschwächung der Anziehungskraft von Magneten und elektrisierten Körpern durch Feuchtigkeit.

London, den 12. Februar AD 1600

Nachdem ich am gestrigen Tag so erfolgreich Unterschiede bei der Anziehung durch magnetischen und electricierte Körper finden konnte, werde ich heute weitere Versuche darüber anstellen, auf welche Weise sich diese beiden Arten der Anziehung vielleicht noch unterscheiden könnten.

Schon gestern schien es mir, als würde die Stärke der Anziehung der electricierten Körper mit der Zeit immer ... Aber ganz besonders, wenn ich ...

Und auch zu Beginn dieser Woche, bei ...wetter habe ich beobachtet, dass ...

Dies wäre vielleicht ein weiteres Merkmal, die beiden Arten der Anziehung zu unterscheiden! Meine Vermutung dazu lautet also: ...

Und mir fällt auch ein einfaches Experiment ein, mit welchem ich meine Vermutung testen kann: ...

Ich werde dazu ein verbessertes Gerät verwenden, mit dem ich die elektrische Anziehung feststellen kann wie mit einem Kompass die magnetische. Ich habe es Versorium genannt. Immer, wenn man ihm einen electricierten Stoff oder einen Magneten nähert, wird es sich zu ihm drehen.

Damit werden meine Experimente viel einfacher und verlässlicher.

Hier nun meine Beobachtungen und ob ich mit ihnen meine Vermutung bestätigen oder widerlegen kann:

[...]

Material VI

Aufgabenvorschlag zu Schülermaterial II – Verlust der Anziehungskraft durch Feuchtigkeit

Aufgabe 2

Du kennst nun die zweite Seite des noch erhaltenen Teils des Labortagebuches von Gilbert. Offensichtlich sind ihm während des Experimentierens noch weitere Unterschiede der beiden Anziehungskräfte aufgefallen. Bestimmt kannst du auch diese Seite vervollständigen.

Finde heraus, welches Unterscheidungsmerkmal Gilbert gefunden haben könnte, welche Vermutung er dazu aufstellte und mit welchem Experiment er die Vermutung getestet haben könnte. Notiere deine Beobachtungen genau.

Wenn du wirklich keine Ideen hast, dann nutze die **Hilfekarte 2**.

Hilfekarte 2

William Gilbert fand heraus, dass elektrisierte Körper mit der Zeit ihre Fähigkeit verlieren, leichte Gegenstände anzuziehen. Dies geht umso schneller, je feuchter die Raumluft ist – er schrieb also bestimmt davon, dass bei **Regenwetter** die Anziehung immer **schwächer** wurde.

Schon zu Gilberts Zeit wusste man, dass beim Ausatmen die Atemluft einen hohen Anteil Wasser(dampf) enthält. Vielleicht wird die Anziehung immer **schwächer**, wenn **er in Richtung seiner elektrisierten Stoffe ausgeatmet hat**.

In seinem Experiment hat er vielleicht verschiedene elektrisierte Gegenstände und Magnete angehaucht und untersucht, ob sie danach noch Anziehungskräfte ausüben können.

Seine Vermutung muss ja zu seiner Frage passen, wie man zwei Arten der Anziehung unterscheiden kann. Vielleicht lautete sie:

Ich vermute, dass sich die magnetische von der elektrischen Anziehungskraft darin unterscheiden, wie sie auf Feuchtigkeit reagiert. Vielleicht verschwindet die elektrische Anziehungskraft bei Feuchtigkeit und die magnetische Anziehungskraft nicht.

1) **Überlege dir ein Experiment**, mit dem du die Vermutung überprüfen kannst.

Du brauchst bestimmt wieder Magnete, elektrisierte Körper und Dinge, die angezogen werden.

2) **Führe das Experiment durch und notiere deine Beobachtungen.**

3) **Benutze nun dein Beobachtungen: Folgere**, ob du damit die Vermutung eher **bestätigen** oder **widerlegen** kannst. Markiere die Beobachtung, die du dabei für die Wichtigste hältst.

Material VIII

Aufgabenvorschlag (Hausaufgabe?) „Interview“ zur offenen Reflektion auf naturwissenschaftliches Arbeiten im Kontext von Gilberts Vorgehensweisen.

Aufgabe 3

Versetze dich in das Jahr 1600 und stell dir vor, du würdest William Gilbert zu dem Thema interviewen „**Wie kommt man in der Naturwissenschaft zu neuem Wissen?**“.

Verfasse das Interview in Form eines Dialogtextes. Hier ein Beispiel für einen Anfang:

Interviewer: Guten Tag, Herr Gilbert. Vielen Dank, dass Sie sich zu einem Interview bereiterklärt haben.

Gilbert: Keine Ursache, ich berichte Ihnen gern über meine Arbeit.

