

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Institut für Didaktik der Physik (FB 13)

*Wissenschaftliche Hausarbeit
im Rahmen der ersten Staatsprüfung
für das Lehramt an Grundschulen
im Fach Sachunterricht – Schwerpunkt Physik,
eingereicht der Hessischen Lehrkräfteakademie
- Prüfungsstelle Frankfurt am Main -*

**Erstellung und Evaluation eines Schülerlabors
zum Magnetismus für Grundschüler**

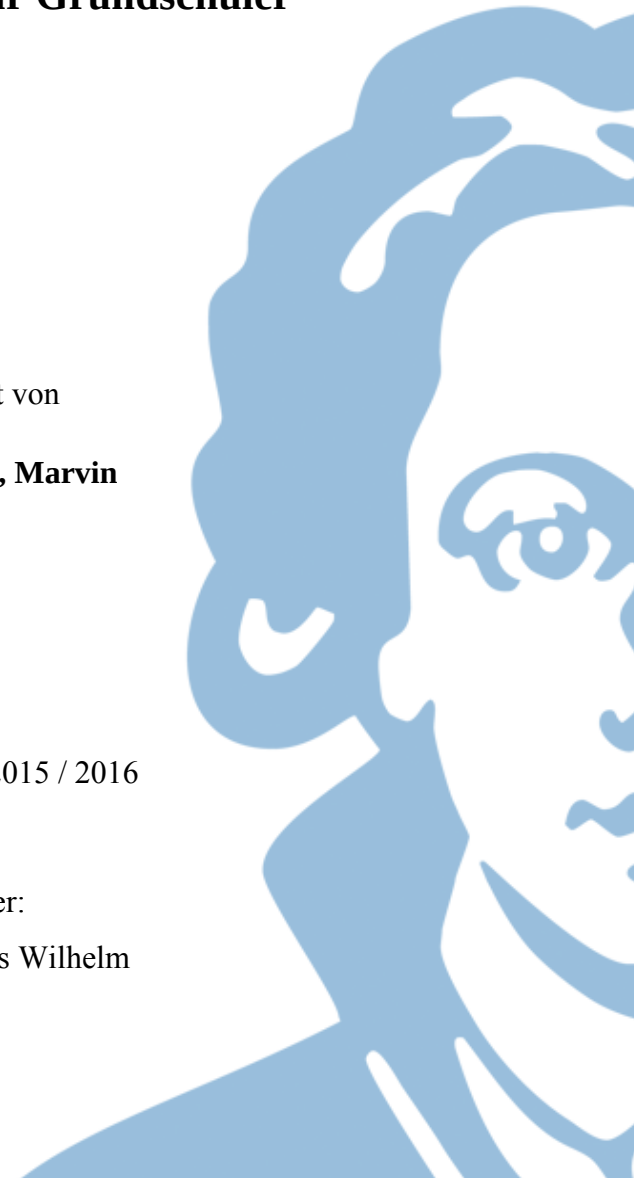
Eingereicht von

van Heukelum, Marvin

Wintersemester 2015 / 2016

Gutachter:

Prof. Dr. Thomas Wilhelm



Inhalt

1. EINLEITUNG.....	3
1.1. AUFBAU DER ARBEIT	5
2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN	6
2.1. SACHINFORMATIONEN FÜR DEN LESER - FACHLICHE GRUNDLAGEN DES MAGNETISMUS	7
2.2. AUßERSCHULISCHE LERNORTE.....	15
2.2.1. <i>Formelles / informelles Lernen</i>	16
2.2.2. <i>Das Schülerlabor – ein außerschulischer Lernort</i>	17
2.3. LEHR-LERNTHEORETISCHE / METHODISCHE GRUNDLAGEN.....	21
2.4. ERGEBNISSE DER STUDIE & DER LEHRERFORTBILDUNG IN BEZUG AUF DIE LEHR – LERNMETHODISCHE VORGEHENSWEISE.....	28
2.5. FACHDIDAKTISCHE BEGRÜNDUNG EINES SCHÜLERLABORS	29
2.6. FACHDIDAKTISCHE GRUNDLAGEN DER PHYSIK ZUM THEMA	33
3. ERSTELLUNG DES SCHÜLERLABORS	39
3.1. VORHERGEHENDE INSTRUKTIONSPHASE	40
3.2. SELBSTENTDECKENDE LERNPHASE / ARBEITSPHASE.....	48
3.3. VORBEREITUNG.....	63
3.4. ABLAUF DER DURCHFÜHRUNG.....	66
4. FORSCHUNGSFRAGEN	69
5. REFLEXION UND EVALUATION DES SCHÜLERLABORS	74
5.1. REFLEXION DER PRAKTISCHEN DURCHFÜHRUNGEN	74
5.2. INFORMATIONEN ZUR STATISTISCHEN ERHEBUNG - DER POSTTEST	80
5.3. ERGEBNISSE DER KOGNITIVEN LEISTUNGEN IM STÄDTEVERGLEICH....	86
5.3.1. <i>Ergebnisse der Münchner Klassen</i>	86
5.3.2. <i>Ergebnisse der Frankfurter Klassen</i>	90
5.4. PRÜFUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN.....	91
5.4.1. <i>Können Schülerinnen und Schüler in Frankfurt durch den Besuch des Schülerlabors ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus auf Phänomenebene erwerben?</i>	91

5.4.2.	<i>Können Schülerinnen und Schüler in Frankfurt durch den Besuch des Schülerlabors ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus auf Theorieebene erwerben?</i>	<i>93</i>
5.4.3.	<i>Sind Leistungsunterschiede bezüglich des konzeptionellen Verständnisses zum Magnetismus zwischen dritten und vierten Klassen Frankfurter Schulen zu erkennen?</i>	<i>95</i>
5.4.4.	<i>Sind die Leistungen der Münchner oder Frankfurter Klassen zum konzeptionellen Verständnis des Magnetismus besser?</i>	<i>98</i>
5.4.5.	<i>Bietet das erstellte Schülerlabor eine Möglichkeit, um Schülerinnen und Schülern in Frankfurt ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus zu vermitteln?</i>	<i>100</i>
6.	FAZIT	102
	LITERATURVERZEICHNIS.....	107
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	109
	TABELLENVERZEICHNIS.....	110
	ANHANG.....	111
A.	ABLAUFPLAN	111
B.	VORHERGEHENDE INSTRUKTION AUF GRUNDLAGE DER LEHRERFORTBILDUNG.....	114
C.	FORSCHERBUCH	126
D.	POSTTEST	149
E.	ERGEBNISSE POSTTEST.....	156
F.	BILDER SCHÜLERLABOR-DURCHFÜHRUNG	166
	RECHTSVERBINDLICHE ERKLÄRUNG.....	170

1. Einleitung

Der Magnetismus ist ein Thema, mit dem man viele Kinder begeistern und faszinieren kann. Kinder differenzieren schon in einem frühen Alter zwischen belebten und unbelebten Dingen und haben unterschiedliche Erwartungen an das jeweilige Bewegungsverhalten. Für sie ist verständlich, dass sich belebte Dinge, also alle Lebewesen, eigenständig bewegen können, jedoch sind sie erstaunt, wenn sich unbelebte Gegenstände ohne direkte Berührung wie von alleine bewegen. Mit Hilfe von Magneten können Gegenstände wie von Geisterhand bewegt werden, was ihren bisherigen Kenntnissen der Naturgesetze widerspricht und die Kinder an Zauberei denken lässt.¹ Die für die meisten Kinder rätselhafte und unerklärliche magnetische Wirkung sorgt für Interesse und die Kinder wollen wissen, wie das möglich ist und wie es funktioniert. Die Faszination des Magnetismus kann im Grundschulalter genutzt werden, um ein nachhaltiges Interesse an den Naturwissenschaften zu wecken.

Kinder machen schon früh Alltagserfahrungen mit Magneten. Egal, ob Magnete an der Schultafel, Magnetfiguren an Kühlschränken, Spiele, die Magnete beinhalten oder magnetische Verschlüsse, irgendwo und irgendwann sind alle Kinder schon einmal mit Magneten in Berührung gekommen. Dabei betreffen die Erfahrungen aus der Lebenswelt der Kinder meistens ausschließlich die anziehende Wirkung von Magneten, während die abstoßende Wirkung eines jeden Magneten nur wenigen Kindern bekannt ist.

Lehrkräften bietet die Faszination, die das Naturphänomen Magnetismus auf Kinder ausübt, eine ideale Möglichkeit, um die in den Bildungsstandards aufgeführten fachlichen Kompetenzen, welche die Kinder im Inhaltsfeld Natur erlangen müssen, zu erfüllen und eine naturwissenschaftliche Bildung der Kinder zu gewährleisten.

Auch ich möchte in diesem Sinne das Phänomen des Magnetismus nutzen und bei Kindern im jungen Alter, die noch nicht von negativen Vorurteilen gegenüber den Naturwissenschaften belastet sind, ein Interesse an

¹ Stiftung Haus der kleinen Forscher: Forschen mit Magneten. Ideen und Hintergründe aus der KITA-Praxis. (http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/1_Forschen/Themen-Broschueren/Broschuere-ForschenmitMagneten_2011.pdf, Datum des Zugriffs: 04.11.2015), S. 12.

Naturwissenschaften wecken und ihnen die in den Bildungsstandards geforderten fachlichen Kompetenzen des Inhaltsfeldes Natur vermitteln.

Die oben aufgeführten Ziele möchte ich mit der Erstellung und Durchführung eines Schülerlabors zum Thema Magnetismus für Grundschüler erreichen. Zusätzlich zu den zu erreichenden fachlichen Kompetenzen bietet das Schülerlabor eine gute Gelegenheit, naturwissenschaftliche Komponenten des Denkens und Forschens praxisnah zu üben² und dabei ebenfalls die in den Bildungsstandards aufgeführten überfachlichen Kompetenzen zu stärken. Exaktere curriculare Ausführungen werden im Laufe dieser Arbeit noch folgen. Durch einen Posttest nach der Durchführung des Schülerlabors werde ich die Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler aus Frankfurter Schulen evaluieren, um die Wirkung des Schülerlabors auf die Wissensleistung der Kinder bewerten zu können. Die Ergebnisse der Frankfurter Schulen werde ich außerdem mit den Leistungen von Münchner Schulen vergleichen, deren Ergebnisse ich einer Studie entnehmen werde.

Die Grundlage für die Erstellung meines Schülerlabors bilden die Dissertation „Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-) Magnetismus. Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe“ von Alexander Rachel aus dem Jahre 2013, sowie eine darauf aufbauende Lehrerfortbildung.

In der Studie Rachels wurde anhand von Münchner Klassen untersucht, ob sich die Lernergebnisse von Grundschulkindern (vierte Klasse) von denen der Schülerinnen und Schülern aus der Sekundarstufe I (siebte Klasse) unterscheiden. Außerdem wurden verschiedene Lehr- Lernkombinationen von Instruktion und einer schülerzentrierten Lernphase durchgeführt und evaluiert, die der Dissertation zu entnehmen sind.

Neben der Berücksichtigung nicht-kognitiver Merkmale wurde der Fokus speziell auf den Erwerb der physikalischen Theorie des Magnetismus sowie ein Modellverständnis gelegt, welches den Magnetismus für Kinder verstehbar macht.

Es wurde festgestellt, dass Grundschüler unter geeigneten unterrichtlichen Bedingungen ein Wissensniveau von Gymnasiasten erreichen. Als besonders

² Stiftung Haus der kleinen Forscher: Forschen mit Magneten, S. 16.

lernförderlich erwies sich eine Lehr- Lernkombination mit einer Phase direkter Instruktion zu Beginn der Unterrichtseinheit und einer folgenden schülerzentrierten Lernphase mit offenen Arbeitsanweisungen.³

Da die empirischen Ergebnisse der Studie vielversprechend waren, wurde Anfang des Jahres 2013 ein Lehrerfortbildungsprojekt von Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner und Prof. Dr. Thomas Wilhelm gestartet, in dessen Rahmen Lehrkräften verschiedener Frankfurter Schulen das Konzept präsentiert wurde. Nach Leitfadeninterviews mit den Lehrkräften und Vorträgen über didaktische und methodische Überlegungen wurde seitens der Lehrkräfte selbstständig geforscht und anschließend reflektiert. Das hatte zur Folge, dass das Konzept Rachels in Zusammenarbeit zwischen den Lehrkräften und den Projektleitern Herr Wiesner und Herr Wilhelm nochmals überarbeitet wurde.⁴

1.1. Aufbau der Arbeit

Zu Beginn der Arbeit werde ich die theoretischen Grundlagen aus der pädagogischen Psychologie und der Physikdidaktik aufführen, die zum großen Teil auf den grundlegenden Gedanken des im vorhergehenden Teil genauer beschriebenen Unterrichtskonzepts der Dissertation beruhen. Außerdem werden diesen Teil der Arbeit weitere theoretische Grundlagen bestimmen, welche ich für die Überlegungen zur Durchführung meines Schülerlabors zusätzlich herangezogen habe.

Nachdem ich Sachinformationen zum Magnetismus geschildert habe, werde ich ausführlicher auf außerschulische Lernorte eingehen und das Schülerlabor als solchen näher beleuchten.

Es folgt eine Schilderung der lehr- lerntheoretischen Überlegungen, in der die Vorgehensweise für den methodischen Ablauf meines Schülerlabors zum Magnetismus begründet werden kann. Ebenfalls ausschlaggebend für die

³ Rachel, Alexander: Auswirkungen instruktorischer Hilfen bei der Einführung des (Ferro-) Magnetismus. Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe. Berlin 2013.

⁴ Sa'Duddin, Nawal: Lehrerfortbildungsprojekt zum Magnetismus für den Sachunterricht der Grundschule. Frankfurt 2013, S. 26 f.

Entscheidung der methodischen Umsetzung sind die Studienergebnisse Rachels und Ergebnisse der Lehrerfortbildung, welche ebenfalls aufgeführt werden.

Natürlich darf auch eine curriculare Begründung nicht fehlen, warum ein Schülerlabor eine gute Möglichkeit darstellt, die geforderten Kompetenzen zu fördern. Ebenfalls curricular und auf der Forschung basierend folgt die Begründung der Physikdidaktik, warum sich das Thema Magnetismus gut für die Grundschule eignet.

Anschließend werde ich auf Grundlage der theoretischen Überlegungen, der Ergebnisse der Studie und der Lehrerfortbildung ein Schülerlabor erstellen, näher auf die Vorbereitung eingehen und den geplanten Gesamtablauf des Schülerlabors schildern.

Es folgt eine Zusammenstellung der Forschungsfragen und Hypothesen, welche in dem darauffolgendem Abschnitt der Arbeit evaluiert wird.

Beginnen wird die Evaluation mit einer zusammenfassenden Reflexion aller Schülerlabordurchführungen, in der positive als auch verbesserungswürdige Aspekte aufgegriffen und mögliche Verbesserungsvorschläge aufgeführt werden.

Die Vorstellung des Posttests als Erhebungswerkzeug wird den nächsten Teil bilden. Es wird beschrieben, wie dieser aufgebaut ist und nach welchem Schema die Auswertung des Tests erfolgt.

Nachdem ich die für die Forschungsfragen relevanten Ergebnisse der Münchner Schulen zusammengefasst habe, werde ich mich der Auswertung der Testergebnisse widmen, diese auf die Forschungsfragen übertragen und die aufgestellten Hypothesen nacheinander prüfen.

Zum Schluss folgt das Fazit dieser Arbeit, in dem eine Zusammenfassung aller Erkenntnisse erfolgt. Sich daraus ergebende Folgen für das Schülerlabor sowie ein Ausblick mit noch offen gebliebenen Fragen werden die letzten Zeilen füllen.

2. Theoretische Grundlagen

In diesem Teil der Arbeit wird nach der Klärung theoretischer Grundlagen zum Magnetismus und außerschulischen Lernorten methodisch und didaktisch begründet, warum die Erstellung und Durchführung eines Schülerlabors zum Thema Magnetismus für Grundschüler tragbar und sinnvoll ist.

2.1. Sachinformationen für den Leser - fachliche Grundlagen des Magnetismus

Es ist bis heute nicht eindeutig geklärt, woher der Begriff Magnetismus kommt und wie er entstanden ist. Schon im vorchristlichen China und in der griechischen Antike löste das Phänomen der magnetischen Anziehung Faszination aus. Ein Gestein, das Magnetit genannt wird, zog Eisen an. Zur Begriffsbildung des Magnetismus gibt es mehrere Theorien. In einer weit verbreiteten Geschichte, die von einem jungen Hirten namens Magnes handelt, der auf Kreta über den Berg Ida gegangen sein soll, wurde die Stahlspitze seines Hirtenstocks angezogen und er entdeckte so die anziehende Wirkung des Gesteins Magnetit. In Anlehnung an den Namen des Entdeckers könnte der Begriff Magnetismus entstanden sein.

Eine andere Erklärung könnte der häufige Magnetit-Fund in der türkischen Provinz Magnesia bieten, aus deren Name der Begriff Magnetismus ebenfalls abgeleitet worden sein könnte. Die tatsächliche Namensherkunft ist allerdings bis heute nicht geklärt.⁵

Es gibt verschiedene Formen des Magnetismus, wie den Diamagnetismus, den Paramagnetismus, den Antiferromagnetismus, den Ferrimagnetismus und den Ferromagnetismus. Ich werde ausschließlich näher auf den Ferromagnetismus eingehen, da der Ferromagnetismus Thema dieser Arbeit sein wird und die einzige Form darstellt, welche in der Grundschule von Bedeutung ist.

Ferromagnetismus (von lat. ferrum, „Eisen“) ist die Form des Magnetismus, welche sich mit der magnetischen Wirkung von ferromagnetischen Stoffen beschäftigt. Eisen ist der bekannteste ferromagnetische Stoff und hat eine besonders ausgeprägte Eigenschaft, die sich Magnetismus nennt. Magnetismus ist eine Kraftwirkung zwischen Magneten und magnetisierbaren Stoffen. Diese „können sich gegenseitig anziehen, aber auch abstoßen, also Kräfte aufeinander ausüben.“⁶ Neben Eisen sind auch Cobalt und Nickel ferromagnetische Stoffe,

⁵ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 26.

⁶ Völcker, Diethelm: Mehr Erfolg in Physik. Mittelstufe: Optik, Magnetismus, Elektrizitätslehre, Atomphysik. München 2010, S. 60.

deren magnetische Eigenschaften jedoch schwächer ausgeprägt sind als bei Eisen. Alle Materialien oder Gegenstände, in denen mindestens einer dieser drei Stoffe enthalten ist, können magnetisiert werden. Nicht zu verwechseln ist diese Naturerscheinung der Wechselwirkung des Magnetismus mit der Massenanziehung (Gravitation), welche ausschließlich dafür sorgt, dass sich Massen gegenseitig anziehen, nicht aber abstoßen.⁷

Ferromagnetische Stoffe an sich sind normalerweise nicht magnetisch, können aber vorübergehend magnetisiert werden, wenn sie in die Nähe eines Magnetfeldes kommen. Sie verlieren ihre magnetische Wirkung jedoch wieder recht schnell. Durch Erschütterung oder eine Temperaturerhöhung (über 770 Grad Celsius⁸) kann der Verlust der magnetischen Wirkung zusätzlich beschleunigt werden.

In der Natur kommen aber auch magnetische Eisenerze vor, wie das oben in der Geschichte erwähnte Magnetit. Diese natürlichen Magnete sind dauerhaft magnetisiert, haben jedoch keine starken magnetischen Eigenschaften. Da die magnetische Wirkung über einen sehr langen Zeitraum anhält, werden sie als Dauermagneten oder auch Permanentmagneten bezeichnet.

Heutzutage ist es kein Problem, solche Dauermagneten künstlich herzustellen. Magneten aller Art, wie die bekannten Stabmagneten, Hufeisenmagneten oder auch Scheibenmagneten, werden künstlich hergestellt, indem Pulver von ferromagnetischen Stoffen vermischt wird und unter der Einwirkung von großem Druck und hohen Temperaturen so in Form gepresst und dabei durch ein kompliziertes Verfahren, mit Hilfe eines starken Magnetfeldes, magnetisiert wird. Dieses Verfahren führt dazu, dass die neu entstandenen Magnete ihre magnetische Wirkung nicht mehr so leicht verlieren können, wie es beispielsweise ein magnetisiertes Eisenstück tun würde. So entstehen künstliche Dauermagneten.

Nun zu den Eigenschaften von Magneten. Alle Magnete haben an den Enden zwei Pole. Diese werden als Nordpol und Südpol bezeichnet. Dort ist die magnetische Wirkung am größten. In der Mitte eines Magneten ist die Kraftwirkung quasi nicht existent. Sind Magneten farblich markiert, entspricht

⁷ Völker: Mehr Erfolg in Physik, S. 60.

⁸ Völker: Mehr Erfolg in Physik, S. 63.

die grüne Seite in der Regel dem Südpol und die rote Seite dem Nordpol, teilweise sieht man auch Magneten, deren Südpol blau markiert ist. Wie schon erwähnt, üben Magnete eine Kraftwirkung aufeinander aus, die dafür sorgt, dass sich die gegenüberstehenden Pole entweder anziehen oder abstoßen. Die Wechselwirkung zwischen den Polen sorgt dafür, dass sich ungleiche Pole, wie zum Beispiel ein Nordpol und ein Südpol, anziehen und sich gleichnamige Pole gegenseitig abstoßen.

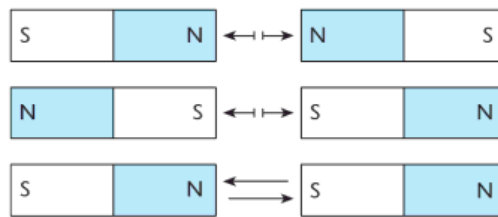


Abb. 1: Polregeln⁹

Natürlich sind nicht alle Magnete gleich stark, also haben sie unterschiedlich ausgeprägte magnetische Wirkungen. Die Größe eines Magneten sagt nichts über seine Stärke aus. So kann ein kleiner Neodym-Magnet eine viel stärkere magnetische Wirkung haben als ein normaler Stabmagnet, den man aus dem Schulunterricht kennt. Außerdem kann die Stärke der magnetischen Wirkung auf einen weiteren Magneten oder einen ferromagnetischen Stoff durch die Kombination mehrerer Magnete miteinander beeinflusst werden. Je nachdem, wie man Magnete miteinander kombiniert, kann die magnetische Wirkung auf einen anderen Magneten oder einen ferromagnetischen Stoff extrem verringert oder aber auch verstärkt werden. Kombiniert man zwei Stabmagnete so vertikal nebeneinander, dass sie in gleicher Orientierungsrichtung (Südpol und Südpol oder Nordpol und Nordpol) nebeneinander liegen, wird die magnetische Wirkung verstärkt. Dreht man einen der Stabmagnete um, so dass Nordpol und Südpol vertikal nebeneinander liegen (die Magnete ziehen sich nun an),

⁹ SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus/magnetismus-methodische-variante-a-einfuehrende-instruktion?showall=&start=4>, Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

verringert sich die magnetische Wirkung praktisch auf null, da der *eine* Stabmagnet in der Magnetkombination einen gegenüber befindlichen anderen Magneten oder ferromagnetischen Stoff genau so stark abstößt, wie der *andere* Stabmagnet in der Magnetkombination ihn anzieht. Die Wirkung der beiden Stabmagnete hebt sich auf.¹⁰

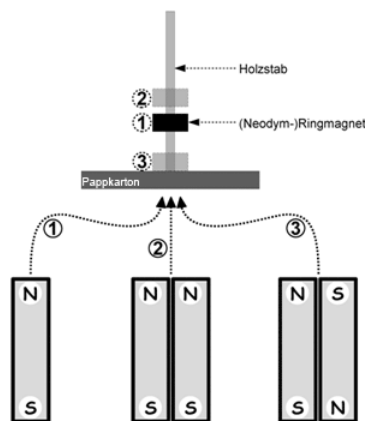


Abb.2: Vergleich der Stärke von Magnetkombinationen und mit der eines einzelnen Magneten.¹¹

Der Bereich um einen Magneten, in dem magnetische Kräfte wirken, wird als Magnetfeld bezeichnet. Dies kann man sichtbar machen, indem man beispielsweise einen Stabmagneten auf eine Plexiglasplatte legt, in der sich zwischen den beiden Plattenseiten viele kleine Magnetnadeln (wie in einem Kompass) befinden, die ortsfest in der Mitte befestigt und leicht drehbar sind. Man kann erkennen, dass sich diese kleinen Magnete so ausrichten, dass es aussieht, als würden diese kleinen Magnetnadeln aus dem Nordpol des Magneten herausströmen und im Südpol wieder hineinströmen.