Interviewer: Herr Gilbert, erst kürzlich haben Sie die Unterschiede zwischen elektrisierten und magnetischen Körpern klar herausgearbeitet. Ihre Bücher dazu sind sehr bekannt geworden. Bitte sagen Sie uns doch, was an ihrer Arbeit typisch für die Naturwissenschaften ist. Es wäre sehr interessant, zu erfahren, wie man ihrer Meinung nach in den Naturwissenschaften zu neuem Wissen kommt

Gilbert:

Material IX

Hilfekarte mit dem Fokus auf Vergleichen/Unterscheiden als eine von mehreren Methoden und dem Fokus auf die Funktion von Labortagebüchern in der Wissenschaft.

Hilfekarte 3 (zu Aufgabe 3)

Gilbert hätte vielleicht geantwortet:

Nichts lieber als das! Um meine Frage nach den Unterschieden magnetischer und elektrischer Anziehung zu beantworten, habe mich der experimentellen Methode bedient.

Zuerst haben mir mein Vorwissen und meine Kreativität geholfen, eine **Vermutung** aufzustellen, die meine Frage beantworten könnte, wenn ich wüsste ob sie stimmt oder nicht.

Dann habe ich verschiedene **Experimente ersonnen**, mit denen ich die **Vermutung testen** kann.

Ich **führte sie durch** und notierte alle meine **Beobachtungen**.

Danach habe ich meine **Beobachtungen analysiert**. Das heißt, ich habe überlegt,

ob sie eher **für oder gegen meine Vermutung sprechen.**

Fragt jetzt William Gilbert mal Folgendes – dazu kann er bestimmt etwas sagen:

§ Ach so – Vermutungen mit Experimenten testen. Das ist doch bestimmt nur EINE Methode. Geht es denn in den Naturwissenschaften auch ohne Experimente?

7.3 Bildmaterial und Medien

Video: Es wird ein Überblick über die von Gilbert verwendeten Experimentiermaterialien gegeben, die Anziehung durch verschiedene Elektrika (Glas, Berstein, Kolophonium-Harz) und durch Magneteisenstein demonstriert sowie die Verwendung des Versoriums als empfindlichem Instrument zur Unterscheidung zwischen elektrischer und magnetischer Anziehung auf Materialbasis vorgestellt.



Bild I: Magnetstein / Magnetitkristall



Bild II und III: natürlicher Bernstein



Bild IV: Chinesischer Kompass – der Löffel liegt auf einer Schiefertafel auf und ist meist aus Magnetstein geschnitzt

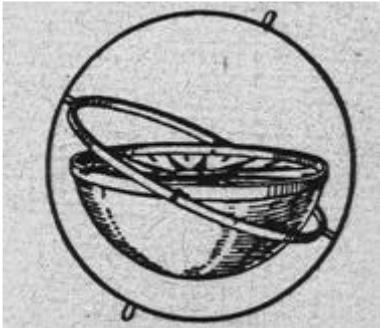


Bild V: Kardanisch aufgehängter Kompass zu Benutzung auf See (Kompensation des Seegangs), um 1570



Bild VI: Darstellung eines Kompasses. Federzeichnung in einer in der Mitte des 14. Jahrhunderts hergestellten Abschrift der "Epistola de magnete" des Petrus de Maricourt



Bild VII: Bergbau in China



THREE VERTICAL SHAFTS, BY WHICH THE FIRST, A, FROM THE MOUNTAIN SIDE, THE SECOND, B, REACHED THE TUNNEL; BY THE THIRD, C, THE TUNNEL WAS RUN TOWARD THE MOUNTAIN. D.—TUNNEL.

Bild VIII: Bergbau in England – verschiedene Stadien der Tunnelgrabung. Orientierung ist sehr wichtig, um den nächsten Schacht zu treffen.



Bild IX: Titelbild von Gilberts Buch „De Magnete“ über Magnetismus, Magnete und ihren

Anwendungen



Bild X: William Gilbert (* 24. Mai 1544 in Colchester, Essex, England; † 10. Dezember 1603 in London oder Colchester)



Bild XI: Ruinen der Poldice Mine bei Gwennap in Cornwall. Die Poldice Mine war vom frühen 16. Jh. bis 1930 in Betrieb – also auch zu Gilberts Zeiten.



Bild XII: Gilberts Versorium – Ein frühes Elektroskop aus einer drehbar gelagerten Metallnadel

7.4 Weiteres Quellmaterial

Originaltext I:

Auflistung der Kategorien, anhand derer Gilbert die Unterschiedlichkeit der Anziehungskräfte festgemacht hat.

Er [Gilbert] giebt als solche Unterschiede:

Die Elektrizität entsteht nur durch Reiben, der Magnet zeigt die Anziehungskraft als natürliche dauernde Eigenschaft.