¹⁰ SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus/sachinformationen-fuer-die-lehrkraft?showall=&start=6>, Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

¹¹ SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus/zusatzangebot-magnete-selbst-gemacht>, Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

Je nach Form des Magneten sehen diese sogenannten Magnetfeldlinien natürlich anders aus.¹²

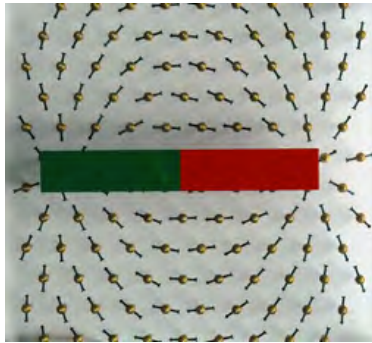


Abb. 3: Magnetfeldlinien eines Stabmagneten¹³

Die magnetische Wirkung nimmt mit zunehmendem Abstand von einem Magneten ab, wird aber nicht von sich dazwischen befindlichen Materialien beeinflusst, wie zum Beispiel Papier, Kunststoff oder Holz. Sogar im Vakuum ist eine magnetische Wirkung vorhanden. Die magnetische Kraftwirkung durchdringt jedoch keine Körper wie Eisen, Cobalt und Nickel, die selbst magnetische Eigenschaften besitzen.¹⁴

Doch nicht nur Magnete werden von der magnetischen Wirkung beeinflusst, sondern, wie in den letzten Abschnitten schon des Öfteren erwähnt, auch ferromagnetische Materialien wie Eisen. Eisen wird von der magnetischen Wirkung eines Magneten angezogen und wird somit selbst zu einem Magneten. Nun könnte man an das Eisenstück zum Beispiel noch weitere Eisennägel hängen, die wiederum auch selbst zu einem Magneten werden würden. Diese Magnetisierung existiert nicht nur, wenn ein Magnet in der Nähe eines Eisenstücks ist oder ein Stück Eisen angezogen hat. Auch durch wiederholtes Streichen (in gleichbleibender Richtung mit dem selben Pol) mit einem starken

¹² SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus/sachinformationen-fuer-die-lehrkraft?showall=&start=2>, Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

¹³ Dehmuth, Reinhard/Joachim Kahlert: Wir experimentieren in der Grundschule – Teil 1. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge, Köln 2007, S. 122.

¹⁴ Völker: Mehr Erfolg in Physik, S. 61.

Stabmagneten über ein Stück Eisen kann dieses vorübergehend magnetisiert werden. Die magnetische Wirkung hält jedoch nicht sehr lange an und kann durch Erschütterung und Hitze noch schneller reduziert werden.

Dieses Phänomen eines magnetisierten Eisenstücks kann mit dem sogenannten Eisen-Magnet-Modell erklärt werden. In diesem Modell werden kleine „Magnetchen“, die durch Pfeile dargestellt werden, mit der Konvention verwendet, dass die Spitze der magnetische Nordpol und der Fuß der magnetische Südpol ist, welche ortsfest und drehbar in einem zweidimensionalen Gitter angeordnet sind.¹⁵ Man kann sich ein unmagnetisiertes Stück Eisen so vorstellen, dass diese „Magnetchen“ im Inneren des Eisenstücks komplett durcheinander in alle Richtungen zeigen und sich deshalb die magnetische Wirkung nach außen aufhebt. Diese im Modell als „Magnetchen“ bezeichneten einzelnen Bereiche nennt man Weiß'sche Bezirke. In einem unmagnetisierten Stück Eisen sind also die „Magnetisierungsrichtungen der einzelnen Weiß'schen Bezirke [...] so [zueinander] ausgerichtet, dass sie sich gegenseitig möglichst kompensieren und die Gesamtmagnetisierung [...] verschwindet.“¹⁶ Kommt ein unmagnetisiertes Eisenstück nun in die Nähe eines Magnetfeldes von einem Magneten, so beeinflusst dieser die kleinen „Magnetchen“ so, dass sie sich zunehmend parallel anordnen, wodurch die magnetische Wirkung des Eisenstücks verstärkt wird und dieses Eisenstück selbst zu einem Magneten wird. Etwas wissenschaftlicher formuliert: Durch die sich durch den Magneten parallel anordnenden Magnetisierungsrichtungen in den Weiß'schen Bezirken wird eine magnetische Wirkung hergestellt. Ein Dauermagnet wird in diesem Modell logischerweise genau so dargestellt wie ein magnetisiertes Stück Eisen, wobei sich „die Magnetchen deutlich „schwerer“ aus ihrer gleichsinnigen Ausrichtung heraus drehen lassen; somit bleibt die Magnetisierung dauerhaft bzw. langfristiger erhalten.“¹⁷

¹⁵ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus. S. 108 ff.

¹⁶ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 41.

¹⁷ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 109.

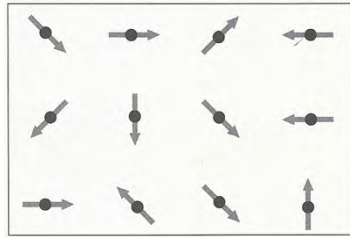


Abb. 4: Eisen-Magnet-Modell¹⁸

(Vorstellung unmagnetisiertes Eisenstück)

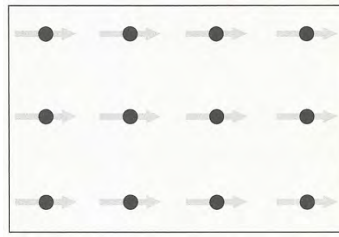
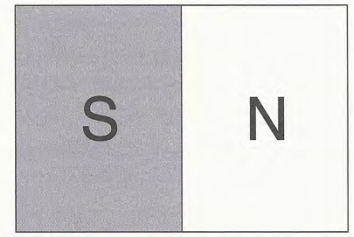


Abb. 5: Eisen-Magnet-Modell¹⁹

(Vorstellung magnetisiertes Eisenstück)



Mit Hilfe des Eisen-Magnet-Modells ist auch sehr gut zu erklären, warum ein Magnet immer zwei Pole haben muss, auch wenn man ihn und die beiden neu entstandenen Magneten immer wieder teilt. „Süd- und Nordpol lassen sich nicht voneinander trennen, da die ‚Magnetchen‘ als kleinste Einheit untrennbar Nord- und Südpol besitzen. Wird ein Stabmagnet [...] durchtrennt, so wird [unter Berücksichtigung des eben erklärten Eisen-Magnet-Modells,] durch die Betrachtung der [‚Magnetchen‘] in den beiden Hälften unmittelbar einsichtig, dass beide Hälften jeweils selbst wieder Magnete mit jeweils einem Nordpol und einem Südpol sein müssen.“²⁰

Als letztes gehe ich auf das Magnetfeld der Erde ein. Auch unsere Erde selbst ist ein riesiger Magnet und hat somit ein Magnetfeld. Mit einem Kompass kann man dies gut verdeutlichen. Eine Kompassnadel ist ein kleiner Stabmagnet, der mittig möglichst reibungsarm gelagert ist und sich frei beweglich nach allen Richtungen ausrichten kann. Man kann beobachten, dass sich die Kompassnadel nach einer gewissen Zeit immer in ein und die selbe Richtung ausrichtet, egal wie man sich mit dem Kompass dreht und bewegt. Das ist der Beweis dafür, dass unsere Erde selbst ein Magnet ist und ein Magnetfeld besitzen muss.

Heutzutage nimmt man an, dass der Erdmagnetismus durch elektrische Ströme im flüssigen Erdkern, der zu einem großen Teil aus Eisen besteht, zustande kommt.²¹

¹⁸ Demuth: Wir experimentieren in der Grundschule, S. 122.

¹⁹ Demuth: Wir experimentieren in der Grundschule, S. 122.

²⁰ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 112.

²¹ SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus/sachinformationen-fuer-die-lehrkraft?showall=&start=3>, Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

„Jene Orte, an denen die Feldlinien senkrecht auf der Erdoberfläche stehen [...] sind der Definition zufolge die beiden magnetischen Pole.“²²

Da der nach Norden weisende Pol eines Magneten Nordpol genannt wird, sich aber wie wir wissen gegensätzliche Pole anziehen, muss sich im Norden unserer Erde der magnetische Südpol befinden. Deshalb muss man zwischen dem geografischen Nordpol und dem ebenfalls im Norden liegenden magnetischen Südpol unterscheiden. In der Antarktis, dem geographischen Südpol liegt demnach der magnetische Nordpol. Die geographischen und magnetischen Pole liegen jedoch nicht an ein und derselben Stelle. „So beträgt die Distanz zwischen dem geographischen Südpol und dem magnetischen Nordpol in der Antarktis gegenwärtig mehr als 2500 Kilometer. Der magnetische Südpol in der Arktis liegt dagegen zurzeit nur wenig mehr als 500 Kilometer vom geographischen Nordpol entfernt [etwas nördlich von Kanada].“ Die magnetischen Pole wandern jedoch ständig, so dass sich beispielsweise der magnetische Südpol momentan jährlich bis zu 50 Kilometer in Richtung des geographischen Nordpols verschiebt.²³

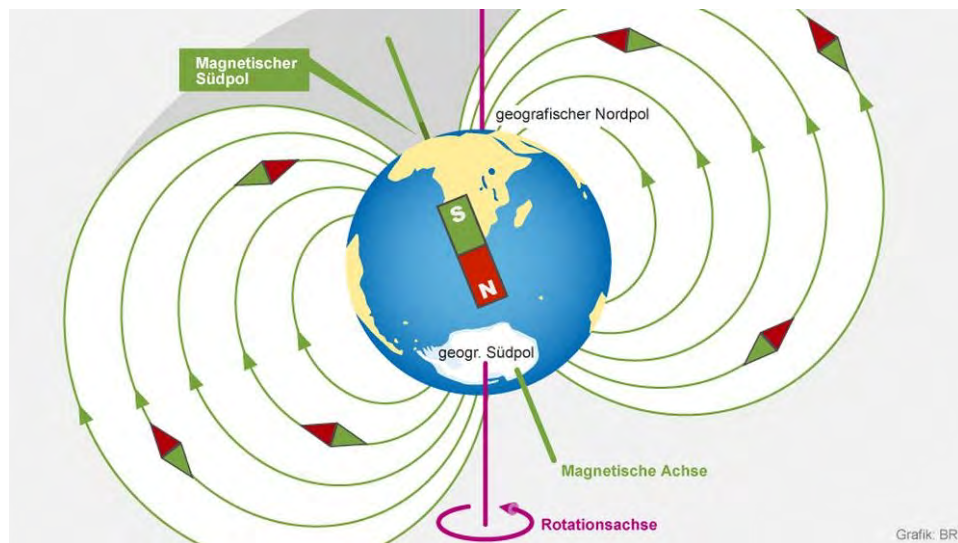


Abb. 6: Erdmagnetfeld²⁴

²² Rademacher, Horst: Magnetischer Südpol. Jährlicher Sprint um bis zu 50 Kilometer. (<http://www.faz.net/aktuell/wissen/erde/magnetischer-suedpol-jaehrlicher-sprint-um-bis-zu-50-kilometer-1937919.html>, Datum des Zugriffs: 02.11.2015).

²³ Rademacher: Magnetischer Südpol. Jährlicher Sprint um bis zu 50 Kilometer.

²⁴ Bildquelle: (http://www.br.de/themen/wissen/erdmagnetfeld-magnetfeld-erde-magnetlinien-100~_v-img__16__9__xl_-d31c35f8186eb80b0cd843a7c267a0e0c81647.jpg?version=2d8be, Datum des Zugriffs: 26.10.2015).

Die Abweichung des magnetischen Südpols im Norden vom geographischen Nordpol wird als Deklination bezeichnet.²⁵

2.2. Außerschulische Lernorte

Außerschulisches Lernen findet regelmäßig und unbewusst in der Lebenswelt der Kinder statt. So beeinflussen auch im ersten Augenblick eher weniger als Lernhandlung gesehene Aktivitäten, wie beispielsweise Gespräche im Elternhaus oder in den Peer-Groups, das Fernsehen, das Lesen von Büchern, Zeitungen oder Zeitschriften, ein Museumsbesuch und auch das einfache Spielen mit Freunden am Nachmittag das Lernen, um nur ein paar alltägliche Situationen zu nennen.²⁶ Lernen darf nicht immer, wie man es häufig und gerne denkt, ausschließlich mit dem Kennen von Inhalten, also dem Wissen, verknüpft werden. Auch affektive und psychomotorische Dinge müssen gelernt werden. Dies wird in der Schule, die in der öffentlichen Wahrnehmung der Gesellschaft das Bildungsmonopol beansprucht, häufig vernachlässigt. Abhilfe hierfür könnten außerschulische Lernorte schaffen.

Außerschulische Lernorte sind wie es der Name schon sagt, Orte außerhalb der Institution Schule, an denen etwas gelernt werden kann. Ein Grundgedanke von außerschulischen Lernorten ist es, Schülerinnen und Schülern Erfahrungen zu vermitteln, welche sie in der Institution Schule eher selten oder auch gar nicht machen können. Bei außerschulischen Lernorten liegt im Gegensatz zur Schule, in der es primär um die Verbesserung der kognitiven Komponente geht, ein großes Augenmerk auf der Stärkung des affektiven und psychomotorischen Bereichs, also Interesse und Motivation auszulösen beziehungsweise motorische Fähigkeiten und die Geschicklichkeit zu stärken.

Durch die Verbesserung eben dieser beiden Bereiche kann es gelingen, bestimmte Lerninhalte für den Lerner besser lernbar zu machen. Um

²⁵ SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus/sachinformationen-fuer-die-lehrkraft?showall=&start=3>, Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

²⁶ Guderian, Pascal: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Berlin 2006, S. 7.

schlussendlich näher auf den außerschulischen Lernort in Form eines Schülerlabors zu sprechen zu kommen, möchte ich vorerst jedoch die Begriffe des formellen und informellen Lernens näher beschreiben und voneinander abgrenzen.

2.2.1. Formelles / informelles Lernen

Beim Lernen gibt es zwei grundlegend verschiedene Formen. Das formelle und das informelle Lernen.

Formelles Lernen ist ein zielgerichtetes Lernen in einer anerkannten Bildungseinrichtung wie zum Beispiel der Schule. Das Lernen ist verpflichtend, curricumbasiert, findet immer in den gleichen Räumlichkeiten sowie zur selben Zeit statt und wird von der Lehrkraft vorgegeben. Diese hat vorher genau geplant, welches inhaltliche Lernziel erreicht werden soll und bringt es den Lernern, welche konventionell in Einzelarbeit arbeiten, strukturiert und lehrerzentriert bei. Der Lernzuwachs wird anschließend bewertet.

Das informelle Lernen findet im Alltag außerhalb des Bildungswesens, also in der Freizeit statt, ist freiwillig und völlig ungeplant. Da es freiwillig ist, gibt es ebenfalls keine vorgegebenen Zeiten, und auch der Inhalt wird durch den Lerner höchstwahrscheinlich unbewusst bestimmt. Alles läuft komplett lernergesteuert ab und sozialer Kontakt spielt eine große Rolle. Es wird auch als Erfahrungslernen bezeichnet.²⁷

Natürlich gibt es nicht nur die beiden eben beschriebenen Extreme. Es gibt auch unzählige Mischformen, die irgendwo zwischen den beiden Lernformen anzusiedeln sind. „Ausflüge von Schulklassen in Museen, Science Centern oder Schülerlaboren tragen daher trotz ihrer Einbettung in ein formelleren Kontext (dem Schulunterricht) zu der informellen Lernerfahrung bei.“²⁸ Auch der Unterricht selbst kann durch verschiedene Methoden, wie zum Beispiel der Projektarbeit, informelle Charakteristiken aufweisen.

Das informelle Lernen an außerschulischen Lernorten, bei dem die vom Lerner selbstbestimmte Lernerfahrung oftmals unstrukturiert und planlos stattfindet,

²⁷ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 9.

²⁸ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 10.

führt zu dem Denken, „dass außerschulischen Lernorten die Fähigkeit abgesprochen wird, Wissen vermitteln zu können“²⁹, denn Lernen wird häufig mit dem Anhäufen von Wissen gleichgesetzt.

Doch „beim informellen Lernen liegt der Fokus vielmehr auf affektiven Lernzielen, wie einer positiven Erfahrung im Umgang mit einem bestimmten Inhalt oder einer bestimmten Handlung, deren Auswirkungen auf den kognitiven Lernerfolg mit den Instrumenten des Schulunterrichts nicht unbedingt nachweisbar sind.“³⁰

2.2.2. Das Schülerlabor – ein außerschulischer Lernort

Ein außerschulischer Lernort, bei dem die von der Schule geforderten kognitiven Lernziele nicht vernachlässigt werden, ist das Schülerlabor. Während Schulausflüge in Museen oder Science Centern mit sehr informellem Charakter zwar „relativ einfach ein Wissen, dass hervorrufen können, sind ihre Möglichkeiten, das Wissen, wie und das Wissen, warum zu fördern, also Erklärungen zu liefern, jedoch beschränkt.“³¹

Das Schülerlabor als außerschulischer Lernort hingegen mit einer weitaus formelleren Ausrichtung, bei dem vorgegebene Experimente zu einer bestimmten Thematik durchgeführt werden, kann es leisten, Schülerinnen und Schülern Inhalte wirklich verständlich und nachvollziehbar zu machen.³² Diese Experimente sind im Gegensatz zu den formalen Experimenten in der Schule mit explizit vorgeschriebenen Schritten meist sehr offen gehalten. So können die Schülerinnen und Schüler beispielsweise nach einer Instruktionsphase, in der ein gelenktes Unterrichtsgespräch, unterstützt von Demonstrationsexperimenten stattgefunden hat, in der die nötigen Grundkenntnisse vermittelt wurden, anschließend offen und selbstentdeckend experimentieren. Das erlangte Vorwissen ermöglicht es, neben dem Wissen, dass etwas so ist, auch das im

²⁹ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 10.

³⁰ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 11.

³¹ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 12.

³² Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 12.

Kompetenzgrad der kognitiven Lernziele höhere Wissen, *wie* etwas ist und das Wissen, *warum* etwas so ist, zu erschließen und zu lernen.³³

Doch wie kann man den Begriff „Schülerlabor“ eigentlich definieren? Da der Begriff „Schülerlabor“ kein geschützter Begriff ist, wird er heutzutage sehr oft für eine große Anzahl an verschiedenen Angeboten genutzt. Die fehlende Definition und die daraus resultierende heterogene Schülerlaborszene schwächt den Wiedererkennungswert und Aussagen in bildungswissenschaftlichen Fachartikeln führt zu pauschalisierenden Aussagen, die nicht immer zutreffend sind. Generell kann man sagen, dass ein außerschulischer Lernort, an dem die Schülerinnen und Schüler selbstständig an einem Schwerpunkt aus dem MINT-Bereich experimentieren, als Schülerlabor bezeichnet werden kann.³⁴

Primärziel von Schülerlaboren ist das Wecken und Fördern von Interesse und Verständnis für Natur- und Ingenieurwissenschaften, wodurch ebenfalls motivationale sowie kognitive Effekte erzielt werden sollen.³⁵ Schülerlabore speziell für Grundschüler verfolgen außerdem das Ziel, durch das Thematisieren alltäglicher naturwissenschaftlicher Phänomene den Schülerinnen und Schülern „die Ängste vor und ihre Vorbehalte gegenüber den Naturwissenschaften [...] nehmen [zu wollen] und deutlich zu machen, dass diese ganz selbstverständlicher Teils des Alltags sind.“³⁶

Man unterscheidet sechs verschiedene Kategorien, deren Sekundärziele sich unterscheiden. Da ausschließlich das „klassische Schülerlabor“ für diese Arbeit von Bedeutung ist, werde ich nur dieses genauer in Augenschein nehmen. Stichpunktartige Informationen zu anderen Kategorien an Schülerlaboren können aus der folgenden Abbildung entnommen werden.

³³ Domjahn, Jürgen/Olfa J. Haupt/Rolf Hempelmann/Ulrike Martin/Petra Skiebe-Corrette/Silke Vorst/Walter Zehren: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. In: Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht Heft 6 (2013), S. 325.

³⁴ Domjahn: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung, S. 324.

³⁵ Domjahn: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung, S. 326.

³⁶ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 15.

Kategorie	Modus	Kriterien
alle Schülerlabore	Leitbild und allgemeine, generell gültige Kriterien	- Steigerung von Wissenschaftsinteresse und Wissenschaftsverständnis - Nachwuchsförderung für MINT-Berufe und MINT-Studiengänge - außerschulischer Lernort im MINT Bereich - dauerhafter Betrieb mit mindestens 20 Tagen pro Jahr - eigenes Experimentieren mit dem Forschungsprozess als Schwerpunkt
Schülerlabor ^k	Klassisches Schülerlabor	- Breitenförderung: ganze Klassen oder Kurse - genügend Arbeitsplätze für ganze Klassen - im Rahmen schulischer Veranstaltungen - direkter Bezug zum Lehrplan
Schülerlabor ^f	SchülerForschungszentrum	- Individual-Förderung: interessierte Kinder und Jugendliche - außerhalb schulischer Veranstaltungen - langfristiges, freies Forschen oder Experimentieren - eigenes Gebäude und Einrichtungen - kein expliziter Lehrplanbezug
Schülerlabor ^d	Lehr-Lern-Labor	- Bestandteil der Lehrerbildung an Hochschulen - Lehrplan-unterstützend
Schülerlabor ^{iv}	Schülerlabor zur Wissenschaftskommunikation	Vermittlung der Inhalte aus Forschung und Entwicklung der Betreiberorganisation
Schülerlabor ^u	Schülerlabor mit Bezug zu Unternehmertum	Vermittlung von Unternehmertum und wirtschaftlichen Zusammenhängen
Schülerlabor ^o	Schülerlabor mit Berufsorientierung	Schwerpunkt-Angebote zur Berufsorientierung

Abb. 7: Kategorien an Schülerlaboren und deren Kriterien³⁷

Die Kategorie der klassischen Schülerlabore findet häufig an Universitäten und Hochschulen statt, da diese die geforderten Voraussetzungen gut erfüllen können.³⁸ Deren Sekundärziele sind es beispielsweise relativ zukunftsnahe in den MINT-Fächern Studienanfänger zu werben und ihren Lehramtsstudenten eine gute und praxisnahe Fachdidaktik-Ausbildung bieten zu können.³⁹

Klassische Schülerlabore werden „von ganzen Klassen oder Kursen im Rahmen einer schulischen Veranstaltung besucht [...]. Die angebotenen Experimente sind nahe am Curriculum, haben einen deutlichen Lehrplan-Bezug und passen idealerweise zum gerade aktuellen Schulunterricht.“⁴⁰ Der Besuch des Schülerlabors muss von der Schulleitung genehmigt werden und ist, falls von der Schulleitung bewilligt, eine verbindlich schulische Veranstaltung für alle Schülerinnen und Schüler, die außerhalb des regulären Schulbetriebs stattfindet. Voraussetzungen für ein klassisches Schülerlabor sind ein geeigneter Raum mit einer ausreichenden Anzahl an Arbeitsplätzen und eine deutlich bessere Ausstattung als sie normalerweise an Schulen zur Verfügung steht.

³⁷ Domjahn: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung, S. 328.

³⁸ Haupt, J. Olaf/Rolf Hempelmann: Kategorisierung der Schülerlabore. Das Klassische Schülerlabor. In: LeLaMagazin Ausgabe 6 (2013), S. 4.

³⁹ Domjahn: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung, S. 326.

⁴⁰ Domjahn: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung, S. 326.

Der Schwerpunkt liegt auf dem eigenständigen Experimentieren und Forschen der Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen (2-3 Schüler/innen).⁴¹ Bei dem partiell offenen Experimentieren (*geführt entdeckende Experimente*) oder offenem Experimentieren (*entdeckende Experimente*), welches in Schülerlaboren stattfindet, gibt die jeweilige Aufgabenstellung, im Gegensatz zu der Aufgabenstellung in Schulexperimenten, die Schritte der Versuchsdurchführung nicht explizit vor, sondern sie wird durch die Gruppen weitgehend selbst festgelegt. Es kann verschiedene Lösungswege für die gestellten Aufgaben geben. „Der Entscheidungsspielraum der Teilnehmer ist in dieser Hinsicht erweitert. Damit die Schülerinnen und Schüler durch die vielen Entscheidungsspielräume nicht überfordert werden, ist es unabdingbar, dass die erweiterten Forschungsaktivitäten der Schüler-Teams durch Betreuer in ausreichender Zahl unterstützt werden.“⁴²

Die schülerzentrierte Forschungsphase sollte didaktisch und methodisch sinnvoll in ein Gesamtkonzept eingepasst sein.⁴³ Es herrscht kein Zeitdruck und die Kinder können stressfrei experimentieren und forschen. Da es keine Noten gibt, besteht kein Leistungsdruck und die Schülerinnen und Schüler trauen sich auch einfache Verständnisfragen zu stellen, was sie sich in der Schule nicht trauen würden.

Außerschulische Lernorte können nach der Ausprägung ihrer informellen Eigenschaften eingeteilt werden. Doch wo lassen sich Schülerlabore einordnen? Einrichtungen wie Museen, Science Center oder Zoos decken sehr viele der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Aspekte des informellen Lernens ab und sind somit die informellsten Lernerfahrungen. Schülerlabore hingegen haben eine Charakteristik, die eine Einordnung im mittleren Bereich rechtfertigt.⁴⁴

Da es keine eindeutige Definition für Schülerlabore gibt und diese didaktisch unterschiedlich gestaltet sind, können diese vom Mittelpunkt zwischen formellen und informellen Lernen etwas nach rechts oder links abweichen. Je

⁴¹ Domjahn: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung, S. 326.

⁴² Domjahn: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung, S. 325.

⁴³ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 15.

⁴⁴ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 15 f.

nachdem, wie viele oder welche Merkmale des formellen oder informellen Lernens das Gesamtkonzept des Schülerlabors bestimmen, können sich diese entsprechend in die eine oder andere Richtung verschieben, also formelleren oder informelleren Charakter bekommen.

Natürlich lassen sich auch bei anderen Arten außerschulischer Lernorte Mischformen finden, die einen informellen Lernort formeller machen oder umgekehrt. Ein Museumsbesuch, der im Rahmen einer schulischen Veranstaltung stattfindet, wird verpflichtend und sicherlich etwas strukturierter als ein privater Museumsbesuch und dadurch etwas formeller. Als Gegenbeispiel: Wie in einem vorherigen Abschnitt schon genannt, können Unterrichtsmethoden wie eine Projektarbeit auch dazu führen, dass der Unterricht informeller wird.⁴⁵

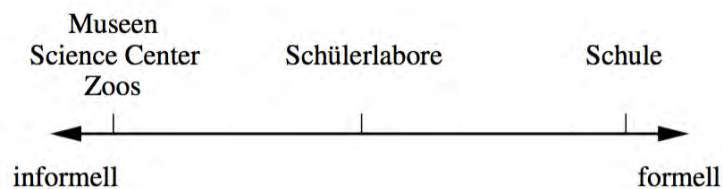


Abb. 8: Einteilung der außerschulischen Lernorte nach informeller bzw. formeller Charakteristik⁴⁶

2.3. Lehr-Lerntheoretische / methodische Grundlagen

In dem folgenden Kapitel gebe ich einen knappen Überblick über zwei Ansätze des Lernens, welche sich in ihren grundlegenden Gedanken unterscheiden. Außerdem werden wichtige Aspekte des Lehrens thematisiert und ein methodisches Konzept aufgezeigt, dass die Vorteile der verschiedenen Lehr- und Lerntheoretischen Ansätze und Überlegungen vereint und eine gute Möglichkeit darstellt, Lerninhalte effektiv zu lehren und für Schülerinnen und Schüler lernbar zu machen.

In den letzten Jahrzehnten haben konstruktivistisch orientierte Ansätze, die auf dem Grundgedanken basieren, dass das Lernen neuer Informationen mit bereits

⁴⁵ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 9.

⁴⁶ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 16.

vorhandenem Wissen verknüpft wird, also auf Vorwissen basiert und selbstgesteuert beziehungsweise lernerzentriert stattfindet, immer mehr Zuspruch erhalten und die lehrerzentrierten Lehrmethoden (der Kognitionspsychologie) immer mehr ersetzt. Lernen wird nicht mehr als Wissenserwerb verstanden, sondern als Wissenskonstruktion. Dass selbstentdeckendes Lernen funktioniert, wird beispielsweise damit begründet, dass der „menschliche Wissenserwerb in sehr vielen Bereichen auch ohne formale explizite Instruktion funktioniert,“⁴⁷ wie zum Beispiel beim Spracherwerb. Selbsterworbenes Wissen ist nach der Auffassung der Konstruktivisten wertvoller und nützlicher als Wissen, dass von einer Lehrperson aufbereitet und den Schülerinnen und Schülern vermittelt wird, da man davon ausgeht, dass es so anwendbarer und besser zu erweitern ist als Wissen, dass rein durch eine Lehrkraft vermittelt wird.⁴⁸ Eine Form, die dem konstruktivistischen Ansatz entspricht, ist das Discovery-Learning, was in den 60er Jahren entstand. Diese Form des schülerzentrierten Unterrichts entspricht dem Grundgedanken des genetischen Sachunterrichts nach Wagenschein. Die Schülerinnen und Schüler sollen Inhalte erlernen, indem sie selbstständig forschen, erleben und entdecken. Dabei sollte auf Vorwissen, Erfahrungen und Interessen der Kinder eingegangen werden und die Lehrkraft sollte mehr der Rolle eines Moderators oder Unterstützers gerecht werden.⁴⁹ Als didaktisches Prinzip wird beim Lernen vom Besonderen zum Allgemeinen vorgegangen und komplizierte Sachverhalte werden mit Hilfe einfacher Beispiele erklärt und dann verallgemeinert.

Bei dieser Vorgehensweise wird die Lernumgebung selbstentdeckend gestaltet, wobei die Schülerinnen und Schüler sich nicht selbst überlassen werden, sie werden durch den Lernprozess gelenkt und können ihn aktiv mitgestalten. Falls nötig, kann die Lehrkraft zur Unterstützung des Lernprozesses fragend-entwickelnd vorgehen, um die Kinder zum geplanten Lernziel zu leiten. Die für das Lernziel nötigen Informationen werden aber keineswegs direkt präsentiert,

⁴⁷ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 51 f.

⁴⁸ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 51.

⁴⁹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S.51.

sondern sollten von den Schülerinnen und Schülern selbst entdeckt und konstruiert werden.

Diese neue Form des Lernens sorgt dafür, dass die Schülerinnen und Schüler lernen, problemlösend zu arbeiten und gestützt auf eigenen Erfahrungen und ihrem Vorwissen Inhalte zu begreifen, anstatt sie, wie bei traditionellen Formen des Lernens, nur auswendig zu lernen.⁵⁰

Nachdem bisher der Lernprozess mit seinen unterschiedlichen Ansätzen im Mittelpunkt stand, wird nun der Lehrprozess detaillierter beleuchtet.

Karl-Heinz Arnold beschreibt Lehren als das „didaktisch geplante und damit auf systematischen Wissens- und Könnenserwerb von Schülern gerichtete Handeln einer Lehrperson im Unterricht“⁵¹ „Der Lehrer ist somit kein reiner Vermittler von Wissen, sondern er setzt Lernvorgänge in Bewegung [...], indem er auch Lerngelegenheiten und [Lern]materialien zur Verfügung stellt.“⁵²

Eine Lehrmethode, die heutzutage am ehesten der allgemeinen Vorstellung von Frontalunterricht entspricht und die ich auch in der Durchführung meines Schülerlabors anwende, ist die direkte Instruktion. Diese sollte aber keineswegs mit einem Lehrervortrag gleichgesetzt werden. Bei der direkten Instruktion wird der Gedanke des Konstruktivismus aufgegriffen und die Schülerinnen und Schüler werden aktiv in den Lernprozess eingebunden. Der Unterricht ist zwar noch lehrergesteuert, wird aber schülerzentrierter gestaltet, was zu einem größeren und nachhaltigerem Lernerfolg führt. Bei der direkten Instruktion bietet der Einsatz von Medien, wie beispielsweise der Computer mit einem Simulationsprogramm oder die für eine Versuchsdurchführung benötigten Materialien, eine gute Möglichkeit, die Schülerzentriertheit zu gewähren. Dabei verleihen ein Fragen entwickelndes Vorgehen oder ein gelenktes Unterrichtsgespräch einer direkten Instruktion einen aktivierenden Charakter, der das Interesse und die Motivation der Kinder aufrecht erhalten oder steigern soll.⁵³ Man kann trotzdem sagen, dass im Gegensatz zur sehr aktiven Rolle der

⁵⁰ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 52.

⁵¹ Arnold, Karl-Heinz: Lehren und Lernen. In: Karl-Heinz Arnold, Uwe Sandfuchs, Jürgen Wiechmann (Hg.): Handbuch Unterricht. Bad Heilbrunn 2006, S. 37-46.

⁵² Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 54.

⁵³ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 57.

Lerner beim Discovery Learning die Lernenden bei einer direkten Instruktion eine eher passive und rezeptive Rolle einnehmen.

Um systematisch Wissen und Können bei den Schülerinnen und Schülern aufzubauen, sollen die zehn Merkmale guten Unterrichts von Hilbert Meyer nicht unerwähnt bleiben, die eine Lehrkraft bei der Unterrichtsplanung beachten sollte. Die „Merkmale guten Unterrichts sind empirisch erforschte Ausprägungen von Unterricht, die zu dauerhaft hohen kognitiven, affektiven und sozialen Lernergebnissen beitragen.“⁵⁴ Auch ich habe selbstverständlich versucht, diese zehn Merkmale nicht unberücksichtigt zu lassen, soweit es in einem Schülerlabor möglich ist, da man die Schülerinnen und Schüler nicht kennt und nur einen Vormittag ein paar Stunden mit ihnen interagiert.

Zehn Merkmale guten Unterrichts

(KRITERIENMIX)

- 1. Klare Strukturierung des Unterrichts** (Prozess-, Ziel- und Inhaltsklarheit; Rollenklarheit, Absprache von Regeln, Ritualen und Freiräumen)
- 2. Hoher Anteil echter Lernzeit** (durch gutes Zeitmanagement, Pünktlichkeit; Auslagerung von Organisationskram; Rhythmisierung des Tagesablaufs)
- 3. Lernförderliches Klima** (durch gegenseitigen Respekt, verlässlich eingehaltene Regeln, Verantwortungsübernahme, Gerechtigkeit und Fürsorge)
- 4. Inhaltliche Klarheit** (durch Verständlichkeit der Aufgabenstellung, Plausibilität des thematischen Gangs, Klarheit und Verbindlichkeit der Ergebnissicherung)
- 5. Sinnstiftendes Kommunizieren** (durch Planungsbeteiligung, Gesprächskultur, Sinnkonferenzen, Lerntagebücher und Schülerfeedback)
- 6. Methodenvielfalt** (Reichtum an Inszenierungstechniken; Vielfalt der Handlungsmuster; Variabilität der Verlaufsformen und Ausbalancierung der methodischen Großformen)

⁵⁴ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 20.

7. **Individuelles Fördern** (durch Freiräume, Geduld und Zeit; durch innere Differenzierung und Integration; durch individuelle Lernstandsanalysen und abgestimmte Förderpläne; besondere Förderung von Schülern aus Risikogruppen)
8. **Intelligentes Üben** (durch Bewusstmachen von Lernstrategien, passgenaue Übungsaufträge, gezielte Hilfestellungen und „übefreundliche“ Rahmenbedingungen)
9. **Transparente Leistungserwartungen** (durch ein an den Richtlinien oder Bildungsstandards orientiertes, dem Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler entsprechendes Lernangebot und zügige förderorientierte Rückmeldungen zum Lernfortschritt)
10. **Vorbereitete Umgebung**
(durch gute Ordnung, funktionale Einrichtung und brauchbares Lernwerkzeug)



Abb. 9: Zehn Merkmal guten Unterrichts⁵⁵

Empiriker sind sich darüber einig, dass „kein anderes Merkmal guten Unterrichts [...] einen stärkeren Einfluss auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern [...]“⁵⁶ hat, als die klare Strukturierung des Unterrichts. „Klarheit als Qualitätsmaßstab von Unterricht kann sich auf alle sechs grundlegenden Dimensionen unterrichtlichen Handelns beziehen, also auf die Ziel-, die Inhalts-, die Sozial-, die Prozess-, die Handlungs- und die Raumstruktur des Unterrichts.“⁵⁷ Sie deckt also alle Handlungsdimensionen gleichzeitig ab, was für die Prägnanz dieses Merkmals spricht. Ohne Struktur in allen aufgeführten Bereichen ist es nicht möglich, dass für die Lehrkraft und die Kinder gleichermaßen ein roter Faden zu erkennen ist, der sich durch den Unterricht zieht.⁵⁸

Wenn man jetzt festhält, dass die klare Strukturierung von Unterricht die Voraussetzung ist, um zielgerichtete Methoden einzusetzen, die bei Schülerinnen und Schülern die gewünschten Lernleistungen erbringen, dann

⁵⁵ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 17 f.

⁵⁶ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?, 10. Aufl. Berlin 2014, S. 35.

⁵⁷ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 25.

⁵⁸ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 26.

stellt sich nun die Frage, für welche Methodik man sich innerhalb der Lehr-Lerntheoretischen Ansätze entscheidet:

Direkte Instruktion oder Discovery Learning?

Die Forscher sind sich diesbezüglich, wie bei so vielen Forschungsfragen, nicht einig. Beide Seiten sind sich über eine eher konstruktivistische Auffassung des Lernens einig, bei der sich der Lernende auf der Grundlage seines bestehenden Wissens aktiv neues Wissen konstruiert. Die überzeugten Konstruktivisten argumentieren, dass Inhalte am besten gelernt werden, wenn die Lerner die Inhalte ohne oder mit minimaler Führung selbst entdecken und konstruieren. Etwas weniger konstruktivistisch überzeugte Forscher sind jedoch davon überzeugt, dass die Schülerinnen und Schüler beim Lernen nicht alleine gelassen werden dürfen und mit direkter Instruktion belehrt werden sollten.⁵⁹ Da mehrere Forschergruppen nachgewiesen haben, dass „entdeckendes Lernen eine weniger effektive Instruktions-Strategie für Novizen ist als Formen der direkten Instruktion“⁶⁰, aber bei einem hohen Vorwissen offene, selbstentdeckende Methoden, wie das Discovery-Learning, der direkten Instruktion überlegen sind, warum sollte man diese beiden Methoden denn nicht einfach miteinander verknüpfen? Ein gewisses Maß an direkter Instruktion vor dem selbstentdeckenden Lernen könnte so genutzt werden, dass das gelernte Wissen anschließend angewendet und vertieft werden kann.

Im Schulalltag kann sich diese Methode sicherlich bewähren und einen Kompromiss darstellen, da es „unter Berücksichtigung des Zeitdrucks [...] weder möglich noch sinnvoll [wäre], die Schüler jedes Mal das Rad neu erfinden zu lassen.“⁶¹ Denn die zur Wissenskonstruktion gut geeigneten schülerzentrierten Unterrichtsmethoden (wie Discovery Learning), bei denen sich jedoch große Probleme unter anderem in den Prozessen der Hypothesenbildung oder der Planung und Durchführung von Experimenten feststellen lassen, benötigen Maßnahmen der direkten Instruktion, um die Schülerinnen und Schüler in den besagten Prozessen unterstützen zu können.⁶²

⁵⁹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 58.

⁶⁰ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 58.

⁶¹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 58

⁶² Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 77.

Gerade für ein Schülerlabor im Grundschulalter kann ein selbstständiges Experimentieren ohne Faktenwissen zu einem ziellosen Herumhantieren oder Spielen ausarten.⁶³ Diese Idee der Kombination unterstützt auch Martin Wellenreuther. Er ist der Ansicht, dass ohne eine gewisse Anleitung neues Wissen nicht effektiv gelernt werden kann.⁶⁴ Natürlich muss das Vorwissen der Lerner berücksichtigt und das Ausmaß der Instruktion dementsprechend angepasst werden. Sowohl zu wenig als auch zu viel Neues kann einen negativen Einfluss auf den Lernerfolg haben. Entweder führt dies zu planlosem Herumexperimentieren oder die Schülerinnen und Schüler fühlen sich unterfordert und gelangweilt.⁶⁵

„Entdeckendes Lernen ohne gewisses Maß an Führung durch die Lehrkraft hat sich generell als ineffektiver Weg für erfolgreiches Lernen ergeben.“⁶⁶

Die aus den bisherigen Gedanken zu schlussfolgernde Zusammenfassung der Diskussion zeigt auf, dass keine der beiden Extreme, weder die Direkte Instruktion noch das Discovery Learning, *alleine* für einen höheren Lernerfolg sorgen kann. Schon gar nicht kann kontextunabhängig und pauschal entschieden werden, welche Methode die bessere ist.⁶⁷ Faktoren wie Vorwissen, Alter und unterschiedlichste Kompetenzen müssen bei der Auswahl berücksichtigt werden, um eine angemessene Entscheidung treffen zu können. Auch A. Rachels Studie bestätigt, „dass die Diskussion um ‚Instruieren oder Selbst-Entdecken‘ nicht weiter unter den Extrempositionen von reinem selbstentdeckendem Lernen (Pure Discovery) und reiner Direkter Instruktion geführt werden darf.“⁶⁸

Daraus folgt für die Durchführung meines Schülerlabors die methodische Erkenntnis, dass eine auf den Kontext angemessene, vorausgehende direkte

⁶³ Hempelmann, Rolf/Heinz Neber/Walter Zehren: Forschendes Experimentieren im Schülerlabor. Kognitive und motivationale Effekte. In: Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht Heft 7 (2013), S. 417.

⁶⁴ Wellenreuther, Martin: Frontalunterricht, direkte Instruktion oder offener Unterricht?. Empirische Forschung für die Schulpraxis nutzen. (<http://www.martin-wellenreuther.de/content/Frontalunterricht.pdf>, Datum des Zugriffs: 12.11.2015), S. 4.

⁶⁵ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 19.

⁶⁶ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 59.

⁶⁷ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 59.

⁶⁸ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 306.

Instruktion, gefolgt von einer selbstentdeckenden schülerzentrierten Experimentierphase, eine gute Möglichkeit darstellt. In der Experimentierphase sollten Betreuer zur Verfügung stehen und Hinweise / Tipps (sogenannte Prompts) geben, die die Schülerinnen und Schülern bei Fragen, Problemen oder Schwierigkeiten unterstützen können.

Mein Ziel ist es, ein angepasstes Verhältnis zwischen direkter Instruktion und offenen Unterrichtsphasen zu finden, das einen optimalen Lernzuwachs zum Thema Magnetismus gewährleistet.⁶⁹

2.4. Ergebnisse der Studie & der Lehrerfortbildung in Bezug auf die Lehr – Lernmethodische Vorgehensweise

In diesem Abschnitt wird darauf eingegangen, welche Erkenntnisse man über Lehr- und Lernmethoden durch die Studie Rachels gewonnen hat. Während im vorhergehenden Abschnitt theoretisch begründet wurde, dass die Kombination verschiedener Lehr- Lernmethoden Sinn macht, wird dieses jetzt noch durch die Ergebnisse der Studie bestätigt, die die Lernleistungen verschiedener Lehr- Lernkombinationen speziell zum Thema Magnetismus geprüft hat. Auch die Lehrerfortbildung findet in diesem Abschnitt Betrachtung.

Die Ergebnisse der Studie Alexander Rachels bekräftigen, „dass die Diskussion um ‚Instruieren oder Selbst-Entdecken‘ nicht weiter unter den Extrempositionen von reinem selbstentdeckendem Lernen (Pure Discovery) und reiner Direkter Instruktion geführt werden darf. Formen der Direkten Instruktion sind für einen effektiven Unterricht, v.a. in Bezug auf den Erwerb von Theorie und Modellverständnis, nicht entbehrlich.“⁷⁰ „Das entwickelte Konzept lässt sich sowohl in der Grundschule als auch für den Unterricht in der Sekundarstufe effektiv einsetzen und sorgt in beiden Fällen für einen hohen Lernerfolg.“⁷¹ „Für einen nachhaltigen Lernerfolg von physikalischen Theorien ist eine Instruktionsphase am Anfang der Unterrichtseinheit zu empfehlen. Auf eine abschließende Instruktionsphase kann verzichtet werden, da diese den

⁶⁹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 77.

⁷⁰ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 306.

⁷¹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 313.

Lernerfolg nur kurzfristig erhöht“⁷², wie der zeitversetzte Posttest gezeigt hat. „Bei einer selbstständigen Experimentierphase der Schüler empfiehlt es sich, relativ offene Arbeitsaufträge zu geben.“⁷³

Da mir zur Lehrerfortbildung, außer dem überarbeiteten Forscherheft, keine weiteren Informationen zu den Lehr- und Lerntheoretischen Überlegungen der Lehrkräfte vorliegen, kann ich im Vergleich mit dem Forscherheft aus Rachels Dissertation feststellen, *dass* etwas und *was* geändert wurde, aber nicht aus welchen Überlegungen und Beweggründen, also *warum* etwas geändert wurde. Die einzige Quelle, die mir bezüglich der Lehrerfortbildung zugänglich ist, ist die Examensarbeit von Nawal Sa’Duddin mit dem Titel „Lehrerfortbildungsprojekt zum Magnetismus für den Sachunterricht der Grundschule“⁷⁴, in der jedoch diesbezüglich auch keine Informationen zu finden sind.

2.5. Fachdidaktische Begründung eines Schülerlabors

Warum bietet ein Schülerlabor eine gute Möglichkeit, Wissen zu vermitteln? Neben dem Lernen von Faktenwissen bieten Schülerlabore eine gute Möglichkeit, auch überfachliche Kompetenzen und Kompetenzbereiche des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu erlernen und zu fördern.

Überfachliche Kompetenzen helfen dem Lerner sowohl in der Schule als auch in seinem privaten und zukünftig auch in seinem beruflichen Leben Herausforderungen erfolgreich und verantwortungsvoll meistern zu können.⁷⁵ Dabei handelt es sich jedoch nicht um Fachwissen. Man könnte sagen, die überfachlichen Kompetenzen helfen dabei, mit fachlichem Wissen richtig und kompetent umzugehen. Sie betreffen sowohl kognitive als auch affektive Bereiche.

⁷² Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 314.

⁷³ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 314.

⁷⁴ Sa’Duddin: Lehrerfortbildungsprojekt zum Magnetismus für den Sachunterricht der Grundschule.

⁷⁵ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards und Inhaltsfelder - Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe Sachunterricht. Wiesbaden 2011, S. 8.

Beginnen wir mit den überfachlichen Kompetenzen. Die „Personale Kompetenz“ „umfasst jene Fähigkeiten, Einstellungen und Haltungen, die es Lernenden ermöglichen selbstbestimmt und eigenverantwortlich zu handeln.“⁷⁶ Zwei Dimensionen dieser personalen Kompetenz können positiv beeinflusst werden. Die *Selbstwahrnehmung*, die es dem Lernenden ermöglicht, Gefühle und Interessen wahrzunehmen und Stärken und Schwächen realistisch einschätzen zu können, kann durch den außerschulische Lernort des Schülerlabors gefördert werden. Durch die schülerzentrierte Experimentierphase erbringt man den Schülerinnen und Schülern einen Vertrauensbeweis und durch autonomes Forschen / Experimentieren wird ebenfalls das *Selbstkonzept* mit seinen Aspekten Selbstbild und Selbstvertrauen gestärkt.⁷⁷ Dabei sollte man beim unterstützenden Material in der Experimentierphase das Leistungsniveau der Kinder beachten. Zu viel Unterstützung schwächt das Autonomieempfinden der Kinder, was zu einem geringeren Selbstvertrauen und Selbstbild führt. Aber auch zu offene Inhalte, mit denen die Kinder überfordert sind und frustriert werden, sind nicht förderlich. Das Begleitmaterial der Experimentierphase muss dem Alter und den Lernleistungen der Kinder entsprechend so angepasst sein, damit sie nicht unter- oder überfordert, sondern im genau richtigen Maße gefordert werden. Auch die vorhergehende Instruktion trägt zu einem positiven Selbstkonzept bei, denn durch das erarbeitete Vorwissen steigen die Erfolgserlebnisse beim selbstständigen Forschen.

Ebenso wird die „Sozialkompetenz“ durch ein Schülerlabor verbessert. In der Experimentierphase müssen die Schülerinnen und Schüler in Partnerarbeit zusammen forschen. Es werden ihnen viele Freiräume gelassen. Es wird nicht vorgeschrieben, wie lange sie an einer Station forschen oder in welcher Reihenfolge sie die Stationen bearbeiten. Natürlich kann es auch passieren, dass die Kinder unterschiedliche Meinungen haben oder eine Person etwas nicht versteht und es zu einem kleinen Streit kommt. Genau durch solche Situationen lernen die Kinder Rücksichtnahme, also z. B. auf seinen Partner zu warten, ihm zu helfen und ihn zu unterstützen oder kooperativ miteinander zu arbeiten. Das heißt, gemeinsame Absprachen zu treffen und sich an abgesprochene Regeln

⁷⁶ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 8.