Die Elektrizität wird durch Feuchtigkeit aufgehoben, der Magnet verliert selbst bei Dazwischenkunft fester Körper seine Kraft nicht.

Der Magnet zieht nur wenige Körper an, die Elektrizität wirkt fast auf alle Stoffe
Der Magnet bewegt Körper von beträchtlichem Gewicht, die Elektrizität nur leichte Materien.

Quelle:

Die Geschichte der Physik. In Grundzügen mit synchronistischen Tabellen der Mathematik, der Chemie und beschreibenden Naturwissenschaften sowie der allgemeinen Geschichte, Teil 2: Geschichte der Physik in der Neuere Zeit, 1882, von Ferdinand Rosenberger

Originaltext II:

Ferdinand Rosenberger über William Gilberts wissenschaftliche Arbeitsweise (kein blinder Autoritätsglaube, keine reine Naturbeobachtung – stattdessen Experimente und die Erklärung der Beobachtungen)

Es enthält Nichts von der gewöhnlichen peripatetischen [aristotelischen] Naturphilosophie, verachtet nicht die Naturbeobachtung bei Ueberschätzung der Autorität, sondern gründet sich im Gegentheil ganz auf das Experiment und zeugt von ausserordentlicher Geschicklichkeit in der Anwendung der experimentellen Methode zur Erforschung ungeahnter Naturerscheinungen.

Gilbert ist ein Physiker neuen Stils, der in seinem engeren Gebiete mit Galilei wetteifert und an Geschicklichkeit im Experimentiren ihm nicht nachsteht, wenn auch seine Kraft zur Erklärung des Beobachteten nicht an die des Galilei heranreicht.

Quelle:

Die Geschichte der Physik. In Grundzügen mit synchronistischen Tabellen der Mathematik, der Chemie und beschreibenden Naturwissenschaften sowie der

allgemeinen Geschichte, Teil 2: Geschichte der Physik in der Neuere Zeit, 1882, von Ferdinand Rosenberger; Seite 38

8. Methodisch-didaktische Hinweise

Die folgenden Hinweise können eine angemessene Nutzung des Materials unterstützen und Hinweise geben, wie die SchülerInnen im Unterricht etwas über die Natur der Naturwissenschaften lernen.

8.1 Zur Rekonstruktion des Labortagebuchs

Die Anleitung zum forschenden Lernen durch ein fiktives Forschertagebuch lässt viele Möglichkeiten zur inneren Differenzierung zu und ist gedacht als Hilfestellung zum eigenen, selbst gesteuerten Forschen.

Dabei sollte berücksichtigt werden, welche Vorerfahrungen die SuS mit dem Planen, Durchführen und Auswerten von Untersuchungen haben.

Umgehen mit unterschiedlichen Ergebnissen und Forschungsstrategien:

- SchülerInnen zum Aushandeln der unterschiedlichen Ergebnisse anregen - Wie kommt es dazu? Wie seid ihr jeweils vorgegangen? Was habt ihr anders gemacht? Womit rechtfertigt ihr die Verlässlichkeit eurer Forschung? etc.
- SchülerInnen zum Reflektieren ihres eigenen Vorgehens anregen - Was wolltet ihr untersuchen? Wie seid ihr vorgegangen? Was vermutet ihr? Warum dieses Experiment? Habt ihr das Ergebnis erwartet - Warum? etc.
- SchülerInnen zur Rechtfertigung ihres Vorgehens, ihrer Daten und ihrer Schlussfolgerungen anregen

Die Offenheit der Aufgaben kann in Stufen variiert werden:

- Die SuS erhalten nur Schülermaterial I und II mit der Aufgabe, das Labortagebuch zu rekonstruieren.
- Die SuS erhalten Schülermaterial I und II sowie die zugehörigen Aufgabenstellungen aus Schülermaterial III und IV.
- Die SuS benutzen zusätzlich die Hilfekarten aus Schülermaterial III und IV.
- Das fiktive Interview kann nach Ermessen des Lehrers/der Lehrerin eingesetzt werden. Auch hier sollten die SchülerInnen die Möglichkeit erhalten, sich über Material IX Hilfestellung zu holen.

Die Wahl der Hilfestellung kann entweder durch den Lehrer geschehen oder aber die SuS entscheiden selbst, wann und wie viel Hilfe sie benötigen. In jedem Fall sollte der Lehrer die SuS in ihrem Vorgehen soweit unterstützen, dass sie die wichtigsten Stationen von Gilberts Forschung selbst nachvollziehen können.

Bevor die SuS mit ihrer Untersuchung beginnen, sollte sichergestellt werden, dass

folgende Punkte von allen SuS verstanden worden sind:

- Es gibt eine übergreifende Fragestellung: „Gibt es einen Unterschied der Anziehungskräfte von Magneten und elektrisierten Körpern?“
- Gilbert hat eine Idee, wie sich die beiden unterscheiden könnten. Er stellt dazu eine Vermutung auf und will sie durch Experimente testen.