⁷⁷ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 8 f.

halten. Der Umgang mit konstruktiv reflektierter Kritik, das faire Lösen von Konflikten und ein verantwortungsvoller Umgang in der Gruppe mit einem gemeinschaftlichen Ziel können ebenfalls gelernt werden.⁷⁸

Die „Lernkompetenz“ ist die Fähigkeit, Anforderungssituationen angemessen lösen zu können, sie wird in der Experimentierphase benötigt und dadurch ebenfalls verbessert. Die Lernkompetenz setzt sich zusammen aus der *Arbeitskompetenz*, die sich in einer planvollen Vorgehensweise (Methoden- & Strategiewissen) und einer angemessenen Zeiteinteilung äußert und der *Problemlösekompetenz*, die sich in der Fähigkeit Probleme zu erkennen, einen Lösungsweg zu finden und anschließend die entstandenen Ergebnisse zu reflektieren. Im Sinne des Konstruktivismus greift der Lerner hierbei auf sein Vorwissen zurück.⁷⁹

Dass sich in allen Phasen des Schülerlabors die „Sprachkompetenz“ weiterentwickelt, welche sich aus den Dimensionen der *Kommunikations-, der Lese- und der Schreibkompetenz* zusammensetzt, ist einsichtig.⁸⁰ Sowohl in der Phase der vorhergehenden Instruktion als auch in der Experimentierphase finden Kommunikationssituationen statt, in denen der Lerner aufmerksam zuhört und sich ebenfalls situationsangepasst äußern muss. Die Dimensionen der Schreib- und Lesekompetenz werden beim Bearbeiten des Forscherheftes in der Experimentierphase gefordert und gefördert.

Nach der Ausführung der überfachlichen Kompetenzen möchte ich mich nun den Kompetenzen widmen, die ein Lernender im Fach Sachunterricht am Ende des vierten Schuljahres beherrschen muss und die in den Bildungsstandards aufgeführt sind. Da sehr viele dieser aufgeführten Bildungsstandards während des Schülerlabors Betrachtung finden, habe ich mich entschieden, diese ausschließlich in einer Tabelle stichpunktartig aufzuführen. Eine genaue Beschreibung, welcher Bildungsstandard durch welchen Arbeitsschritt des Schülerlabors erfüllt wird, erspare ich mir an dieser Stelle, da es recht offensichtlich und selbsterklärend ist und anhand der später folgenden

⁷⁸ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 8 ff.

⁷⁹ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 8 ff.

⁸⁰ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 8 ff.

Ablaufbeschreibung des Schülerlabors selbstständig entnommen / hergeleitet werden kann.

Kompetenzbereich:	Erfüllte Bildungsstandard:
Erkenntnisgewinnung:	<i>Die Lernenden können...</i>
<i>erkunden und untersuchen</i>	• betrachten und gezielt beobachten • Vermutungen anstellen • Versuche unter einer Fragestellung planen, durchführen und auswerten • Messgeräte sachgerecht nutzen • Darstellungsformen deuten und sachbezogen nutzen • Lösungsansätze finden, umsetzen und auswerten • Erkenntnisse prüfen, bewerten und Konsequenzen für das eigene Handeln ableiten und beschreiben
<i>planen und konstruieren</i>	• Modelle nutzen, um Zusammenhänge zu erklären
Kommunikation:	<i>Die Lernenden können...</i>
<i>darstellen und formulieren</i>	• treffende Begriffe und Symbole verwenden • zu Planungs- und Auswertungsgesprächen sachbezogen einen Beitrag leisten • Beobachtungen, Vermutungen, Erkenntnisse und Empfindungen als solche versprachlichen • Interessen wahrnehmen und artikulieren • Argumente prüfen, akzeptieren, modifizieren oder verwerfen • Vereinbarungen aushandeln und darlegen
<i>dokumentieren und präsentieren</i>	• Sachverhalte beschreiben und sachgerecht darstellen • Ergebnisse in geeigneter Form festhalten • geeignete Präsentations- und Darstellungsformen auswählen und einsetzen
Bewertung:	<i>Die Lernenden können...</i>
<i>Informationen, Sachverhalte und Situationen beurteilen</i>	• Reales, Fiktives und Virtuelles unterscheiden und einordnen • naturwissenschaftlich-technische Sachverhalte und Zusammenhänge benennen und hinterfragen

Tabelle 1: Aufführung der erfüllten Bildungsstandards aus den verschiedenen Kompetenzbereichen (aus den Bildungsstandards entnommen⁸¹⁾)

⁸¹ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 17 f.

2.6. Fachdidaktische Grundlagen der Physik zum Thema

Doch bevor es zum Lehren kommt, „bedarf es eines schlüssigen und begründeten Konzepts zur Einführung des Magnetismus.“⁸² Deshalb werde ich nun auf fachdidaktische Überlegungen näher eingehen, die Rachel in seiner Dissertation aufgeführt hat und durch die Bildungsstandards des Lands Hessen⁸³ gestützt werden sowie weitere Aspekte erläutern, die in den Bildungsstandards aufgeführt werden. Dieses Vorgehen erfüllt das Merkmal der Transparenz in der Leistungserwartung, die darin besteht, dass den Schülerinnen und Schülern ein „an den gültigen Richtlinien oder an den Bildungsstandards ausgerichtetes und ihrem Leistungsvermögen angepasstes Lernangebot“⁸⁴ gemacht wird und die Bestandteil eines guten Unterrichts sein sollte.

Das Thema Magnetismus passt sehr gut zu dem in den Bildungsstandards aufgeführten Basiskonzept „Dinge / Lebewesen beeinflussen sich gegenseitig“. Der Magnetismus bietet viele Möglichkeiten aufzuzeigen, dass Gegenstände aufeinander wirken, sich gegenseitig beeinflussen und damit ihren Zustand verändern und das auf eine sehr mysteriöse Art und Weise, da dies ohne direkte Berührung möglich ist.⁸⁵

Durch eine physikalische Betrachtung des Magnetismus, welche im Schülerlabor stattfindet, können die Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Lernerfahrungen und Kenntnisse gewinnen, die zu einer positiven und fragenden Grundhaltung gegenüber unserem Lebensraum beitragen können, was unter dem Inhaltsfeld „Natur“ gefordert wird. Eine naturwissenschaftliche Lernerfahrung ist es, Phänomene aus naturwissenschaftlicher Perspektive zu deuten und zu verstehen.⁸⁶ Dafür bedarf es der Einsicht in physikalische Grundprinzipien und Regelmäßigkeiten der Naturwissenschaften, welche durch eine vielschichtige, strukturierte und vor allem handelnd-reflektierte Auseinandersetzung mit der unbelebten Natur

⁸² Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 79.

⁸³ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht.

⁸⁴ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 114.

⁸⁵ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 14.

⁸⁶ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 15.

gewonnen werden können⁸⁷, wie es in der Beschreibung des Inhaltsfeldes „Natur“ geschrieben steht. Ein Schülerlabor zum Magnetismus bietet eine Möglichkeit, allen diesen Aspekten Beachtung zu schenken.

Nun möchte ich genauer darauf eingehen, was ein Phänomen ist, da Rachel in seiner Dissertation ausführlicher auf die verschiedenen Ebenen der Abstraktion von Wissen eingeht. Naturphänomene sind direkt in der Lebenswelt der Kinder beobachtbare Geschehnisse. Auch das Thema Magnetismus bietet Phänomene, mit denen die meisten Kinder vermutlich auch schon in Kontakt getreten sind. Ein grundlegendes Beispiel für Wissen auf Phänomenebene des Magnetismus wäre, dass sich Magneten anziehen oder abstoßen. Zumindest die anziehende Wirkung von Magneten sollte den meisten Kindern bekannt sein.

Ziel der Physikdidaktik ist es, diese leicht beobachtbaren Phänomene für die Schülerinnen und Schüler der Grundschule so zu veranschaulichen beziehungsweise zu vereinfachen, dass sie für sie erklärbar sind, also dafür zu sorgen, dass Phänomene nicht nur ausschließlich gelernt, sondern auch theoretisch verstehbar gemacht werden.

Da Modelle für „adäquates Verstehen von Physik von grundlegender Bedeutung [sind]“, sind sich auch Physikdidaktiker schon länger darüber einig, „dass die Arbeit mit Modellen einen hohen Stellenwert im Physikunterricht einnehmen soll.“⁸⁸ Also liegt es nahe, die Theorie hinter dem Phänomen Magnetismus auch bei meinem Schülerlabor anhand einer Modellvorstellung (höherer Grad an Abstraktion) verständlich zu machen.

Auch die Bildungsstandards stützen diese Vorgehensweise: Unter dem Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ ist die Kompetenz „Modelle zu nutzen, um Zusammenhänge zu erklären“⁸⁹, aufgeführt. So können die Kinder lernen zu verstehen, warum etwas, was sie beobachten, auch so ist.

Doch was genau ist ein Modell? Zunächst werde ich damit beginnen zu erklären, was man genau unter einem Modell versteht und was den Kindern verdeutlicht werden muss, um eine Modellkompetenz erlangen zu können.

⁸⁷ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 19.

⁸⁸ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 83.

⁸⁹ Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards Sachunterricht, S. 18.

„Modelle sind Ausschnitte eines Wirklichkeitsbereiches und erlauben das Aufstellen von umfassenden physikalischen Theorien.“⁹⁰ Sie haben einen hypothetischen Charakter und werden „als ein vereinfachtes, ausgedachtes Bild eines Objekts bzw. Realbereichs oder eines Prozesses aufgefasst“⁹¹, das aus physikalischer Sicht gut zutreffend ist. Ziel der Lehrperson muss es sein, den Kindern zu verdeutlichen, dass sich Modelle nur von Wissenschaftlern ausgedacht wurden, um schwierige physikalische Phänomene beschreiben und deuten zu können. Ihnen muss bewusstgemacht werden, dass Modelle nicht der Wirklichkeit entsprechen, sondern nur zu einer besseren Erklärung von Phänomenen genutzt werden.

Um das zu gewährleisten, muss eine klare Trennung zwischen Phänomenen und modellierten Sachverhalten stattfinden. Phänomene sind funktionale Zusammenhänge, die direkt aus der erlebbaren Welt (der Erfahrungswelt) beobachtet und erschlossen werden können. Modellerte Sachverhalte hingegen werden gedanklich konstruiert (entspricht nicht der Wirklichkeit), um sich etwas Schwerverständliches erklärbar zu machen.⁹² Der Abbildcharakter eines Modells kann dabei nicht als wahr oder falsch, sondern sollte als zweckmäßig angesehen werden.⁹³ Die Kinder müssen klar unterscheiden können zwischen dem, was sie sehen können und dem, was sie denken.

Doch bevor man den Kindern eine Modellvorstellung vermitteln kann, muss eine Elementarisierung stattfinden, in der man die Sachstruktur der Physik, welche die fachlichen Inhalte einschließlich aller Begriffe und Prinzipien beinhaltet, auf eine Sachstruktur für den Unterricht herunterbricht, die Schülerinnen und Schüler verstehen können. Für die Sachstruktur des Unterrichts werden die komplexen Inhalte in kleine elementare Sinneinheiten zerlegt und zentrale Grundideen herausgearbeitet. „Ziel ist es, dass [dadurch] komplizierte Zusammenhänge möglichst von allen Schülern in möglichst kurzer Zeit

⁹⁰ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 81.

⁹¹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 81.

⁹² Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 83 f.

⁹³ Leisen, Josef: Physikalische Begriffe und Sachverhalte. Repräsentation auf verschiedenen Ebenen. Koblenz 1998, S. 1.

verstanden werden (können)⁹⁴ Diese Grundideen müssen vermittelt werden, bevor eine Modellbildung stattfinden kann. Beim Vorgang der Elementarisierung ist darauf zu achten, „dass die Inhalte fachgerecht, schülergerecht und zielgerecht [ausgewählt] sind.“⁹⁵ Fachgerecht bedeutet, dass die Inhalte fachlich angemessen sind und sich eignen, um die Modellvorstellung zu erklären. Außerdem müssen sie zielgerecht sein. Die Ziele des Physikunterrichts können sich deutlich von denen der Fachwissenschaft Physik unterscheiden. Geht es bei der Fachwissenschaft Physik darum, „Fachbegriffe zu strukturieren, fachwissenschaftliche Erfahrungen zu vermitteln und neue Forschungsergebnisse zu erzielen, will der Physikunterricht in der Schule die Entwicklung junger Menschen beim Lernen von Physik und beim Hineinwachsen in das Leben unterstützen. Neben der Erklärung von alltäglichen Erfahrungen gehört dazu auch das Modelldenken als eine wesentliche wissenschaftliche Methode, die über die Alltagserfahrung hinaus geht.“⁹⁶ Zu guter Letzt müssen die Inhalte natürlich auch schülergerecht sein. Um dieses Ziel zu erfüllen, sollte man bei der Elementarisierung Schülervorstellungen beachten. Deshalb möchte ich nun genauer auf Schülervorstellungen zum Magnetismus eingehen. Schülervorstellungen bilden sich im Alltag beispielsweise durch Gespräche mit Mitmenschen, das Lesen von Büchern und Zeitschriften oder durch Videos im Fernsehen oder im Internet und können sehr vielfältig sein. Sie reichen von sehr konkret und speziellen Vorstellungen hin zu eher allgemeinen und oberflächlichen Vorstellungen. Sie können mit physikalischen Vorstellungen übereinstimmen, zum Teil richtig sein oder auch im Widerspruch zu physikalischen Vorstellungen stehen. Neue „wissenschaftliche Erklärungen werden von den Schülern nur schwer akzeptiert, da sich die vorhandenen Vorstellungen über Jahre im Alltag bewährt haben und durch tägliche Erfahrungen weiter verstärkt und gefestigt werden.“⁹⁷ Ist dies der Fall, muss ein Konzeptwechsel erfolgen. Um diesen erfolgreich durchzuführen, müssen vier Bedingungen erfüllt werden. Die Kinder müssen mit

⁹⁴ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S.93.

⁹⁵ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 93.

⁹⁶ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S.93 f.

⁹⁷ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 94.

ihrer vorhandenen Vorstellung unzufrieden sein, die neue Vorstellung muss logisch und verständlich sein und ihnen einleuchtend und plausibel erscheinen. „Außerdem muss sie sich bewähren und in neuen Situationen als erfolgreich erweisen.“⁹⁸

Um zu prüfen, ob ein Konzeptwechsel nötig ist, muss ein Blick auf die Schülervorstellungen geworfen werden.

Kircher und Rohrer haben Untersuchungen zu Schülervorstellungen zum Magnetismus im Grundschulalter gemacht. Sie stellten fest, dass die anziehende Wirkung von Magneten fast allen Kindern im Grundschulalter bekannt war. Auf die Frage, warum Magneten denn beispielsweise an Kühlschränken haften, argumentierten die Kinder häufig mit der Aussage, dass an einem Magneten so etwas wie Klebstoff dran sein müsse, der dafür sorgt, dass der Magnet hält. Oft wurde die magnetisierende Wirkung auf alle Metalle übergeneralisiert. Was die Reichweite der magnetischen Wirkung angeht, wurde oftmals die Vorstellung geäußert, dass diese auf einen bestimmten Abstand begrenzt sei. Allerdings nicht mit einer stetigen Abnahme der magnetischen Wirkung, wie es der Fall ist, sondern mit einem scharf begrenzten Ende, ab dem abrupt keine magnetische Wirkung mehr vorhanden ist. Die magnetische Wirkung in dem Radius wurde von den Kindern als stetig gleich stark angesehen. Außerdem wurde der Radius der magnetischen Wirkung oft mit der Größe des Magneten assoziiert, was der Vorstellung entspricht, dass große Magneten stärker sind als kleine Magneten. Korrekt äußerten sich die meisten Kinder, dass die magnetische Wirkung durch alle nicht magnetischen Materialien hindurchgeht. Als Erklärung, warum man an einen Magneten eine Büroklammerkette hängen kann, nutzten dreiviertel der Kinder die richtige Nahwirkungstheorie und argumentierten, dass die Wirkung des Magneten von Nagel zu Nagel weitergegeben wird. Nur das restliche Viertel der Kinder nannte die Fernwirkvorstellung als Erklärung und begründete das Haften der Büroklammerkette damit, dass die magnetische Wirkung des Magneten bis zur letzten Büroklammer hin reicht.⁹⁹

⁹⁸ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 95.

⁹⁹ Kircher, Ernst/Heike Rohrer: Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 21 (1993) Nr.8, S. 336 – 342.

Da keine gravierenden Fehlvorstellungen zum Thema Magnetismus vorhanden sein sollten, die Lernschwierigkeiten hervorrufen können, sollte ein Konzeptwechsel durch eine vorhergehende Instruktion und die selbstentdeckende Forscherphase recht einfach möglich sein.¹⁰⁰ Da bei den Kindern keine logische und plausible Erklärung für die magnetische Wirkung vorhanden ist, eignet sich das Thema gut, um eine Modellkompetenz bei den Schülerinnen und Schülern aufzubauen.

Durch ein fragend-entwickelndes Vorgehen der Lehrperson bei den Demonstrationsversuchen sollen die in der Phase der Elementarisierung für wichtig befundenen Inhalte gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern erarbeitet werden. Die Kinder werden unzufrieden damit sein, dass sie sich nicht erklären können, warum die vorhergehenden Versuche auf diese Weise verlaufen sind. Auf dieser Basis kann das Eisen-Magnet-Modell, welches das letzte Lernziel der vorhergehenden Instruktion darstellt, vermittelt beziehungsweise erarbeitet werden. Da das Modell sehr logisch und leicht verständlich ist, bietet es eine plausible Erklärung für die Phänomene in den vorhergehenden Versuchen. Die anschließende Anwendung des Modells an den Stationen und die dabei resultierenden Erfolgserlebnisse helfen, dass Modell als gute Erklärungsmöglichkeit anzuerkennen. Mit diesem Ablauf sind alle Bedingungen für einen erfolgreichen Konzeptwechsel abgedeckt und dem Lernerfolg der Kinder steht nichts mehr im Weg.

Man kann das Eisen-Magnet-Modell zur Erklärung einiger Phänomene einsetzen. Doch welche Phänomene kann man mit Hilfe des Eisen-Magnet-Modells verstehen?

Zuerst lässt sich damit plausibel erklären, warum ein Magnet immer zwei Pole haben muss. „Die in einem Magneten parallel angeordneten Magnetchen zeigen alle in eine Richtung. Die Wirkung der ‚kleinen‘ Nordpole (Pfeilspitzen) verstärkt sich, und es entsteht der [...] Nordpol des Magneten. Analog ergibt sich der Südpol am anderen Ende des Magneten.“¹⁰¹

¹⁰⁰ SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus/fachdidaktische-informationen-fuer-die-lehrkraft?showall=&start=2>, Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

¹⁰¹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 112.

Auch, dass beim Teilen eines Magneten beide Hälften immer noch jeweils ein Magnet sein müssen, ist recht leicht zu erklären und einsichtig, denn „Nord- und Südpol lassen sich nicht voneinander trennen, da die Magnetchen als kleinste Einheit untrennbar Nord- und Südpol besitzen.“¹⁰²

Als nächstes kann man eindeutig erklären, dass Magneten oder magnetisierte Eisenstücke durch Erschütterung die magnetische Wirkung verlieren. Durch eine mechanische Einwirkung kommt es vor, dass sich ein paar Magnetchen aus ihrer parallelen Ausrichtung herausdrehen. Je weniger gleiche Pole der Magnetchen in dieselbe Richtung zeigen desto schwächer wird die magnetische Wirkung des gesamten Magneten.

Zuletzt kann man sich unter Berücksichtigung des Modells erklären, dass ein Magnet seine größte mögliche magnetische Wirkung erreicht hat, wenn wirklich alle Magnetchen parallel in eine Richtung zeigen. Die Wirkung der kleinen Nordpole ist maximal verstärkt. Diesen Zustand nennt man Sättigung.

Trotz der offensichtlich guten Möglichkeiten, die der Magnetismus als Naturphänomen bietet, findet er im Lernfeld „Naturphänomene“ des Rahmenplans für die Grundschule keine große Anerkennung. Magnetismus wird nur oberflächlich thematisiert. Unter dem Aspekt „Materialien / Materialeigenschaften“ ist das Spielen und Herstellen von Magneten kurz und knapp erwähnt.¹⁰³

3. Erstellung des Schülerlabors

Es folgt die Beschreibung und Erstellung eines Schülerlabors auf Basis der bis dahin gewonnenen Erkenntnisse:

Wie in den Lehr- Lerntheoretischen Überlegungen begründet, wird in dem Schülerlabor zum Magnetismus für Grundschüler ein vorhergehendes instruktionsorientiertes Lehren durch eine Lehrperson mit einer darauf folgenden Phase des selbstentdeckenden, schülergesteuerten, eigenaktiven

¹⁰² Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 112.

¹⁰³ Hessisches Kultusministerium: Rahmenplan Grundschule. 1. Aufl. Wiesbaden 1995, S. 136.

Lernens verknüpft. Ziel der vorhergehenden Instruktionsphase ist es, eine theoretische Grundlage zum Thema Magnetismus bei den Kindern zu schaffen sowie eine Modellvorstellung zu bilden, auf deren Grundlage in der folgenden schülerzentrierten Lernphase / Experimentierphase beobachtete Phänomene der verschiedenen Stationen erklärt werden können.

Zunächst werde ich auf Überlegungen für die vorhergehende Instruktionsphase, die in der Dissertation aufgeführt werden, eingehen, den genauen Ablauf der Instruktion beschreiben und vorgenommene Änderungen begründen.

Danach folgt eine Ausführung, in der die selbstentdeckende Lernphase und Abänderungen beschrieben und begründet werden. Eine Beschreibung, in der die Überlegungen zur Vorbereitung des Schülerlabors geschildert werden und eine Ablaufbeschreibung der noch nicht näher beschriebenen Phasen des Schülerlabors werden den Teil abschließen.

3.1. Vorhergehende Instruktionsphase

Das Hauptziel ist die Einführung des Eisen-Magnet-Modells, auf dessen Basis sich die Kinder Phänomene des Magnetismus erklären können.¹⁰⁴ „Da sich gezeigt [hat], dass eine eigenständige Erarbeitung des Teilchenmodells auf ausschließlich experimenteller Grundlage nicht möglich ist“¹⁰⁵ und die Kombination einer Instruktionsphase und einer selbstentdeckenden Arbeitsphase, wie in den Lehr- Lerntheoretischen Grundlagen aufgeführt, Sinn macht, wird die Erarbeitung des Eisen-Magnet-Modells in der vorhergehenden lehrerzentrierten Instruktion stattfinden.

Um eine Modelleinführung mit Erfolg durchführen zu können, ist es wichtig, eine ausreichende Phänomenbasis zu schaffen. Dies geschieht durch die Erarbeitung von Anziehung und Abstoßung von Magneten sowie der Magnetisierbarkeit und Entmagnetisierbarkeit von Eisen. Dieses Phänomenwissen sorgt im Idealfall dafür, dass ein Bedürfnis / Interesse besteht,

¹⁰⁴ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 131.

¹⁰⁵ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 99.

dieses „Rätsel“ zu lösen und wissen zu wollen, warum Eisen magnetisiert werden kann. Die Antwort kann das Modell geben.¹⁰⁶

Doch, wie sollte man vorgehen, um die benötigte Phänomenbasis zu schaffen? Ein reiner Lehrervortrag wäre keine gute Möglichkeit, die Kinder zu fesseln und dazu zu bringen, wissen zu wollen, warum sich Eisen magnetisieren lässt. Es würde sie nur langweilen. Wie in den theoretischen Überlegungen schon erwähnt, werde ich die Phänomenbasis in meinem Schülerlabor durch ein gelenktes / fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch schaffen, basierend auf Demonstrationsexperimenten zu den erwähnten Phänomenen.

Bei der Durchführung der Demonstrationsexperimente werde ich mich durchgängig an die Schritte wissenschaftlichen Arbeitens halten: Vermuten – Beschreiben – Erklären.¹⁰⁷

Diese Vorgehensweise ist sehr effektiv, wie eine Veröffentlichung von Prof. Dr. Thomas Wilhelm und D. Heuer mit dem Titel „Vorhersagen – ein Mittel zur Intensivierung von Lernprozessen“ aufzeigt.

„Damit Schüler eigene physikalische Sichtweisen aufbauen, ist es notwendig, dass sie sich aktiv mit den behandelten Fragen, Sachverhalten und Aussagen auseinandersetzen. [...] Ein Zeigen und Erklären durch die Lehrkraft reicht nicht aus.“ Die Kinder aufzufordern, Vermutungen zu äußern, sorgt dafür, dass sich die Kinder mit der Frage oder dem Sachverhalt aktiv auseinandersetzen. Durch Vorhersagen können sich die Schüler ihrer eigenen Ideen und Vorstellungen bewusst werden, insbesondere, wenn sie alternative Deutungen ihrer Mitschüler hören.“¹⁰⁸ Die Aufmerksamkeit der Schüler bei der Durchführung des Experiments durch die Lehrkraft wird besonders auf die Dinge gerichtet sein, die sich von ihrer vorhergehenden Vermutung unterscheiden. Die Diskrepanz zwischen ihrer Vorhersage und dem tatsächlichem Ablauf sorgt für eine erhöhte Aufmerksamkeit. Ohne eine Voraussage „würden sie sich kaum über den Versuchsablauf wundern. So aber wird bei den Schülern häufig der Wunsch

¹⁰⁶ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 131.

¹⁰⁷ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 143.

¹⁰⁸ Wilhelm, Thomas/D. Heuer: Vorhersagen – ein Mittel zur Intensivierung von Lernprozessen. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 55, Nr. 4 (2006), S. 25 – 28.

geweckt, den Vorgang zu verstehen.“¹⁰⁹ Wichtig beim Sammeln der Vermutungen ist, dass die Lehrkraft es vermeidet, durch eine Reaktionen zu zeigen, ob diese richtig oder falsch sind. Die Vermutungen werden nur gesammelt und vergleichend nebeneinander gestellt, nicht aber bewertet. Die Atmosphäre sollte möglichst locker und entspannt sein, damit sich jeder traut zu sagen, was er denkt, ohne Angst zu haben, ausgelacht zu werden.¹¹⁰

Die Inhalte für die Phänomenbasis habe ich den Lernzielen der Lehrerinstruktion Rachels entnommen und übernommen.¹¹¹ Lernziele als Phänomenbasis werden sein:

1. Magnete ziehen sich an und stoßen sich ab
2. Gleiche Pole stoßen sich ab, ungleiche Pole ziehen sich an
3. Stärke von einem bzw. zwei gleichen Magneten
4. Magnetisierung von Eisen
5. Einführung des „Eisen-Magnet-Modells“
6. Anwendung des „Eisen-Magnet-Modells“

Die Demonstrationsexperimente der Instruktionsphase zum Erreichen der Lernziele habe ich der Instruktionsanleitung der Lernplattform Supra¹¹² entnommen, die grundlegend ebenfalls auf der Dissertation Rachels aufbauen. Ich habe nicht alle Demonstrationsexperimente übernommen, die in der Instruktionsanleitung aufgeführt waren und sie teilweise abgeändert.

Das bei der vorher durchgeführten Instruktion schrittweise entstehende Tafelbild wurde ebenfalls aus der Dissertation Rachels übernommen.

Die für mein Schülerlabor überarbeitete Instruktionsanweisung ist im Anhang B zu finden. Im folgenden Abschnitt werde ich die Demonstrationsexperimente mit ihren Lernzielen und deren Abläufen beschreiben sowie Änderungen begründen.

¹⁰⁹ Wilhelm: Vorhersagen – ein Mittel zur Intensivierung von Lernprozessen, S.25 - 28.

¹¹⁰ Wilhelm: Vorhersagen – ein Mittel zur Intensivierung von Lernprozessen, S.25 - 28.

¹¹¹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 143.

¹¹² SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de>; Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

Zu Beginn der Instruktion wird die Lehrperson die Kinder fragen, ob sie Magnete kennen und wenn ja, wo sie in ihrem Alltag vorkommen und wozu sie dabei genutzt werden. Nachdem die Schüler ihren Kontakt zu Magneten geäußert haben, wird mit den Demonstrationsexperimenten begonnen.

Im weiteren Verlauf der Beschreibung der Instruktionsphase wird klar werden, dass ich die Indikatoren für inhaltliche Klarheit umsetze, welche zu den zehn Merkmalen guten Unterrichts zählen. „Inhaltliche Klarheit liegt dann vor, wenn die Aufgabenstellung verständlich, der Thematische Gang plausibel und die Ergebnissicherung klar und verbindlich gestaltet worden sind.“¹¹³ Diese inhaltliche Klarheit mit den genannten Kriterien wird vor allem bei der selbstentdeckenden Phase des Schülerlabors zum Tragen kommen, doch auch schon in der Instruktionsphase des Schülerlabors zeige ich Möglichkeiten auf, die inhaltliche Klarheit zu fördern. In diesem Zusammenhang nennt H. Meyer das „Aufgreifen, Kontrastieren und Weiterentwickeln von Vorerfahrungen und Alltagsvorstellungen der Schüler“¹¹⁴, was in der Instruktion eindeutig erfüllt wird. Auch der Einsatz passender Medien wird durch die ausgewählten Materialien zum Experimentieren sowie die Tafelbilder und Computersimulationsprogramme sehr abwechslungsreich abgedeckt und fördert die inhaltliche Klarheit.

Das Arbeiten mit Modellen (Modellverständnis), welches H. Meyer als Indikator für inhaltliche Klarheit aufführt, ist sogar das Hauptlernziel dieser Einheit. Einen letzten Punkt, den Meyer aufführt und den ich an dieser Stelle noch nennen möchte, ist das regelmäßige Wiederholen und Zusammenfassen, das möglichst durch Schülerinnen und Schüler geschehen sollte. Dieser Aspekt wird durch die Schritte *vermute – beobachte – erkläre*, die Tafelbilder und die zusammenfassenden Erklärungen der Lehrkraft am Ende der einzelnen Versuche ebenfalls erfüllt.¹¹⁵

Das erste Experiment hat das Ziel, die zwei unterschiedlichen Wirkungen eines Magneten zu demonstrieren. Dazu wird ein farbig nicht markierter Magnet in einen Wagen gelegt. Ein zweiter unmarkierter Magnet befindet sich in der Hand

¹¹³ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 55.

¹¹⁴ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 59.

¹¹⁵ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 59.

der Lehrperson. Die Hand mit dem Magneten wird dem Wagen genähert. Je nachdem, ob der Magnet in der Hand dem Wagen mit dem gleichnamigen oder dem ungleichnamigen Pol genähert wird, wird der Wagen abgestoßen oder angezogen. Es werden beide Varianten vorgeführt. Die Lehrkraft fasst zusammen, dass ein Magnet zwei unterschiedliche Wirkungen hat. Mit Hilfe eines farblich markierten Magneten erklärt die Lehrkraft den Kindern, dass ein Magnet immer zwei Pole mit unterschiedlichen Wirkungen (Anziehung / Abstoßung) hat, die Nordpol und Südpol genannt werden. Die rot markierte Seite ist der Nordpol und die grün markierte Seite der Südpol. Damit sich die Kinder das merken können, habe ich zwei Merkschilder angefertigt, auf denen die Eselsbrücke **r**ot = **N**ordpol und **gr**ün = **S**üdpol dargestellt ist. Diese werden nun unter Erklärung an die Tafel gehängt. Außerdem wird erklärt, dass an den Polen die magnetische Wirkung am größten ist, dort Magneten also am stärksten angezogen oder abgestoßen werden.

Das zweite Experiment sorgt dafür, dass die Polregeln verstanden und gelernt werden. Es werden zwei Wagen mit unmarkierten Magneten nebeneinandergestellt (bei beiden zeigt der Nordpol nach vorne). Die Lehrkraft nähert sich mit einem markierten Magneten in der Hand nacheinander den beiden Wagen. Beide werden abgestoßen. Daraus wird geschlossen, dass die beiden Pole in den Wagen gleich sein müssen. Sie werden mit einem Klebepunkt markiert. Dann werden die beiden Wagen mit gleichen Polen einander gegenübergestellt und losgelassen. Die Wagen stoßen sich ab, was darauf hindeutet, dass sich gleiche Pole abstoßen. Das gleiche wird nochmals demonstriert, nur dass die beiden Wagen vorher um 180 Grad gedreht wurden. Die Wagen stoßen sich wieder ab.

Dadurch können eventuelle Fehlvorstellungen beseitigt werden, denn ein einziger Versuchsausgang, der nicht der eigenen Vermutung entspricht, kann für einen Konzeptwechsel unzureichend sein. „Es müssen mehrere, durchaus unterschiedliche Abläufe betrachtet und analysiert werden, die das gleiche physikalische Konzept verdeutlichen.“¹¹⁶ So kann eine Anpassung der Fehlvorstellung erfolgreich durchgeführt werden.

¹¹⁶ Wilhelm: Vorhersagen – ein Mittel zur Intensivierung von Lernprozessen, S.25 - 28.

Im nächsten Schritt des Experiments wird nun einer der beiden Wagen um 180 Grad gedreht. Es stehen sich zwei ungleiche Pole gegenüber und die Wagen stoßen sich ab. Es wird durch die Erstellung des ersten Teils des Tafelbildes gemeinsam mit den Schülern zusammengefasst, dass sich gleiche Pole abstoßen und ungleiche Pole anziehen. Zum Abschluss dieses Experiments wird die Frage gestellt, wie man denn mit einem markierten Magneten herausfinden kann, welcher Pol des unmarkierten Magneten, welcher ist?

Das dritte Experiment verdeutlicht, wie sich das Kombinieren von Magneten auf die magnetische Wirkung auswirkt. Es wird ein Gerät gezeigt, mit dem man die Stärke von Magneten messen kann. Die Lehrkraft fragt, ob jemand eine Idee hat, wie man mit diesem Gerät die Stärke von Magneten messen kann. Bei dem Gerät handelt es sich um einen senkrecht auf einem Holzbrett befestigten Stab, auf dem kleine Ringmagnete aufgefädelt sind. Nähert man sich mit dem richtigen Pol eines Magneten dem Holzbrettchen von unten, werden die Magnetringe abgestoßen. Je höher diese abgestoßen werden desto stärker ist der Magnet. Zunächst wird ein Stabmagnet so von unten an das Magnetstärke-Anzeigegerät gehalten, dass die Magnetringe abgestoßen werden und die Abstoßhöhe gemessen. Dann werden zwei gleiche Stabmagnete mit gleich orientierten Polen fest zusammengedrückt und unter das Anzeigegerät gehalten. Die Magnetringe werden mehr abgestoßen als von einem Stabmagneten alleine. Zuletzt werden die beiden Stabmagnete so kombiniert, dass die ungleichen Pole parallel nebeneinander liegen (die Stabmagnete ziehen sich an) und die Abstoßhöhe getestet. Man stellt fest, dass die Magnetringe gar nicht abgestoßen werden. Die magnetische Wirkung hebt sich bei dieser Kombination auf, da der eine Magnet die Magnetringe genau so stark anzieht, wie der andere sie abstößt. Auch bei diesem Experiment werden abschließend die zuvor beobachteten Erkenntnisse durch die Erstellung des zweiten Teils des Tafelbildes zusammengefasst.

Im nächsten Experiment soll durch die Präsentation eines unerwarteten Versuchsergebnisses Staunen ausgelöst werden, um bei den Kindern Interesse auszulösen und sie für die letzten Einheiten der Instruktion zu motivieren. Es wird ein kleiner und ein großer Magnet unter das Anzeigegerät gehalten. Zum Erstaunen der Kinder ist der kleinere Magnet viel stärker als der große. Die Lehrkraft fasst die neu gewonnenen Erkenntnisse zusammen und äußert, dass

die Größe des Magneten nicht unbedingt was mit der Stärke der magnetischen Wirkung zu tun haben muss.

Das letzte Experiment zeigt die Magnetisierung von Eisen. Zuerst wird ein Eisennagel dem Eisenstück von unten genähert und dann losgelassen. Der Nagel fällt zu Boden. Wird jedoch ein Magnet in die Nähe des Eisenstücks gehalten und die gleiche Versuchsanordnung durchgeführt, bleibt der Eisennagel an dem Eisenstück hängen. Anschließend wird der Magnet entfernt und der Nagel fällt nach einer gewissen Zeit zu Boden. Die Lehrkraft erklärt den Kindern, dass ein Eisenstück in der Nähe eines Magneten selbst zu einem Magneten wird.

Die Lehrkraft erzählt, dass es sehr schwer zu verstehen ist, warum das so geschieht und sich Wissenschaftler für solche Probleme Modelle ausdenken, um schwierige Dinge in den Naturwissenschaften leichter verständlich zu machen. In Modellen wird also etwas vereinfacht, damit man es leichter verstehen kann. Die Lehrkraft erklärt weiter, dass es auch ein Modell gibt, um das Phänomen der Magnetisierung eines Eisenstücks verständlich zu machen, das sogenannte Eisen-Magnet-Modell. Unter Zuhilfenahme einer Computersimulation, die über einen Beamer auf eine Leinwand projiziert wird, wird das Modell gemeinsam mit den Schülern erarbeitet. Die Lehrkraft erklärt zunächst die grundlegenden Informationen, um das Modell verstehen zu können: „Der graue Kasten, den ihr seht, ist ein Eisenstück; man kann sich vorstellen, dass Eisen im Inneren aus ganz vielen winzig kleinen Magnetchen besteht. Diese kleinen Magnetchen sind hier in dem Programm durch kleine Pfeile dargestellt und können sich leicht in alle Richtungen drehen. Und wie die echten Magnete kannst du dir vorstellen, dass auch diese Magnetchen einen Nordpol und einen Südpol haben. Der Nordpol ist immer an der Spitze des Magnetchens und der Südpol immer am stumpfen Ende. Wenn kein Magnet in der Nähe des Eisenstücks ist, sind die vielen Magnetchen, die wir uns im Inneren des Eisenstücks vorstellen, ungeordnet, das heißt, sie schauen alle in verschiedene Richtungen. Das könnt ihr hier sehen. Und genau, weil diese Magnetchen alle in unterschiedliche Richtungen zeigen, hebt sich die magnetische Wirkung auf. Also ist das Eisenstück nicht magnetisch. In einem Eisenstück sind aber nicht wirklich so kleine Pfeile! Wir stellen uns das nur so vor, damit wir uns die Wirkung von Magneten besser erklären können.“ Anschließend wird dem Eisenstück im Simulationsprogramm ein Magnet genähert. „Die kleinen Magnetchen richten

sich, immer paralleler aus, je näher der Magnet kommt. Ist der Magnet am Eisenstück, sind alle Magnetchen parallel ausgerichtet. Je nachdem, mit welchem Pol man dem Eisenstück näher kommt, zeigen die Magnetchen mal nach rechts und mal nach links. Das kommt, weil sich ungleiche Pole anziehen, wie wir wissen. Dadurch, dass alle gleichen Pole von den Magnetchen zur gleichen Seite zeigen, bildet sich hier auf der einen Seite ein Nordpol und auf der anderen Seite ein Südpol. Das Eisenstück ist so zu einem Magneten geworden.“

Zur Überprüfung, ob das Eisen-Magnet-Modell verstanden wurde oder nochmal wiederholt werden muss, stellt die Lehrkraft die Frage, was denn passieren würde, wenn man einen Magneten in der Mitte teilen würde. Ich habe mich entschieden, auch dieses Experiment mit Hilfe der Computersimulation zu erarbeiten, da es mir als eine bessere und schnellere Möglichkeit erschien. Um die Frage beantworten zu können, müssen die Kinder das Eisen-Magnet-Modell anwenden. Ergebnis sollte sein: Aus einem Magneten, der geteilt wird, werden immer wieder zwei Magnete. Jeder Magnet hat zwei Pole. Das kann man gut verstehen, wenn man sich vorstellt, dass in einem Magneten viele kleine Magnetchen sind, die in eine Richtung zeigen. Wenn man den Magneten jetzt in der Mitte teilen würde, würden die Magnetchen doch immer noch mit ihren beiden verschiedenen Polen in eine Richtung zeigen. An dem einen Ende wäre somit immer noch ein Südpol und am anderen Ende ein Nordpol. Ein Wissenschaftlicher würde das so formulieren: „Süd- und Nordpol lassen sich nicht voneinander trennen, da die „Magnetchen“ als kleinste Einheit untrennbar Nord- und Südpol besitzen. Wird ein Stabmagnet [...] durchtrennt, so wird durch die Betrachtung der [Magnetchen] in den beiden Hälften unmittelbar einsichtig, dass beide Hälften jeweils selbst wieder Magnete mit jeweils einem Nordpol und einem Südpol sein müssen.“¹¹⁷

Der gemeinsame Aufbau des letzten Tafelbildteils, in dem die Grundlagen der Modellvorstellung festgehalten werden, bildet den Abschluss der vorhergehenden lehrerzentrierten Instruktion durch Demonstrationsexperimente.

¹¹⁷ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 112.

Abschließend möchte ich noch erwähnen, dass bei der Experimentdurchführung darauf zu achten ist, dass immer eine Interaktion zwischen der Lehrkraft und den Schülern stattfindet und zwar derart, dass man die Kinder zunächst Vermutungen treffen lässt, diese sammelt, ohne eine Bewertung abzugeben und anschließend die Durchführung des Experiments vollzieht, welches die Kinder beobachten und anschließend beschreiben. Abschließend erfolgt zu jedem Experiment noch eine Erklärung. Das exakte Vorgehen zu beschreiben hätte den Rahmen dieses Teils gesprengt. Ein etwas ausführlicherer Ablaufplan der Instruktion befindet sich im Anhang.

3.2. Selbstentdeckende Lernphase / Arbeitsphase

In dieser selbstentdeckenden Lernphase des Schülerlabors, die dem konstruktivistischen Grundgedanken¹¹⁸ entspricht, können die Kinder selbstständig forschen und dabei Phänomene des Magnetismus entdecken, lernen, sich diese auf Basis des Eisen-Magnet-Modells zu erklären und neben den fachlichen Lerninhalten viele in den Bildungsstandards geforderte Kompetenzen zu stärken. Genauere Aussagen und Begründungen dieser Methode wurden schon im vorhergehenden theoretischen Teil getroffen, weshalb ich darauf nicht nochmal genauer eingehe.

Ich habe das Forscherbuch, dessen Layout und Grundideen zu den Lerninhalten und Stationsthemen auf dem überarbeiteten Forscherbuch basieren und ein Ergebnis der Lehrerfortbildung¹¹⁹ war, als Grundlage verwendet und bearbeitet (die Basis dieses Forscherbuchs bildete das Forscherbuch aus Rachels Dissertation¹²⁰).

Das von mir neu überarbeitete Forscherbuch mit seinem neuen Layout und Formulierungen ist im Anhang C: zu finden.

¹¹⁸ Rachel: Auswirkungen instrukionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 131.

¹¹⁹ Supra, Sachunterricht praktisch und konkret: Forscherbuch Magnetismus. (http://www.supra-lernplattform.de/images/stories/Magnetismus/doks/magnetismus_forscherbuch.pdf, Datum des Zugriffs: 14.11.2015).

¹²⁰ Rachel: Auswirkungen instrukionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 343 - 357.

Doch was habe ich geändert und warum? Trotz der Studienergebnisse, dass offene Arbeitsaufträge in der schülerzentrierten Forscherphase leicht bessere Ergebnisse bringen, habe ich mich entschieden, in diesem Schülerlabor ein gut strukturiertes und stärker angeleitetes Forscherbuch zu nutzen. Wie Nawal Sa' Duddin im Kapitel „Diskussion und Ausblick“ der Lehrerfortbildung schreibt, waren die Kinder der dritten Klassen mit dem angeleiteten Forscherbuch überfordert¹²¹.

In einem Schülerlabor jedoch ist durch die erhöhte Anzahl der Betreuer eine viel bessere Unterstützung möglich, als es in der Schule durch eine einzige Lehrkraft je geleistet werden könnte. Deshalb bin ich der Überzeugung, dass ein geleitetes Forscherbuch im Rahmen eines Schülerlabors mehr Lernerfolg bringen kann, als ein offenes, in dem die Kinder vermutlich sehr viel spielen würden.

Ich könnte mir jedoch vorstellen, dass die offenere Variante in der Schule mehr Erfolg gebracht hat, da die Kinder durch das eher spielerische Forschen nicht die Lust am Forschen verloren haben. Bei einem angeleiteten Forscherbuch hingegen könnten sie schnell die Lust verlieren, weil sie Arbeitsaufträge oder Inhalte nicht verstehen und so die Aufgaben nicht lösen können, da die Unterstützung einer einzelnen Lehrkraft nicht ausreicht, um alle Fragen zu beantworten oder Tipps zum Lösen einer Aufgabe zu geben.

Durch genügend Betreuer, die während des Schülerlabors ständig beobachten, welche Gruppen, welche Probleme haben, die zur Verfügung stehen, um Fragen zu beantworten oder Tipps zu geben, wird sich keines der Kinder im Stich gelassen oder überfordert fühlen. So können die Stationen mit ihren Arbeitsaufträgen gut gelöst werden und die Erfolgserlebnisse halten die Motivation der Kinder aufrecht oder können sie gar steigern.

Da Nawal Sa' Duddin die Überforderung mit Formulierungen und Aufgabestellungen in Verbindung gebracht hat¹²², habe ich mich bemüht, dass Forscherbuch so zu gestalten, dass Aufträge klar und eindeutig gestellt und

¹²¹ Sa'Duddin: Lehrerfortbildungsprojekt zum Magnetismus für den Sachunterricht der Grundschule, S. 79.

¹²² Sa'Duddin: Lehrerfortbildungsprojekt zum Magnetismus für den Sachunterricht der Grundschule, S. 79.

formuliert werden, um dadurch von vornherein Fragen und Verständnisprobleme bei den Schülern zu vermeiden.

Wie Rachel in seiner Arbeit schreibt, stellt „ein gut ausgearbeitetes Konzept (Inhalte und Materialien) [...] eine derart wichtige Komponente für den Unterricht dar, dass andere methodische Varianten weniger ins Gewicht fallen.“¹²³ Deshalb sehe ich kein Problem darin, die Experimentierphase eher geschlossen zu gestalten, obwohl die Studie belegt, dass eine offenere Experimentierphase etwas bessere Ergebnisse erzielt, wenn gewährleistet ist, dass man eine eindeutige gut durchdachte Strukturierung mit gut aufeinander abgestimmten Inhalten und Materialien vornimmt.

Nun zu den Änderungen, die ich am Forscherbuch vorgenommen habe. Da das Forschen an den Stationen nicht nach einer bestimmten Reihenfolge stattfindet, sondern die Schülergruppen die Reihenfolge frei wählen können, habe ich auf der ersten Seite des Forscherbuchs einen Laufzettel eingefügt, auf dem alle Stationen aufgelistet sind und bereits erledigte Stationen angekreuzt werden können, damit die Kinder nicht den Überblick verlieren, an welchen Stationen sie schon geforscht haben und welche noch fehlen.

Anschließend habe ich mir ganz grundlegende Gedanken zum Aufbau des Begleitmaterials gemacht, der jede Station des Forscherbuchs betrifft. Da durch angemessene Aufgabenstellungen und Formulierungen die echte Lernzeit erhöht wird,¹²⁴ habe ich im kompletten Forscherbuch nach meinem Empfinden dem Alter entsprechende / angemessene Formulierungen gewählt und die Stationsanweisungen einheitlich und gut durchdacht aufgebaut. Damit die Kinder schon zu Beginn wissen, was sie an der Station erwartet, habe ich dahingehend für Klarheit gesorgt, dass ich mir für den Anfang einer jeden Station einen Satz ausgedacht habe, der den Kindern mitteilt, was sie herausfinden können und dabei die wichtigsten Wörter fett markiert.

Bei allen Stationen, bei denen die dreischrittige wissenschaftliche Arbeitsweise Sinn machte, habe ich diese eingehalten. Zuerst soll vermutet werden, wie ein Experiment ausgeht oder ein Experiment durchgeführt werden könnte, um das geforderte Ziel zu erreichen, anschließend wird das Experiment durchgeführt.

¹²³ Rachel: Auswirkungen instruktorischer Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 301.

¹²⁴ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 40.

Dabei beobachten die Kinder, ob ihre Vermutung zum Ausgang des Experiment oder der Problemlöseaufgabe (z.B. Station 6; wie muss ich das Experiment aufbauen, um die Fragestellung lösen zu können) richtig war. Nach der Überprüfung können sich die Kinder im Idealfall erklären, was warum passiert ist (mit Hilfe des Eisen-Magnet-Modells) und die Aufgabe zur Ergebnissicherung richtig lösen. Als Aufgaben zur Ergebnissicherung der erforschten Inhalte pro Station habe ich mir verschiedene Varianten ausgedacht, die ich passend zu den zu vertiefenden Lernzielen ausgewählt habe. Genutzt habe ich Merksätze mit Lücken, Merksätze mit Lücken und vorgegebenen Wörtern, die den richtigen Lücken zugeordnet werden müssen und eine Zuordnungsaufgabe, bei der die Kinder mehrere passende Aussagen miteinander verbinden müssen. Klar erkennbar von dem Rest der Station und einheitlich beginnt dieser abschließende Teil jeder Station mit den Worten „Ich weiß jetzt“. Die kleinen Symbolbilder, die in dem ursprünglichen Forscherheft benutzt wurden, um Fragen, Aussagen oder Aufträge ikonisch zu verdeutlichen, wurden nicht mit einem durchgehend gleichbleibendem und eindeutigen System verwendet. Sie wurden in den verschiedenen Stationen nicht einheitlich zugeteilt und passten von der Intention / der Aussagekraft nicht immer zu dem/n danebenstehenden Text / Worten / Sätzen.