8.2 Die Reflection Corner - Ein methodisches Hilfsmittel zur expliziten Reflektion über die Natur der Naturwissenschaften

Die Reflection Corner ist ein methodisches Hilfsmittel, welches den SuS das Reden über Rolle, Funktion, Bedingungen und Eigenschaften von Naturwissenschaft, naturwissenschaftlichem Wissen und dessen Produktion erleichtern und systematisieren soll. Sie wird von den SchülerInnen schnell anerkannt und sollte an all den Stellen im Unterricht eingesetzt werden, wo etwas ÜBER Naturwissenschaften und Erkenntnisgewinnung gelernt werden soll.

Alle Infos dazu gibts hier...

9. Erprobungsergebnisse

Die Erprobung zeigt, dass

- es nicht unbedingt immer ratsam ist, zusätzlich zum Labortagebuch noch schriftliche Arbeitsanweisungen zu geben. Die SchülerInnen erhalten durch das Labortagebuch genügend Anleitung, so dass sie mit sporadischer Unterstützung durch den Lehrer/die Lehrerin das Labortagebuch selbstständig vervollständigen können. Oft konzentrieren sich die SchülerInnen entweder auf das Labortagebuch ODER auf die schriftlichen Anweisungen.
- die Zwischenergebnisse der Rekonstruktion für alle SchülerInnen bspw. an der Tafel gesammelt werden sollten. Nur so kann man sicherstellen, dass die Unterschiede elektrischer und magnetischer Anziehung alle SchülerInnen erreichen und durch ambivalente Experimentalergebnisse der SchülerInnen keine Fehlvorstellungen erzeugt werden.
- die SchülerInnen Gilberts methodisches Vorgehen zur Festlegung der elektrisierbaren Materialien aus ihrer Sicht als "ausprobieren" erfahren. Gemeint ist aber **das systematische Kombinieren/Variieren** von geriebenen, anziehenden und angezogenen Stoffen. Dieser Punkt sollte in der Reflektion zu Gilberts methodischem Vorgehen (Nachbereitung des fiktiven Interviews) ausgearbeitet werden, um diese **Methode der Erkenntnisgewinnung** als solche erkennbar werden zu lassen.
- die SchülerInnen Gilberts methodisches Vorgehen zur Unterscheidung der Anziehungskräfte durch die Anlage des Labortagebuchs schnell

als **hypothesegeleitetes Experimentieren** erkennen. Aus ihrer Sicht dient das Experiment jedoch als eindeutiger Beweis. Dieser Vorstellung muss in der Reflektion begegnet werden, um klarzustellen, dass es endgültige Beweise in den Naturwissenschaften nicht geben kann, man aber bspw. durch Wiederholbarkeit die Verlässlichkeit deiner Ergebnisse steigern kann.

10. Thematische Ressourcen

Beigefügte Literatur: - [2], S. 1 – 4

- [3], S. 2-3

Ein kurzer Abriss von Gilberts Ergebnissen. Enthält einen Kommentar zur Bedeutsamkeit von Gilberts Unterscheidung zwischen Elektrizität und Magnetismus (S. 3 Mitte).

Internetquellen:

- www.iki.rssi.ru/.../stern/earthmag/DDMGRev2.htm

Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Gilberts „De Magnete“

11. Literatur & Quellennachweise

[1]Die Geschichte der Physik. In Grundzügen mit synchronistischen Tabellen der Mathematik, der Chemie und beschreibenden Naturwissenschaften sowie der allgemeinen Geschichte / Ferdinand Rosenberger, 2: Geschichte der Physik in der Neueren Zeit. - Reprint von 1882. - Hildesheim : Georg Olms, 19XX. - VI, 406 S.

[2] Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektrizität, nebst eigenthümlichen Versuchen

/ Priestley, Joseph (Naturforscher) *1733-1804*. - Repr. aus dem Jahre 1772, nach der 2., vermehrten und verb. Ausg. - Hannover : Ed. "libri rari" Schäfer, 1983

[3]Geschichte der Elektrizität / E. Hoppe – Reprint von 1884 – Liechtenstein: Sändig Reprints

[4]The Origins of William Gilbert's Scientific Method / Edgar Zilsel in: Journal of the History of Ideas, Volume 2, Issue 1, Jan. 1941, S. 1-32

[5] Steinle, F. (1997). Entering New Fields: Exploratory Uses of Experimentation. Philosophy of Science, 64 (Supplement), 65-S74.

[6] Kipnis, N. (2005). Scientific Analogies and Their Use in Teaching Science. Science & Education, 16: 883-920.