Ich habe das Forscherbuch so überarbeitet, dass ein durchgehend gleiches System eingehalten wurde, in dem jedes Symbol genau eine Bedeutung hat. In den verschiedenen Stationen habe ich die Aufgaben, Aussagen und Fragen so vereinheitlicht, dass die Symbole passen und dass im Laufe der Forscherphase durch die ikonische unterstützende Wirkung und durch das wiederholte Verwenden die Schüler Zusammenhänge schneller begreifen und verknüpfen können und somit schon ahnen können, was sie als nächstes tun sollen.

Hier die Bedeutung / der Verwendungszweck der verschiedenen Symbole:



Aufmerksam lesen!



Hinweis / Zusatzinformation!



Denkaufgabe / Frage! → Kopf wird benötigt!



Aufgabe zum Ausprobieren! → Hände werden benötigt!



Jetzt muss geschrieben werden!



Mir geht ein Licht auf / ich weiß jetzt!

Änderungen der Formulierungen, abgeänderte Arbeitsaufträge und Änderungen im Layout können im Anhang B: Forscherbuch genauer betrachtet werden. Eine exakte Begründung zu jeder einzelnen Änderung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Nun möchte ich auf die Stationen eingehen, an denen ich wirklich prägnante inhaltliche Veränderungen und Veränderungen am Experimentiermaterial vorgenommen habe. Auch Begründungen für weggelassene Stationen folgen in den nächsten Abschnitten.

Da es zwei Stationen (Station fünf und sechs) gab, in der die Stärke von Magneten gemessen werden sollte, diese Stationen sich aber vom grundsätzlichen Aufbau nicht unterschieden, habe ich die zwei Stationen so abgeändert, dass sie unterschiedliche Lernziele verfolgen. Station fünf habe ich so abgeändert und die Materialien ausgetauscht, dass die Kinder herausfinden konnten, dass die Größe eines Magneten nicht immer etwas mit der Stärke zu tun hat. Station sechs habe ich abgeändert und umformuliert, um die Stärke der magnetischen Wirkung von *einem* Stabmagnet und den *zwei* möglichen Stabmagnetkombinationen zu erforschen und zu lernen.

An Station acht habe ich mich entschieden, nur *einen* Stabmagneten zu nutzen, um ein Magnetfeld mit seinen Magnetfeldlinien zu erzeugen und die anderen Magneten wegzulassen. Damit die Kinder am Bild nicht direkt erkennen können, welches „Muster“ entsteht, habe ich das Bild ausgetauscht. Ich denke es ist für die Kinder schwer genug zu verstehen, wie und warum das Magnetfeld eines Stabmagneten so aussieht wie es aussieht. Das Magnetfeld eines Hufeisenmagneten macht zwar schöne „Muster“, ist meiner Meinung nach aber zu schwer verständlich für Grundschüler.

Die Station „Warum ist Eisen manchmal ein Magnet und manchmal nicht?“ habe ich für das Schülerlabor herausgenommen, da die Station bei mehrmaligen Testen nicht funktioniert hat und ich den Sinn / die Idee dahinter nicht verstanden habe. Auch die Computerstation zum Eisen-Magnet-Modell habe ich herausgenommen, da das Programm schon Teil der Instruktion war und die Umsetzung im Schülerlabor recht schwierig gewesen wäre. Außerdem gehe ich davon aus, dass es zu Ärger und Chaos geführt hätte, da diese Station alle Kinder hätten machen wollen. Zudem wurde mit der Station elf (im Forscherbuch für das Schülerlabor) schon eine Repräsentationsform des Eisen-Magnet-Modells als Lernstation im Schülerlabor integriert.

Bei der Station „Ein Wasserkompass“ habe ich die Styroporkügelchen durch Korkscheiben ersetzt, da ich die Erfahrung gemacht habe, dass es einfacher ist und besser funktioniert. Da ich dieses jedoch erst nach dem Druckauftrag des Forscherbuchs festgestellt habe, habe ich der Station eine Informationskarte beigelegt, auf der die geänderte Vorgehensweise geschildert wird.



Abb. 10: Informationskarte

Da zur Durchführung dieser Station Wasser benötigt wird, habe ich mich entschieden, die Station an einem gleichbleibenden Ort vorne an der Tafel (nicht am Tisch der Kinder) zu postieren. Die Betreuer können so direkt erkennen, dass die Station gerade bearbeitet wird und vor Beginn des Forschens das schwer verständliche Phänomen des Erdmagnetfelds mit Hilfe der Tafel im Gespräch mit den Schülerinnen und Schülern erklären. Wegen der Komplexität dieses Phänomens, was für Kinder im Grundschulalter schwer verständlich ist, habe ich mich entschieden, diese Inhalte nicht in der vorhergehenden Instruktionsphase, sondern direkt in den Experimentiergruppen zu vermitteln. So können die Kinder direkt Verständnisfragen stellen, die betreuende Person kann besser einschätzen, ob die Kinder das Phänomen verstanden haben und für die Schülerinnen und Schüler sind die Informationen auf diese Weise noch präsenter. Bei der Instruktion kann der Betreuer sich an diesen Aussagen orientieren:

- Man kann sich vorstellen, dass die Erde auch ein großer Magnet ist.
- Die Kompassnadel ist ein kleiner Stabmagnet. Wie jeder Magnet hat er auch einen Nordpol und einen Südpol. Die Kompassnadel ist in der Mitte leicht drehbar und kann sich deshalb immer gleich ausrichten.

- Die Kompassnadel wird von der magnetischen Wirkung der Erde angezogen.
- Auf diese Weise wissen wir immer, wo Norden ist.

Bei der Station „Die rätselhaften Nägel“ habe ich zur Befestigung anstelle eines Klebebandes einen Saugnapf gewählt, da die Station immer auf den unterschiedlichen Plätzen der Forschergruppen durchgeführt wird und so das Klebeband nicht immer wieder neu geklebt und abgerissen werden muss. Außerdem wäre durch das ständige Aufkleben und Abreißen der Faden sicherlich nach einiger Zeit gerissen und hätte ausgetauscht werden müssen.

Bei Umformulierungen und der Erstellung der Arbeitsaufträge wurde stets das Kriterium der inhaltlichen Klarheit beachtet. Um diese zu erfüllen, muss die Aufgabenstellung gut verständlich sein, der thematische Gang plausibel und nachvollziehbar und die Ergebnissicherung klar und verbindlich gestaltet sein.¹²⁵

Auch das Merkmal individuelle Förderung wird berücksichtigt. In der schülerzentrierten Lernphase kann optimal individuell gefördert werden. Es gibt keine vorgeschriebene Zeit, in der eine Station erledigt werden muss (ausreichend Lernzeit),¹²⁶ die Stationen haben unterschiedliche Anforderungsniveaus mit leichten bis schwierigeren Aufgabenstellungen und mehrere Betreuer stehen zur Verfügung, die individuelle, auf die Lerngruppe abgestimmte Hilfeleistungen geben können.

Zum Abschluss dieses Teils der Arbeit wird jede Station kurz beschrieben und das Lernziel genannt.

¹²⁵ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 55.

¹²⁶ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 97.

Station 1: Spiele mit Magneten

Kurzbeschreibung: An dieser Station können die Kinder drei Spielchen mit Magneten ausprobieren und einige Dinge über Magnetismus herausfinden.

Mögliche Lernziele:

- Magnete ziehen sich an und stoßen sich ab
- Ein Magnet zieht Eisen an

Station 2: Was wird angezogen?

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder ausprobieren, welches Material von einem Magneten angezogen wird. Zuerst sollen sie Vermutungen anstellen und dann ausprobieren, ob ihre Vermutungen richtig sind. Zum Schluss wird eine Lücke im Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Nur Eisen wird angezogen
- Andere Gegenstände und Metalle werden nicht angezogen

Station 3: Anziehung und Abstoßung

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder mit verschiedenen Magnetpaaren überprüfen, ob diese sich anziehen oder abstoßen können. Zuerst sollen sie Vermutungen anstellen und diese anschließend überprüfen. Die Lücken im ersten Merksatz sollen ausgefüllt werden. Anschließend folgt eine Anmerkung, dass jeder Magnet zwei Pole hat, die Nordpol und Südpol heißen und es wird erklärt, welche Farbe, welcher Pol hat. Jetzt sollen die Schülerinnen und Schüler ausprobieren, welche Pole sich anziehen beziehungsweise abstoßen und die dazugehörige Aufgabe lösen. Zum Schluss werden zwei Lücken im Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Magnete stoßen sich immer ab oder ziehen sich an, egal welche Form sie haben
- Magnete haben immer zwei Pole, die als Nordpol und Südpol bezeichnet werden
- Gleichnamige Pole stoßen sich ab
- Ungleichnamige Pole ziehen sich an

Station 4: Eisen oder Magnet?

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder herausfinden, welches Metallstück ein Magnet ist und welches nicht. Zur Hilfe gibt es ein paar Büroklammern. Eine Zuordnungsaufgabe folgt, bei der mehrere passende Aussagen verbunden werden müssen.

Lernziel:

- Anwendung des Wissens der Magnetisierung von Eisen
- Büroklammer ist aus Eisen und wird nur von dem Magneten angezogen
- Magnetchen in der Büroklammer richten sich parallel aus, wenn ein Magnet in der Nähe ist
- Büroklammer wird selbst zu einem Magneten

Station 5: Welcher Magnet ist am stärksten?

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder zuerst einmal überlegen, wie man mit dem vorhandenen Material die Stärke von Magneten bestimmen kann. Dann vermuten sie, ob ein großer Magnet immer stärker ist als ein kleiner und testen es anschließend. Zum Schluss werden zwei Lücken im Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Die Größe des Magneten sagt nichts aus über die Stärke des Magneten
- Problemlösendes Denken

Station 6: Stärke von zwei Magneten

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder zuerst einmal überlegen, wie der Experimentaufbau sein muss, um mit den vorhandenen Materialien die magnetische Wirkung zu messen. Anschließend wird vermutet und getestet, welche Magnetkombination am stärksten und welche am schwächsten ist. Zum Schluss werden die Lücken im Merksatz ausgefüllt..

Lernziel:

- Mehrere mit gleichorientierten Polen parallel zusammengehaltene Magneten sind stärker als einer alleine
- Zwei Magnete mit ungleichen Polen parallel nebeneinander haben keine magnetische Wirkung
 - die Wirkung hebt sich auf
- Problemlösendes Denken

Station 7: Magnet und Büroklammer

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder herausfinden, an welcher Stelle des Magneten die magnetische Wirkung am stärksten ist, indem sie Büroklammern an unterschiedliche Stellen eines Stabmagneten hängen. Anschließend sollen sie ihre Erkenntnisse skizzieren. Zum Schluss werden die Lücken im Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Die magnetische Wirkung eines Magneten ist an den beiden Polen am stärksten
- Jede angehängte Büroklammer wird selbst zu einem Magneten

Station 8: Magnete machen Muster

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder lernen, dass Magneten ein Magnetfeld besitzen und wie dieses aussieht. Dazu sollen sie die Magnetfeld-Linien von dem Stabmagneten, den sie auf die Platte gelegt haben, skizzieren. Mit Hilfe eines Lückentextes (Wörter vorgegeben) wird ihnen ein Tipp gegeben, wieso ein Magnetfeld so aussieht, wie es aussieht. Zum Schluss werden die Lücken im Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Wissen, was ein Magnetfeld ist und wieso es aussieht, wie es aussieht
- In der Mitte des Magneten ist die magnetische Wirkung am geringsten
- An den Polen des Magneten ist die magnetische Wirkung am stärksten

Station 9: Was wirkt auf den zweiten Nagel?

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder herausfinden, dass Eisen magnetisiert werden kann. Nach einer Vermutung sollen die Kinder ausprobieren, ob man mehrere Nägel untereinander an einen Stabmagneten hängen kann. Anschließend sollen sie es erklären und begründen. Zum Schluss werden die Lücken im Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Anwendung des Eisen-Magnet-Modells
- Eisen wird in der Nähe eines Magneten magnetisiert
 - Ist dann selbst ein Magnet
 - Kann dann selbst auch weitere unmagnetisierte Eisenstücke magnetisieren

Station 10: Magnet und Magnetnadel

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder herausfinden, ob die dunkle Spitze der Kompassnadel wirklich der Nordpol ist. Vorher wird erklärt, dass die Kompassnadel selbst wie ein kleiner Magnet ist und die dunkel markierte Seite meistens der Nordpol ist. Sie sollen dann überlegen, wie man dieses mit Hilfe eines Stabmagneten herausfinden kann und ob die in der Erklärung getroffene Aussage der Wahrheit entspricht. In vier Fällen, in denen ein Magnet in verschiedenen Ausrichtungen zu einem Kompass liegt, sollen die Kinder die Kompassnadel (helle und dunkle Spitze) einzeichnen und so die Polregeln üben. Zum Schluss wird die Lücke im Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Eine Kompassnadel ist ein Magnet
- Lernen, wie die Pole anderer Magneten die Kompassnadel beeinflussen
 - Gleiche Pole stoßen sich ab
 - Ungleiche Pole ziehen sich an

Station 11: Das Eisen-Magnet-Modell

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder das Eisen-Magnet-Modell wiederholen und vertiefen. Auf einem Holzbrett, auf dem mit Reißzwecken kleine Pfeilchen befestigt sind und die Magnetchen symbolisieren, sollen die Kinder die Pfeilchen so anordnen, wie man es sich in einem unmagnetisierten Eisenstück und wie man es sich in einem magnetisierten Eisenstück vorstellen kann. Außerdem sollen sie einige Magnetchen in einem unmagnetisierten und in einem magnetisierten Stück Eisen einzeichnen. Dann wird durch das Lesen eines Lesetextes das Eisen-Magnet-Modell wiederholt, vertieft und gefestigt. Zum Schluss werden die Lücken in den Merksätzen ausgefüllt.

Lernziel:

- „Das Eisen-Magnet-Modell mit Hilfe eines gegenständlichen Modells einüben, das die Möglichkeit gibt, Magnetkonstellationen manuell einzustellen“¹²⁷
- Mit Hilfe eines Lesetextes die Grundlagen des Eisen-Magnet-Modells wiederholen und vertiefen

Station 12: Ein Wasserkompass

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder lernen, wie ein Kompass funktioniert und selbst einen bauen. Der Kompass wird aus einer magnetisierten Stecknadel bestehen, die im Wasser schwimmt. Während der Vorgehensbeschreibung werden Zwischenfragen gestellt. Die Kinder sollen vermuten, was passiert, wenn man mit demselben Pol eines Magneten mehrmals in die gleiche Richtung über die Stecknadel streicht, beobachten und beschreiben, was mit der Stecknadel auf der Wasseroberfläche passiert und überlegen, was die Stecknadel beeinflussen haben könnte. Zum Schluss wird die Lücke im Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Wie kann man sich einen Kompass bauen?
- Wie funktioniert ein Kompass?
- Experimentieren nach einer Versuchsanweisung
- Eisen kann, indem man mehrmals in die gleiche Richtung mit demselben Pol eines Magneten drüber streicht, magnetisiert werden
 - Die kleinen Magnetchen im Eisenstück richten sich dabei nach und nach parallel aus
- Die Erde besitzt ein Magnetfeld

¹²⁷ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 137.

Station 13: Der Nagel am Eisenstück

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder herausfinden, ob ein Eisenstück magnetisiert ist und wie lange es magnetisiert bleibt, wenn man den Magneten aus der Umgebung des Eisenstücks entfernt. Anfangs sollen die Kinder vermuten, ob ein Eisennagel an einem Stück Eisen hängen bleibt und es dann überprüfen. Nach den Erkenntnissen sollen sie die gleiche Versuchsanordnung durchführen, wenn ein Magnet in der Nähe des Eisenstücks oder am Eisenstück ist. Dann sollen zwei Sätze vervollständigt werden, in denen die Erkenntnisse angewendet werden. Es folgt eine Aufgabe, in der sie einige Magneten in einem unmagnetisierten und in einem magnetisierten Stück Eisen einzeichnen sollen. Anschließend führen sie ein Experiment mit dem gleichen Ablauf wie in den ersten beiden Experimenten durch, bloß das das Stück Eisen gegen ein Holzstück ersetzt wurde. Anhand des Eisen Magnet-Modells soll abschließend noch erklärt werden, warum der Nagel nicht an dem Holz hält. Ganz zum Schluss werden die Lücken des Merksatzes ausgefüllt.

Lernziel:

- Eisen wird durch die Annäherung eines Magneten magnetisiert und selbst zu einem Magneten
- Die Magnetisierung kann mit dem Eisen-Magnet-Modell erklärt werden
- Die Magnetisierung hält auch nach dem Entfernen des Magneten noch für eine Weile an
- Holz ist nicht magnetisierbar
- Die Unmagnetisierbarkeit von Holz mit dem Eisen-Magnet-Modell erklären

Station 14: Die rätselhaften Nägel

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder herausfinden, wie sich magnetisierte Materialien zueinander verhalten, wenn sie nebeneinanderliegen. Dies wird mit einem Experiment erreicht, bei dem sich ein Magnet zwei Eisennägeln nähert, die an einer Schnur befestigt sind. Die Kinder sollen Vermutungen anstellen und diese anschließend überprüfen und erklären. Zum Schluss wird noch die Lücke in dem Merksatz ausgefüllt.

Lernziel:

- Zwei durch einen Magneten magnetisierte Eisenstücke, die sich in nächster Nähe zueinander befinden, stoßen sich ab
 - Die Magnetchen in beiden Eisenstücken richten sich in die gleiche Richtung aus und haben ihre Pole am gleichen Ende
 - Da sich gleiche Pole abstoßen, stoßen sich die beiden Eisenstücke gegenseitig ab

Königsstation: Finde den Magnet!

Kurzbeschreibung: An dieser Station sollen die Kinder mit einem farblich markierten Magneten herausfinden, welches von zwei Metallstücken ein Magnet ist und beschreiben, wie sie es herausgefunden haben. Außerdem sollen sie anschließend mit Hilfe eines Kompasses herausfinden, welche Seite des unmarkierten Magneten der Nordpol ist. Die dunkle Spitze des Kompasses ist nicht der Nordpol, was aber zuvor mit dem markierten Stabmagneten erstmal herausgefunden werden muss. Auch hier soll beschrieben werden, wie sie vorgegangen sind. Ist noch Zeit, kann man die Kinder fragen, ob sie auch ohne den farblich markierten Magneten hätten herausfinden können, welches der beiden Metallstücke der Magnet ist.

Lernziel:

- Problemlösendes Denken
 - Wissen über Magnetismus anwenden können

3.3. Vorbereitung

Für eine gut vorbereitete Lernumgebung nennt Meyer drei grundlegende Aspekte, die erfüllt sein müssen.

In der Lernumgebung muss eine gute Ordnung existieren, die durch klare Regeln, gemeinsam vereinbarte Rituale und entlastende Routinen gekennzeichnet ist.¹²⁸ Da ein Schülerlabor nur einen Vormittag lang geht und deshalb die Zeit fehlt, kann diese Ritualisierung nicht stattfinden.

Die Aspekte der funktionalen Einrichtung und des brauchbaren Lernwerkzeugs hingegen können und *müssen* berücksichtigt werden. Neben der Belüftung, der Beleuchtung und der Akustik muss das Platzangebot stimmen. Der Schülerlaborraum der Goethe Universität ist an einer Außenseite des Physikgebäudes gelegen, was dafür sorgt, dass durch das Öffnen der Fenster oder Türen frische Luft in den Raum gelangen kann. Auch die Beleuchtung mit Tageslicht ist durch die riesige Fensterfront möglich. Helle Lampen in den Decken sorgen für zusätzliches Licht. Das Platzangebot könnte bei Klassen über 20 Kindern ein Problem darstellen. Zumindest, wenn das Schülerlabor aus einer Instruktionsphase mit Demonstrationsexperimenten und einer selbstständigen Lernphase besteht. Da es von den Plätzen am Tisch nicht für alle Schüler möglich wäre, die Experimente zu sehen, habe ich mich entschieden, die Instruktion in der Sozialform des Kinositzes durchzuführen, damit alle Kinder etwas sehen können. Durch den dafür benötigten Platz ist viel Raum verloren gegangen, um die Tische zu stellen, an denen später geforscht wird. Es bleiben nicht viele Möglichkeiten. Ich habe mich deshalb entschieden, die Tische in Reihen mit Blick zur Tafel zu stellen, in deren Mitte ein Gang frei bleibt, um die Bewegungsfreiheit nicht einzuschränken. Diese Sitzordnung erinnert zwar sehr an eine typische Schulsitzordnung, aber durch den fehlenden Platz habe ich

¹²⁸ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 121.

keine andere Möglichkeit gesehen. Die Reihen hätte ich zwar um 90 Grad drehen können, um den schulischen Charakter aufzulockern, doch durch die längliche Form des Raums wäre es dann nicht mehr möglich gewesen, vor die Klasse zu treten, dabei von allen Kindern gesehen zu werden, um den Schülerinnen und Schülern die nötigen Informationen zukommen zu lassen. Die Platzierung der Lehrkraft im direkten Blickfeld der Klasse ist ein Indikator für eine gut vorbereitete Lernumgebung,¹²⁹ weshalb ich mich gegen die Anordnung der Tische mit Blick zu Fensterfront entschieden habe.



Abb. 11: Raumansicht

Bei Klassenstärken von mehr als 20 Kindern hätte man die Demonstrationsexperimente in der Instruktionsphase mit Hilfe einer Kamera und dem Beamer auf die Leinwand übertragen können, um den Platz, wo normalerweise die Stühle für den Kinositz stehen, zu sparen und zu gewährleisten, dass *alle* Kinder etwas sehen.

Auch das Lernwerkzeug in dem Schülerlaborraum ist brauchbar. Als Lernwerkzeuge werden alle Medien gesehen.¹³⁰ Hier erfüllt das Schülerlabor alle Bedingungen. Neben einer Tafel bieten ein Beamer und Leinwand auch die Möglichkeit, mit einer aufgestellten Kamera Experimente live auf die Leinwand zu übertragen. An technischen Medien, die der Unterstützung dienen können, fehlt es nicht. Auch alle Materialien in den Stations-Kisten können als Lernwerkzeug gesehen werden. Bei Technikfragen und fehlendem Material hat

¹²⁹ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 123.

¹³⁰ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 124.

mir der Techniker des Instituts immer gerne geholfen und mir fehlende Materialien zur Verfügung gestellt.

Um den Anteil an echter Lernzeit zu erhöhen, bedarf es nach Meyer einer guten Vorbereitung durch die Lehrkraft.¹³¹ Deshalb möchte ich nun schildern, welche Vorkehrungen ich vor Beginn eines jedem Schülerlabors getroffen habe.

Herr Wilhelm hat mir zwei Forscherkisten zur Verfügung gestellt, die während der Lehrerfortbildung zusammengestellt wurden. Nachdem ich die Phase der Instruktion und die selbstentdeckende Lernphase theoretisch fertiggeplant und abgeändert hatte, habe ich das Forscherbuch selbst einmal komplett durchgearbeitet und alle Stationen ausprobiert. Auch eine zweite Person habe ich alles testen lassen, um sicherzustellen, dass auch außenstehende Personen, die nicht mit der Thematik vertraut sind, mit den geänderten Instruktionen im Forscherbuch zurechtkommen. Anschließend habe ich die Kisten für die einzelnen Stationen so umgepackt, dass sie zu den jeweiligen Stationen und Arbeitsaufträgen in dem von mir überarbeiteten Forscherbuch passen und neue Stationsschilder gedruckt, da sich die Reihenfolge der Stationen teilweise geändert hat. Für ein paar Stationen habe ich neue Magneten gekauft, da diese Magneten in der Unisammlung nicht vorhanden waren (Größe und Stärke mussten im richtigen Verhältnis zueinander stehen). Auch weitere Kleinigkeiten wie Saugnäpfe, Ersatzstecknadeln und viele andere Kleinigkeiten, die ich für das Schülerlabor benötige, habe ich besorgt. Da Station eins aus drei einzelnen Kisten besteht, habe ich für diese Station noch eine große Kiste besorgt, in welche die drei kleinen Kisten hineinpassen, damit alles einheitlich gestaltet ist. Da ich mir nicht sicher war, ob alle Kinder Stifte mitbringen, habe ich vorsichtshalber 30 Bleistifte, einen Radiergummi und einen Spitzer besorgt, was sich nachträglich als sehr wichtig herausgestellt hat, da nicht alle Klassen eigene Stifte dabei hatten. Damit ich die Kinder während des Schülerlabors mit ihrem Namen ansprechen kann, habe ich Klebeetiketten besorgt, welche als Namensschild dienen. Die Forscherbücher und den Nachtest wurden vom Druckzentrum der Uni gedruckt.

Um durch einen reibungslosen Ablauf ohne Pausen, in denen Langweile entstehen kann, den Unterrichtsfluss zu garantieren, habe ich den

¹³¹ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 40.

Schülerlaborraum, bevor die Klassen eingetroffen sind, entsprechend vorbereitet. Die Vorbereitungsmaßnahmen möchte ich nun stickpunktartig erläutern:

1. Klebeetiketten auseinanderschneiden und mit 4 schwarzen Edding-Stiften auf einen Tisch in der Nähe der Eingangstür legen → Unterlage auf die Tische gelegt, um die Gefahr von Strichen auf den Tischen auszuschließen
2. Die Stühle für den Kinositz stellen
3. PC mit Simulationsprogramm anschalten
4. Beamer anschalten, richtig einstellen und in den „Hide-Modus“ stellen → so muss bei Gebrauch nur eine Taste gedrückt werden, und es kann losgehen
5. Tafelbild vorbereiten (Lösungsschilder zur Vervollständigung des Tafelbilds umgedreht in der richtigen Reihenfolge an die Tafel hängen) → langes Suchen der richtigen Schilder wird vermieden
6. Materialien für die Demonstrationsversuche sortieren und bereitlegen
7. Stationen auf Vollständigkeit kontrollieren

Zum Schluss bedarf es noch einer klaren Strukturierung der Unterrichtsverläufe, um die echte Lernzeit zu erhöhen.¹³² Diese muss im Vorfeld gut durchdacht werden und ist ebenfalls ein Teil der Vorbereitung. Das Ergebnis meiner Überlegungen wird im nächsten Abschnitt, in dem der Ablauf der Durchführung beschrieben wird, genauer geschildert.

3.4. Ablauf der Durchführung

Um das Ziel eines hohen Anteils an echter Lernzeit zu gewährleisten, muss sich die Lehrkraft im Vorfeld genau überlegen, wie sie den Unterricht klar strukturieren kann.¹³³ Die vorbereitenden Maßnahmen, welche eine Voraussetzung für einen flüssigen Ablauf darstellen, wurden schon beschrieben. Auch auf die Phase der Instruktion und die selbstentdeckende Lernphase wurde

¹³² Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 40.

¹³³ Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014, S. 40.

im Verlauf dieser Arbeit schon genauer eingegangen. Es fehlt also nur noch die Beschreibung für den Ablauf des Einstiegs, des Schlusses und die Gestaltung der Übergänge zwischen den verschiedenen Phasen. Diese werde ich kurz und knapp in diesem Abschnitt beschreiben.

Wenn die Klasse den Raum betritt, Sorge ich dafür, dass mir Aufmerksamkeit geschenkt wird. Dann begrüße ich sie und bitte die Kinder, ihre Jacken auf den Tisch zu legen, der sich in der Ecke des Raumes befindet, und ihre Rucksäcke darunter. Anschließend bitte ich alle Kinder, sich ein Namensschild zu schreiben und des Klebeetikett auf die Brust zu kleben. Wenn alle fertig sind, bitte ich sie, sich vorne im Kinostuhl einen Platz zu suchen. Sobald alle Kinder sitzen und aufmerksam zuhören, heiße ich sie nochmals an der Goethe Universität willkommen und nenne meinen Namen. Anschließend schildere ich den gesamten Ablauf des Vormittags:

1. Wir werden Einiges über Magnete herausfinden und lernen; dafür habe ich ein paar Experimente vorbereitet.
2. Dann werdet ihr zu zweit selber mit Magneten forschen, dafür bekommt ihr von mir ein Forscherheft (Heft zeigen).
3. Am Ende schreibt ihr dann noch einen kleinen Test, den ich vorbereitet habe, um zu gucken, wie gut ihr alles verstanden habt.

Danach beginne ich, wie schon in einem vorherigen Kapitel beschrieben, mit der durch Demonstrationsversuchen gestützten Instruktionsphase. Nach Beendigung dieser Phase gebe ich noch Informationen zu dem Ablauf der Arbeitsphase:

1. Es wird in Partnerarbeit geforscht (wenn ungerade Schülerzahl, dann eine 3er Gruppe)
2. Es ist wichtig, dass ihr genau lest, was ihr auf jeder Seite machen sollt.
3. Ihr forscht an eurem Tisch, den ihr euch gleich sucht.
4. Es ist egal, in welcher Reihenfolge ihr die verschiedenen Stationen bearbeitet.
5. Ihr holt euch eine Stations-Kiste und bringt sie zurück, wenn ihr fertig seid.
6. Station 12 wird nicht an eurem Tisch geforscht, sondern hier vorne.

7. Es gibt noch eine Königsstation, die macht ihr aber erst, falls ihr mit allen anderen fertig geworden seid.
8. Ihr könnt anfangen zu forschen, sobald ihr ein Forscherbuch und euren Partner gefunden habt.
9. Wir machen in regelmäßigen Abständen Pausen, die ich vorher ansage.

Dann bitte ich die Kinder sich langsam und leise in einer Reihe anzustellen, damit ich die Forscherhefte verteilen kann. Nach Absprache mit der Lehrkraft und Beobachtung der Konzentration der Kinder folgen in der Experimentierphase zwei Pausen von ca. 15 bis 20 Minuten. Je nach Arbeitstempo und Konzentrationsgrad der Kinder wird die Experimentierphase nach ca. 2 Stunden langsam beendet. Ich Sorge für Aufmerksamkeit und bitte die Kinder dann langsam zum Ende zu kommen und nicht mehr anzufangen, an neuen Stationen zu forschen. Wenn alle ihre Stationen zusammengepackt und sie nach vorne gebracht haben, warte ich, bis die Kinder wieder ruhig auf ihren Plätzen sitzen und sage ein paar Worte zu dem folgenden Test:

- Verhaltet euch bitte ruhig.
- Arbeitet selbstständig.
- Bei Verständnisfragen meldet euch bitte leise.
- Wenn ihr fertig seid, meldet euch, dann sammle ich den Test ein.
- Bleibt dann bitte die letzten Minuten einfach ruhig sitzen, damit die anderen auch noch eine Chance haben sich zu konzentrieren.

Nach diesen Anmerkungen teile ich den Test aus und die Kinder dürfen mit der Bearbeitung beginnen. Verständnisfragen werden während des Tests von mir und den Betreuern beantwortet. Wenn alle Kinder fertig und die Tests eingesammelt sind, bedanke ich mich bei den Kindern für die gute Mitarbeit und den schönen Vormittag. Es folgt eine kurze Reflexion darüber, wie es ihnen gefallen hat. Schlussendlich verabschiede ich mich und wünsche ihnen einen guten Rückweg zur Schule.

4. Forschungsfragen

Aus den theoretischen Grundlagen für das Schülerlabor und aus den Testergebnissen aus A. Rachels Studie ergeben sich inhaltlich-konzeptuelle Forschungsfragen. Zu jeder dieser Forschungsfragen wurde im Vorfeld eine Hypothese aufgestellt, in welcher der vermutete Ausgang formuliert wurde.¹³⁴ Die erste Forschungsfrage widmet sich dem Verständnis der Frankfurter Schüler auf Phänomenebene des Magnetismus.

Forschungsfrage 1:

Können Schülerinnen und Schüler in Frankfurt durch den Besuch des Schülerlabors ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus auf Phänomenebene erwerben?

Sowohl in der Instruktion als auch bei Experimenten in der schülerzentrierten Experimentierphase können die Phänomene des Magnetismus gut beobachtet werden. Deshalb kann „angenommen werden, dass weder Anziehungs-Abstoßungs-Regeln noch Magnetisierung und Magnetisierbarkeit von Eisen Schwierigkeiten bereiten.“¹³⁵ Außerdem ist zum Verständnis auf Phänomenebene kein explizit abstraktes Denken nötig, was den Kindern Schwierigkeiten bereiten könnte.

Hypothese 1:

Schülerinnen und Schüler in Frankfurt können Wissen über die Phänomene erwerben und anwenden.

Die zweite Forschungsfrage beschäftigt sich damit, ob Frankfurter Schüler Phänomene des Magnetismus auch theoretisch erklären können.

¹³⁴ Rachel: Auswirkungen instrukionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 151.

¹³⁵ Rachel: Auswirkungen instrukionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 152.

Forschungsfrage 2:

Können Schülerinnen und Schüler in Frankfurt durch den Besuch des Schülerlabors ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus auf Theorieebene erwerben?

Um diese Frage beantworten zu können, muss man überlegen, ob Kinder der dritten und vierten Klasse das Eisen-Magnet-Modell verstehen können. Nach Piagets Stufentheorie befinden sich Kinder in der dritten und vierten Klasse noch nicht im formal-operationalen Stadium der Entwicklung und sollen noch nicht zu abstraktem und wissenschaftlichem Denken fähig sein. Aus neuen Forschungen wurde allerdings ersichtlich, dass auch schon jüngere Kinder bei entsprechendem Vorwissen in der Lage sind, abstrakt zu denken. Da das Vorwissen in der vorhergehenden Instruktion explizit thematisiert und vermittelt wird, kann vermutet werden, dass auch schon Grundschüler in der Lage sind, mit dem Modell umzugehen und es zur Erklärung von Phänomenen des Magnetismus anzuwenden.¹³⁶

Hypothese 2:

Schülerinnen und Schüler in Frankfurt können durch das Verstehen und Anwenden des Eisen-Magnet-Modells ein konzeptuelles Verständnis auf Theorieebene erwerben.

Die dritte Forschungsfrage überprüft, ob das konzeptuelle Verständnis zum Magnetismus in unterschiedlichen Klassenstufen verschieden ausfällt.

Forschungsfrage 3:

Sind Leistungsunterschiede bezüglich des konzeptionellen Verständnisses zum Magnetismus zwischen dritten und vierten Klassen Frankfurter Schulen zu erkennen?

¹³⁶ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 153.

Da die vierten Klassen in der Schule schon ein Jahr länger Zeit hatten Kompetenzen jeglicher Art zu verbessern und in einer selbstorganisierten Arbeitsphase viele Kompetenzen benötigt werden, ist zu erwarten, dass die vierten Klassen eine bessere Leistung erbringen werden als die dritten Klassen. Schon allein die Lesekompetenz, welche ich für die selbstständige Arbeitsphase als sehr wichtig betrachte, sollte in der vierten Klasse deutlich besser sein und die Gesamtleistung erhöhen.

Gerade auf Theorieebene könnte ich mir recht große Unterschiede zwischen den beiden Klassenstufen vorstellen, da sie dem Alter nach näher an der Stufe des formalen Denkens (zwölf Jahre) nach Piaget sind. Betrachtet man das Entwicklungsstufenmodell, ist es erst in dieser Entwicklungsstufe möglich, abstrakt und hypothetisch zu denken, was eine Voraussetzung für das Denken auf Theorieebene darstellt. Ich nehme an, dass in der kognitiven Entwicklung innerhalb eines Jahres viel geschehen kann. Die Leistungen der vierten Klassen könnten vermutlich besser sein, da die kognitive Entwicklung altersbedingt schon mehr ausgeprägt ist.

Hypothese 3:

Es ist zu erwarten, dass die Leistungen der vierten Klassenstufe über denen der dritten Klassenstufe liegen.

Die vierte Forschungsfrage widmet sich dem Städtevergleich. Unterscheiden sich die Lernleistungen zwischen Münchner und Frankfurter Schülerinnen und Schülern?

Forschungsfrage 4:

Sind die Leistungen der Münchner oder Frankfurter Klassen zum konzeptionellen Verständnis des Magnetismus besser?

Die Statistik „Migranten in Großstädten“¹³⁷ Deutschlands von der Bundeszentrale für politische Bildung gibt Aufschlüsse über den prozentualen Anteil von Migranten in deutschen Großstädten. Laut Statistik aus dem Jahr 2011 sind es in München 36%, in Frankfurt ist ein Wert von 43% aufgeführt.

Als wichtigen Bezugspunkt für das Verständnis von naturwissenschaftlichen Themen sehe ich die Sprachkompetenz an. Gerade um naturwissenschaftliche Themen zu verstehen, bei deren Vermittlung oft Fachbegriffe und im normalen Sprachgebrauch eher selten genutzte Wörter verwendet werden, ist eine solide sprachliche Basis von Vorteil. In einer Veröffentlichung des Bundesamtes für Migration und Flüchtlinge, die auf der Analyse verschiedener Studien und Datenquellen basiert, wird geschrieben, dass der Sprachstand von Migrationskindern in Deutschland bei Vorschulkindern als problematisch zu beurteilen ist. Es zeigen sich Defizite bei mündlichen Sprachfertigkeiten wie bei dem Sprachverstehen und dem Wortschatz.¹³⁸ Auch „bundesweit durchgeführte Studien im Grundschulalter und in der Mittelstufe zeigen Defizite bei den sprachlichen Leistungen von Migrationskindern. Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund hinken hinsichtlich ihrer Lesekompetenzen weit hinter Kindern und Jugendlichen ohne Migrationshintergrund her.“¹³⁹

„Der Leistungsvorsprung von Schülerinnen und Schülern ohne Migrationshintergrund vor ihren Mitschülerinnen und Mitschülern mit Migrationshintergrund beträgt [...] einem geschätzten Leistungszuwachs von über einem Lernjahr.“¹⁴⁰

Da ich einen Zusammenhang zwischen der Sprachkompetenz und den Leistungen vermute und der Anteil an Migranten in München geringer ist als in Frankfurt, gehe ich davon aus, dass die Leistungen der Münchner Klassen etwas

¹³⁷ Bundeszentrale für politische Bildung: Statistik: Migrantenanteil in deutschen Großstädten wächst. (<http://www.bpb.de/gesellschaft/migration/newsletter/148820/migrantenanteil-in-deutschen-grossstaedten-waechst>, Datum des Zugriffs: 28.11.2015).

¹³⁸ Haug, Sonja: Sprachliche Integration von Migranten in Deutschland. Nürnberg 2008, S. 5.

¹³⁹ Haug: Sprachliche Integration von Migranten in Deutschland, S. 5.

¹⁴⁰ Bos, Wilfried/K. Schwippert/I. Tarelli/A. Bremerich-Vos: Iglu 2011. Lesekompetenzen von Grundschulern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster 2012, S. 199.

besser sein müssten. Neben diesem Aspekt spricht vor allem das höhere Alter der Münchner Schulklassen für einen besseren Leistungsausgang. Im Gegensatz zur Studie in München, an der ausschließlich vierte Klassen teilgenommen haben, werden das Schülerlabor in Frankfurt drei dritte und zwei vierte Klassen besuchen. Als Begründungen besserer Leistungen im höheren Alter können dieselben Argumente genutzt werden, die bei der Forschungsfrage drei zur Aufstellung der Hypothese herangezogen wurden.

Zwar hoffe und erwarte ich, dass sich die inhaltlichen und methodischen Anpassungen, die ich bei der Erstellung des Schülerlabors vorgenommen habe, positiv auf die Lernleistungen auswirken, ich gehe aber nicht davon aus, dass dies die eben genannten Gründe für bessere Leistungen der Münchner Klassen egalisieren kann.

Hypothese 4:

Die Leistungen der Münchner Schulen zum konzeptionellen Verständnis zum Thema Magnetismus sind besser als die der Frankfurter Schulen.

Die fünfte und letzte Forschungsfrage beschäftigt sich mit der generellen Lernbarkeit des Themas Magnetismus in der Grundschule durch die Lernumgebung eines Schülerlabors.

Forschungsfrage 5:

Bietet das erstellte Schülerlabor eine Möglichkeit, um Schülerinnen und Schülern in Frankfurt ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus zu vermitteln?

Ein Schülerlabor als außerschulischer Lernort, bei dem vorgegebene Experimente zu einer bestimmten Thematik durchgeführt werden, kann es leisten, Schülerinnen und Schülern Inhalte wirklich verständlich und nachvollziehbar zu machen.¹⁴¹ Durch die vorhergehende fragend - entwickelnde Instruktion anhand von Demonstrationsversuchen wird den Schülerinnen und

¹⁴¹ Guderian: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte, S. 12.

Schülern das nötige Wissen vermittelt, um effektiv forschen zu können und ein Verständnis für Magnetismus zu erlangen.

Hypothese 5:

Das Schülerlabor zum Thema Magnetismus führt zu einem konzeptuellen Verständnis des Magnetismus.

5. Reflexion und Evaluation des Schülerlabors

In diesem Abschnitt der Arbeit werde ich die Durchführungen der Schülerlabore reflektieren. Anschließend folgt eine Beschreibung des Posttests, anhand dessen ich die Schülerleistungen evaluiert habe.

Nachdem ich die für meine Forschungsfragen relevanten Ergebnisse der Studie aus München aufgeführt habe, folgt die Ergebnispräsentation der Lernleistungen von den Frankfurter Schulen nach der Durchführung des Schülerlabors. Im letzten Teil dieses Abschnitts werde ich Ergebnisse auf die Forschungsfragen übertragen und so die Hypothesen prüfen.

5.1. Reflexion der praktischen Durchführungen

Das Schülerlabor „Magnetismus“ wurde von fünf Klassen und insgesamt 102 Schülerinnen und Schülern besucht. Die Anzahl der Jungen gegenüber den Mädchen war mit 50:52 ziemlich ausgeglichen. Die fünf Klassen, die an dem Schülerlabor teilgenommen haben, kamen aus unterschiedlichen Klassenstufen. Es haben drei dritte Klassen und zwei vierte Klassen an dem Schülerlabor teilgenommen.

Insgesamt bin ich mit dem Ablauf der Schülerlabore sehr zufrieden. Es gab keine Klasse, mit der es Disziplinprobleme gab und meiner Beurteilung zur Folge hatten die Kinder viel Spaß beim Forschen zum Thema Magnetismus.

Die Instruktionsphase hat bei allen Durchführungen eine Zeitspanne zwischen ca. 25 und 35 Minuten eingenommen. Trotz dieser langen Zeitspanne der Instruktion, in der die Kinder ruhig auf den Stühlen sitzen mussten, war das Interesse und die Konzentration bei allen Klassen durchgehend vorhanden. Ich

hätte im Vorfeld nicht erwartet, dass das Interesse und die Motivation in der gesamten Instruktion so konstant bleiben würde. Doch anscheinend haben die Demonstrationsversuche begeistert und die konstante Aktivierung der Kinder hat dazu beigetragen, dass keine Zeit geblieben ist, um Langweile aufkommen zu lassen. Viele Kinder konnten sich durch die Gestaltung der Instruktion (vermute - beobachte - erkläre) beteiligen. Manche Kinder gaben Vermutungen ab, die auf Vorerfahrungen beruhten, andere wendeten ihr Vorwissen auf die verschiedenen Fragestellungen an und wollten stolz ihr Wissen zeigen. Dadurch, dass die Kinder auch immer wieder ihre Beobachtungen beschreiben sollten, konnten sich auch die Kinder beteiligen, die sich sonst nicht getraut hätten, eine Vermutung vor der gesamten Klasse zu äußern.

Die Demonstrationsexperimente haben alle funktioniert, die Kinder haben gut mitgearbeitet und auch die gemeinsame Erarbeitung der Tafelbilder bereitete den Kinder keine Schwierigkeiten.

In einer Reflexion der Instruktionsphase mit den Betreuern des Schülerlabors nach der ersten Durchführung wurden mir noch Verbesserungstipps und Vorschläge für die folgenden Instruktionen gegeben. Die Klebepunkte, die im zweiten Experiment als Markierung auf den Magneten geklebt werden, habe ich bei den folgenden Instruktionen so geklebt, dass sie auch von den Kindern gesehen werden konnten. Dies war bei der ersten Instruktion nicht der Fall, da ich sie oben auf die Magneten geklebt hatte. So waren sie zwar für mich selbst gut sichtbar, doch für den eigentlichen Zweck, den Kindern einen Anhaltspunkt zu geben, völlig unnütz. Auch der Tipp, die Versuche mit dem Magnetstärkemessgerät nicht auf meiner Schulterhöhe, sondern etwas tiefer durchzuführen, damit die Kinder die Magnetringe besser sehen, habe ich versucht umzusetzen. Auch weitere Verbesserungsvorschläge, die Kinder gerechter aufzurufen und ein paar ungünstige Formulierungen zu vermeiden, habe ich in den folgenden Instruktionsphasen so gut wie möglich berücksichtigt und angewendet. Es gab mehrmals die Frage, warum sich das magnetisierte Eisenstück nach einer gewissen Zeit wieder entmagnetisiert. Ich habe gemerkt, dass die Erklärung zur Beantwortung der Frage in einem Experiment hätte durchgeführt werden müssen, da die folgende Erklärung, dass sich die kleinen Magnetchen, die man sich im Innern eines Eisenstücks vorstellt und die sich nach einer Zeit wieder aus der parallelen Anordnung lösen, wenn kein Magnet

mehr in der Nähe ist und man diesen Vorgang durch Erhitzung und Erschütterung beschleunigen kann, zu theoretisch ist. Für später folgende Durchführungen des Schülerlabors würde ich anregen, ein dazu passendes Experiment durchzuführen. Ich habe darauf verzichtet, weil die Voraussetzungen aller Klassen vor der Durchführung des Tests gleich sein sollten.

Die Experimentierphasen der Schülerlabore liefen hingegen relativ unterschiedlich ab. Es gab Klassen, die wirklich sehr konzentriert und gewissenhaft jede Station, wie im Forscherbuch beschrieben, bearbeitet haben und andere Klassen, bei denen zwischenzeitlich immer öfter mit den Magneten gespielt und nicht ganz so gewissenhaft mit dem Forscherbuch gearbeitet wurde. Bis auf zwei bis drei Ausnahmen an Kindern hatten nach meinen Beobachtungen alle Spaß am Forschen. Wie ich nach der Auswertung der Tests zu meiner Überraschung immer wieder feststellen musste, konnte man von der Arbeitsweise der Kinder in der Experimentierphase keine Rückschlüsse auf die Lernleistung ziehen. Ein Beispiel: Bei einer Klasse war ich mir wegen eines sehr unorganisierten und konfuse Arbeitsverhaltens und vielen Phasen, in denen mehr gespielt als geforscht wurde, sicher, dass die Leistungen schlechter ausfallen würden als bei anderen Klassen, doch das war zu meiner Überraschung nach der Auswertung des Posttests nicht der Fall. Das spricht dafür, dass auch das Spielen mit den verschiedenen Materialien in den Stationskisten einen Lerneffekt haben muss. Die Lernleistungen einer sehr disziplinierten und gewissenhaften Klasse hingegen blieben völlig unter meinen Erwartungen.

Zwischen den dritten und vierten Klassen waren klare Unterschiede im Arbeitstempo während der Experimentierphase zu erkennen, was wahrscheinlich zum Großteil an einer höheren Lesekompetenz gelegen hat. Es war zwar schwer, genau den Überblick zu behalten, welches Tandem schon wie viele Stationen bearbeitet hat, aber bei den vierten Klassen hat ungefähr die Hälfte aller Forschertandems alle Stationen geschafft. Soweit ich das beobachten konnte, haben alle Forschergruppen zwischen acht und 15 Stationen behandelt. Nicht bedacht habe ich, dass man die Königsstation öfter als in zweifacher Ausführung hätte vorbereitet haben müssen. Bei beiden vierten Klassen waren mehr als zwei Gruppen zeitgleich fertig, doch die beiden Königsstationen waren schon vergeben und die Gruppen mussten warten. Bei den anderen Stationen

war das nie der Fall. Bei einer maximalen Klassenstärke von 22 Kindern ergeben sich 11 Gruppen. Bei 14 Stationen, die jeweils zweimal zur Verfügung stehen, stehen also insgesamt 28 Stations-Kisten zur Auswahl. Deshalb war es für die Kinder kein Problem, eine Station zu finden, die frei war und die sie noch nicht bearbeitet hatten (auch weil die Reihenfolge der Bearbeitung nicht vorgeschrieben war).

Bei den dritten Klassen hingegen hat keine Gruppe alle 14 Stationen geschafft. Die Anzahl der bearbeiteten Stationen lag nach meinen Beobachtungen bei allen Forschergruppen bei sechs bis zwölf Stationen.

Verständnisfragen zu Formulierungen in dem Forscherbuch waren bei den Drittklässlern spürbar häufiger als bei den vierten Klassen.

Bei den Stationen drei „Anziehung - Abstoßung“ und elf „Das Eisen-Magnet-Modell“ ist mir zunehmend aufgefallen, dass das Bild, auf dem das Versuchsmaterial abgebildet ist, für Verwirrung gesorgt hat. Bei Station drei haben viele Kinder die Magnete ausschließlich genau so zueinander platziert, wie auf dem Bild dargestellt ist und dann beobachtet, ob sich die Magnete anziehen oder abstoßen und dies entsprechend im Forscherbuch angekreuzt. Den Kindern war nicht bewusst, dass sie versuchen sollten, die Magneten in allen möglichen Variationen zueinander zu positionieren und dabei zu beobachten, was passiert. Bei dieser Station müsste entweder das Bild geändert werden oder die Arbeitsanweisung deutlicher formuliert werden. Bei Station elf sorgte das Magnetsymbolschild für Verwirrung. Die Anordnung der Pfeilchen / Magnetchen auf dem Holzbrett stimmt nicht mit der Vorstellung des Eisen-Magnet-Modells überein. Die Magnetsymbolkarte befindet sich in der Nähe eines Eisenstücks, aber die Magnetchen im Eisenstück zeigen in alle Richtungen.

Bei Station 14 „Die rätselhaften Nägel“ kam es, wie ich beobachten konnte, vermehrt zu technischen Schwierigkeiten. Oft wurde der Versuchsaufbau so gestaltet, dass die beiden Schnüre ,an denen die Nägel befestigt sind, nicht genau gleich lang waren. Dadurch haben sich die beiden Nägel angezogen, anstatt sich abzustößen. Das eigentliche Lernziel der Station wurde deshalb verfehlt. Aus diesem Grunde habe ich immer beobachtet, wo die Station sich gerade befindet und bei Bedarf geholfen.

Des Öfteren wurde vergessen, Materialien zurück in die Stationskiste zu legen oder Stationsmaterialien wurden versehentlich gemischt. Es ist zu überlegen, ob es sinnvoll wäre, jeder Station eine Karte beizulegen, auf welcher der Stationsinhalt vermerkt ist.

Außerdem gab es Probleme mit den Magneten. Die kleinen Neodym-Ringmagneten, die in Station eins C verwendet wurden, gehen viel zu leicht kaputt. Wie ich beobachtet habe, brachte die Station den Kindern viel Spaß und die anziehende und abstoßende Wirkung von Magneten kann spielerisch gut gelernt werden. Leider fällt mir keine Lösungsmöglichkeit ein, um dieses Problem zu umgehen, außer immer wieder neue kleine Neodym-Ringmagneten zu kaufen. Größere Neodym-Ringmagneten sind zwar stabiler, aber auch stärker. Die Kinder würden es nicht schaffen, diese voneinander zu trennen, und außerdem wäre die Verletzungsgefahr durch die höhere Anziehungskraft zu hoch. Deshalb schließt sich diese Möglichkeit aus.

Einige Magneten verloren im Laufe der Schülerlabore durch Erschütterungen (z.B. durch auf den Tisch fallen lassen) ihre magnetische Wirkung. Das ist prinzipiell für den Verlauf des Schülerlabors nicht schlimm, solange die magnetische Wirkung nicht komplett verloren geht. Bei Station fünf „Welcher Magnet ist am stärksten?“ ist der Verlust der magnetischen Wirkung allerdings gravierend, denn manche Magneten hatten sich irgendwann so stark entmagnetisiert, dass die Lösungen im Forscherbuch plötzlich anders waren als geplant.

Nach einer gewissen Anzahl an Schülerlabordurchführungen wird die magnetische Wirkung der Magneten jedoch so gering sein, dass die Experimente nicht mehr durchführbar sind. Auch die gemeinsame Lagerung aller Stationen mitsamt den Magneten in einer großen Kiste ist für den Erhalt der magnetischen Wirkung alles andere als optimal.

Man muss auf Dauer schauen, ob man die Magnete wieder magnetisieren kann oder sie in regelmäßigen Abständen austauschen, was finanziell sehr kostspielig wäre.

Den sich an die Experimentierphase anschließenden Test haben die Kinder in Still- und Einzelarbeit selbstständig bearbeitet. Auch hier war wie in der Experimentierphase auffällig, dass die Drittklässler mehr Verständnisfragen zu den Aufgabenstellungen hatten als die Viertklässler und nicht wussten, was sie

bei manchen Aufgaben tun sollten. Bei den ersten beiden Durchläufen hatte ich mir im Vorhinein nicht genau überlegt, was die Schülerinnen und Schüler tun sollten, die den Test schon fertig ausgefüllt hatten. So kam es bei der ersten Durchführung zu Unruhe, da Kinder anfangen, weiter zu experimentieren. Das zeigt zwar, dass ihnen das Forschen sehr viel Spaß gemacht hat, ist aber für die Konzentration der Kinder suboptimal, die noch damit beschäftigt sind, den Test zu bearbeiten. Bei der zweiten anwesenden Klasse hat die Lehrkraft ihre Kinder, die schon fertig waren, mit einer Begleitperson aus dem Raum geschickt, damit sie ihre Mitschüler nicht störten. Das führte dazu, dass es keinen richtigen Abschluss des Schülerlabors gab. Die Kinder sind teilweise vor dem Raum und teilweise auf dem Hof herumgerannt. Erst als die Klasse schnell weg zur Bahn musste und sich alle Kinder wieder versammelt hatten, hatte ich die Möglichkeit, mich bei ihnen zu bedanken und mich zu verabschieden. Eine Reflexion war nicht mehr möglich.

Deshalb habe ich mich nach den beiden ersten Durchführungen entschieden, die Kinder, die eher fertig sind als ihre Mitschüler, zu bitten, ruhig auf ihren Plätzen sitzen zu bleiben. So hatte ich die Möglichkeit, das Schülerlabor in der Klassengemeinschaft richtig zum Abschluss zu bringen und eine kleine Reflexionsrunde durchzuführen, um zu erfahren, wie ihnen das Schülerlabor gefallen hat. Das Feedback war durchweg positiv. Der Gesamtkonsens war, dass sie Spaß am Forschen hatten und viel Neues über Magneten gelernt haben, was sie vorher nicht wussten. Der einzige negative Aspekt, den ein paar Schülerinnen und Schülern genannt haben war, dass sie nicht alle Stationen bearbeiten konnten.

Nachdem mir bei der Auswertung der ersten Tests auffiel, dass viele Kinder nicht wussten, welche Materialien von einem Magneten angezogen, abgestoßen und magnetisiert werden können und oft eine Übergeneralisierung auf andere Metalle zu erkennen war, fiel mir ein, dass es darauf zurückzuführen sein musste, dass nicht alle Gruppen die Station zwei durchgeführt haben und die unbefriedigenden Ergebnisse aus diesem Grund zustande kamen. Station zwei ist die einzige Station, in der dieser prinzipiell einfache Lerninhalt vermittelt wurde. Weder in der Instruktion noch an irgendeiner anderen Station konnte diese Information erarbeitet werden. Bei den folgenden Schülerlaboren haben

die Betreuer und ich darauf geachtet, dass jede Gruppe Station zwei verbindlich durchführt.

5.2. Informationen zur statistischen Erhebung - Der Posttest

Der Posttest, den ich zur Auswertung der Lernleistungen durch mein Schülerlabor genutzt habe, wurde extra für die Studien von Alexander Rachel konzipiert. Man hat sich entschieden, geschlossene Aufgaben zu nutzen, da diese wesentlich mehr Aufschluss über den Wissenszuwachs der Kinder geben können als offene Aufgaben. Neben Multiple-Choice Aufgaben und Aufgaben, bei denen die Kinder umkreisen mussten, ob die Aussage zutreffend oder falsch war, gab es ebenfalls Aufgaben, bei denen die Kinder Pfeilchen (als Platzhalter für Magnetchen) und Buchstaben für die Pole (N / S) in Darstellungen einzeichnen mussten, um diese zu vervollständigen.¹⁴²

Der Test besteht aus neun Aufgaben, die sich zum Großteil aus mehreren Aufgabenstellungen zusammensetzen. So entstanden insgesamt 26 Items, die in dem Test ausgewertet werden und Informationen über das Verständnis zum Thema Magnetismus aufzeigen. Jedes Item wurde der Phänomenebene oder der Theorieebene zugeordnet, um in der Evaluation direkt erkennen zu können, ob die Kinder nur ein Phänomenwissen aufgebaut oder auch die Theorie verstanden haben, die hinter den Phänomenen steckt. Anders formuliert: Haben die Kinder nur Kenntnisse von Phänomenen (direkt beobachtbar) und Wissen über funktionale Zusammenhänge zwischen den Phänomenen oder können sie sich die Phänomene auch mit Hilfe des Eisen-Magnet-Modells erklären?

Die Regeln zur Bewertung der Items kann der Dissertation Rachels entnommen werden. Die Items wurden jeweils entweder mit „0“ bei einer falschen oder unvollständigen Antwort oder mit „1“ bei einer richtigen Antwort gewertet.¹⁴³

In der folgenden Tabelle werde ich aufzeigen, welche Items zu welcher Aufgabenstellung gehören und welches Wissen bei den jeweiligen Items untersucht und geprüft wird.

¹⁴² Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 177.

¹⁴³ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 178.

ITEMS ZUR PRÜFUNG DER PHÄNOMENEbene:

5. Welche **Materialien** werden von einem **Magneten** angezogen? Kreuze an!



- ☐ Aluminium
- ☐ Plastik
- ☐ Gummi
- ☐ Holz



- ☐ Kupfer
- ☐ Eisen
- ☐ Wolle
- ☐ Papier

MAGAN

- Nur Eisen wird von einem Magneten angezogen

1. Welches **Material** wird in der Nähe eines Magneten **selbst** zu einem **Magneten**? Kreuze an!



- ☐ Papier
- ☐ Kupfer
- ☐ Eisen
- ☐ Wolle



- ☐ Holz
- ☐ Aluminium
- ☐ Plastik
- ☐ Gummi

MATMAG

- Nur Eisen wird angezogen
- Eisen wird angezogen, weil es magnetisiert wird

4. Richtig oder Falsch ? Umkreise bei jedem Satz!



	richtig	falsch
Ein Magnet kann einen anderen Magneten abstoßen.	RF1	
Ein Magnet kann einen anderen Magneten anziehen.	RF2	
Ein Magnet stößt ein Eisenstück immer ab.	RF3	
Ein Magnet macht aus einem Eisenstück einen Magnet.	RF4	

- Magneten ziehen sich an oder stoßen sich ab
- Ein Eisenstück kann durch einen Magneten magnetisiert werden, was zur Folge hat, dass es sich selbst wie ein Magnet verhält

3. Vor dir liegen zwei Magnete. Ergänze jeweils auf den freien Linien in den Kreisen „N“ (für den Nordpol) und „S“ (für den Südpol), dass die Aussagen stimmen!

a) Diese beiden Magnete ziehen sich an.

MAGPOL1



b) Diese beiden Magnete stoßen sich ab.

MAGPOL2



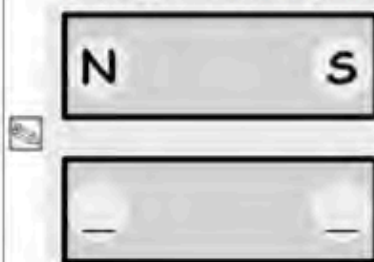
c) Diese beiden Magnete ziehen sich an.

MAGPOL3



d) Diese beiden Magnete stoßen sich ab.

MAGPOL4



- Gleichnamige Pole stoßen sich ab
- Ungleichnamige Pole ziehen sich an
- Polregel kann auf verschiedene räumliche Anordnungen angewendet werden

9. Ein Magnet wird in die Nähe eines Eisennagels gebracht.

a) Richtig oder Falsch ? Umkreise! NAGELMAG

		richtig	falsch
Der Magnet...	...macht die Nägel zu Magneten.		
	...beeinflusst die Nägel nicht.		

Umkreise Richtig oder Falsch ! **NAGELANAB**

		richtig	falsch
Die beiden Nägel ...	... stoßen sich gegenseitig ab.		
	... ziehen sich gegenseitig an.		
	... beeinflussen sich nicht.		

- Magnete können Eisen magnetisieren
- Gleiche Pole stoßen sich ab (Polregeln sind bekannt)

ITEMS ZUR PRÜFUNG DER THEORIEEBENE:

2. Wie können wir uns Eisen und Magnete von innen vorstellen?
Kreuze jeweils alle richtigen Aussagen, die zu den darüberstehenden Bildern passen an!

	ja	nein		ja	nein
Eisen magnetisiert	☐	☐ EM_EISENMAG	Eisen magnetisiert	☐	☐
Eisen unmagnetisiert	☐	☐ EM_EISENUNMAG	Eisen unmagnetisiert	☐	☐
Magnet	☐	☐ EM_MAGNET	Magnet	☐	☐

- Eisen-Magnet-Modell verstanden
 - Parallele Ausrichtung der Magnetchen → Eisen magnetisiert / Magnet
 - Durcheinander zeigende Magnetchen → Eisen unmagnetisiert

6. Zeichne jeweils fünf beliebige Magnetchen (oder) richtig ein! **Die Spitze ist der magnetische Nordpol!**
 Bei den Polen steht N für Nordpol, S für Südpol und X für keine Pole!

PFEILE1

PFEILE2

- Eisen-Magnet Modell verstanden

- o Magnetchen können richtig eingezeichnet werden
- o Polentstehung durch Anordnung der Magnetchen

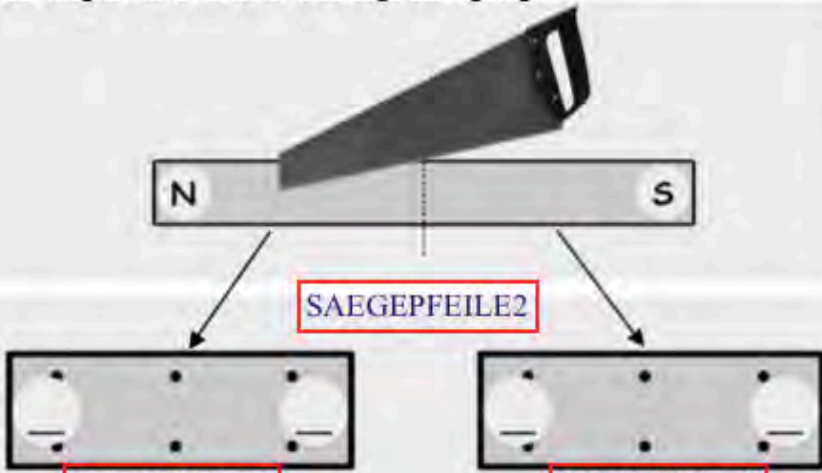
7.

a) Zeichne die Magnetchen ( oder ) in den Magnet!

SAEGEPFEILE1



b) Der Magnet wird mit einer Eissäge durchgesägt!



SAEGEPFEILE2

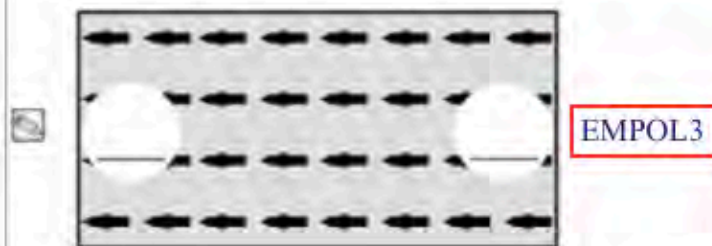
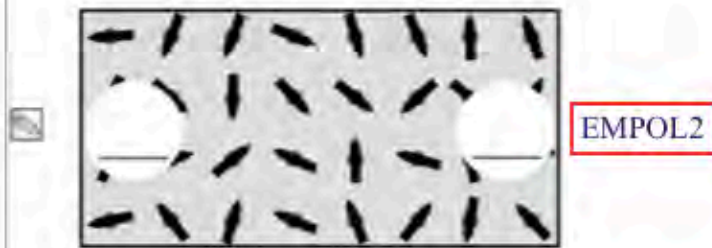
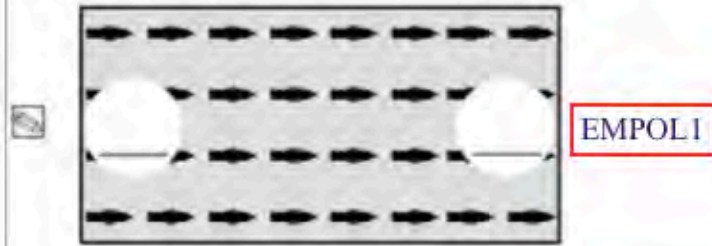
SAEGEPOLE1

SAEGEPOLE2

- Zeichne die Magnetchen ( oder ) in die zwei entstandenen Stücke!
- Ergänze auf den Linien in den Kreisen die richtigen Pole der Stücke (N = Nordpol, S = Südpol, X = kein Pol).

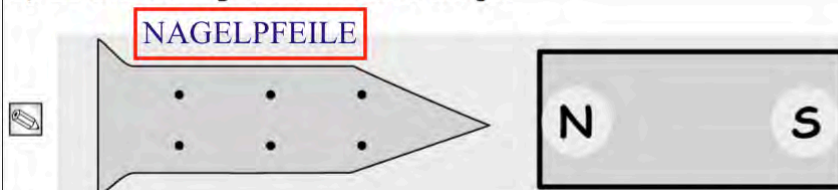
- Eisen-Magnet-Modell verstanden
 - o Magnetchen richtig einzeichnen können
 - o Teilt man einen Magneten entstehen zwei neue
 - o Pole richtig einzeichnen können

8. Beschrifte in den Magneten / Eisenstücken jeweils alle Pole richtig
(N = Nordpol, S = Südpol, X = Kein Pol)!

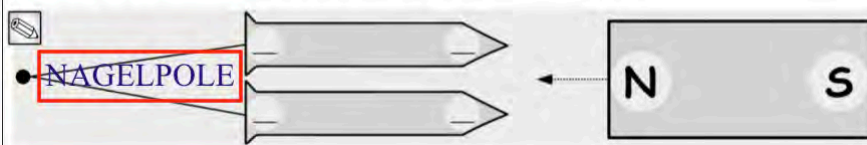


- Eisen-Magnet-Modell verstanden
 - Polentstehung durch Anordnung der Magnetchen
 - Pole einzeichnen können

b) Zeichne die Magnetchen in den Eisennagel!



c) Nun werden zwei gleiche Nägel wie abgebildet durch Fäden festgehalten und der Magnet von rechts genähert.
Trage in beiden Nägeln die richtigen Pole ein!



- Eisen-Magnet-Modell verstanden
 - Magnetchen richtig eintragen können (Transfer auf Nagelform)

Tabelle 2: Posttest; Item-Zuordnung & untersuchtes / überprüfetes Wissen durch Items

Die nicht kognitiven Fragestellungen habe ich aus dem Test herausgenommen, da ich für diese in dieser Arbeit keine Verwendung gefunden hätte.

5.3. Ergebnisse der kognitiven Leistungen im Städtevergleich

5.3.1. Ergebnisse der Münchner Klassen

Alexander Rachels Studie aus München hat gezeigt, dass Grundschüler der vierten Klassenstufe aus München in der Lage sind, ein Verständnis von Magnetismus zu erwerben.

Die Lernbarkeit auf Phänomenebene wurde durch die Studienergebnisse bestätigt. Die Kinder erreichten beim Posttest ein hohes Wissen auf der Phänomenebene¹⁴⁴ und es „ließ sich [...] ein großer Lernerfolg verzeichnen“¹⁴⁵

Das heißt, die Kinder besitzen direkt beobachtbare Kenntnisse von Phänomenen und Wissen über funktionale Zusammenhänge zwischen den bekannten Phänomenen. Sie wissen beispielsweise, dass und welche Pole von Magneten sich abstoßen oder anziehen und Eisen magnetisiert werden kann.

Doch es konnte nicht nur ausschließlich nachgewiesen werden, dass Grundschüler ein Phänomenwissen zum Thema Magnetismus aufbauen können. Sie waren ebenfalls in der Lage, ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus aufzubauen, also sich die Phänomene und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Phänomenen mit Hilfe des Eisen-Magnet-Modells verstehbar und nachvollziehbar zu machen.

„Selbst wenn die deskriptiven Ergebnisse keine derart hohen Werte wie auf Phänomenebene aufweisen, so kann doch davon ausgegangen werden“¹⁴⁶, dass

¹⁴⁴ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 213.

¹⁴⁵ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 297.

¹⁴⁶ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 223.

ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus auf Theorieebene erworben werden kann. „Die hohen deskriptiven Ergebnisse [von über 50%] legen eine gute Lernbarkeit des Wissens auf Theorieebene nahe.“¹⁴⁷

Rachel schreibt, dass die guten Ergebnisse der Grundschüler auf Theorieebene zeigen, „dass die Stufentheorie von Piaget nicht ohne Weiteres auf alle Domänen angewendet werden kann.“¹⁴⁸ Als Voraussetzung war allerdings eine Vermittlung von Vorwissen durch eine Lehrperson nötig.

Nachdem beschrieben worden ist, dass die Kinder der Münchner Grundschule in der Lage sind, Wissen sowohl auf Phänomen- als auch auf Theorieebene aufzubauen, möchte ich näher auf die genauen Zahlen der statistischen Erhebung Rachels eingehen, um eine Vorstellung davon zu erhalten, welche genauen Lernleistungen dazu geführt haben, dass Rachel die Lernbarkeit auf Phänomen und Theorieebene als bestätigt ansieht. Außerdem werde ich die genauen Zahlen in einem späteren Teil dieser Arbeit zur Klärung mancher Forschungsfragen benötigen.

Da Rachel den Ergebnissen seiner Studie nach für den besten Lernerfolg eine Instruktionsphase am Anfang der Unterrichtseinheit (wegen nachhaltigen Lernerfolgs) in Kombination mit einer relativ offenen selbstständigen Experimentierphase empfiehlt,¹⁴⁹ werde ich diese Testergebnisse genauer aufführen. Da ich mich für eine eher angeleitete Variante der Experimentierphase für das Schülerlabor entschieden habe, werde ich auch diese Ergebnisse aufführen, da diese für den später folgenden Vergleich ebenfalls von Bedeutung sein werden.

Rachel nennt diese verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Phasen „Treatments“ und verwendet für die eben aufgeführten Durchführungsmöglichkeiten Abkürzungen, die ich an dieser Stelle nennen und erklären möchte und der Einfachheit halber übernehme:

VEI - NIEDRIG = Vorhergehende expositorische Instruktion in Verbindung mit einer Experimentierphase mit niedrigem Grad an inhaltlicher Unterstützung.
oder

¹⁴⁷ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 298.

¹⁴⁸ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 303.

¹⁴⁹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 314.

VEI - HOCH = Vorhergehende expositorische Instruktion in Verbindung mit einer Experimentierphase mit hohem Grad an inhaltlicher Unterstützung.
In der folgenden Tabelle sind die genauen Ergebnisse der für meine Arbeit relevanten Durchführungsmöglichkeiten zu sehen.

Prozentuale Lösungshäufigkeit...	VEI - NIEDRIG	VEI – HOCH
auf Phänomenebene	77,7% (22,5)	78,3% (19,5)
auf Theorieebene	63,5% (28,3)	57,2% (29,8)
Gesamt	70,05%	66,94%

Tabelle 3: Prozentuale Lösungshäufigkeiten der beiden Treatments (Standardabweichung in Prozent)¹⁵⁰

Da die prozentuale Lösungshäufigkeit für Phänomen- und Theorieebene zusammen (Gesamt) in der Dissertation nicht vermerkt ist, habe ich diese ausgerechnet, um die prozentuale Lösungshäufigkeit des gesamten Tests zu haben, die ebenfalls als Vergleichsmittel zwischen Münchener und Frankfurter Schülerinnen und Schülern dienen kann. Dabei musste die nicht gleich verteilte Anzahl an Punkten für Phänomen- und Theorieebene beachtet werden, um das richtige Ergebnis zu berechnen. Daraus resultiert folgende Formel:

$$\begin{array}{c}
 12/26 \times \text{prozentuale Lösungshäufigkeit} \\
 \text{Phänomenebene} \\
 + \\
 14/26 \times \text{prozentuale Lösungshäufigkeit Theorieebene} \\
 = \\
 \text{prozentuale Lösungshäufigkeit des Gesamttests}
 \end{array}$$

Wie man der Tabelle mit den Testergebnissen entnehmen kann, hat die Gestaltung des Begleitmaterials für die Experimentierphase keine wirklich unterschiedlichen Ergebnisse auf der Phänomenebene gebracht. Das angeleitete

¹⁵⁰ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 207 + 214.

Begleitmaterial führte zu einem Leistungsgewinn von lediglich 0,6% gegenüber dem offenem und kann somit als gleich angesehen werden.

Auf Theorieebene hingegen sind deutlichere Unterschiede zwischen den Gestaltungsvarianten zu erkennen. Das offene Begleitmaterial führte zu einem Leistungsgewinn von 6,3% gegenüber dem angeleiteten, welcher deutlicher ausfällt als der unerhebliche Leistungsgewinn der Phänomenebene.

„Ein niedriger Grad an inhaltlicher Unterstützung bewirkt eine längere Beschäftigung mit den Stationen sowie eine erhöhte Kommunikation auf fachlicher Ebene. Dies könnte ein Grund für die [...] höhere Verarbeitungstiefe des offenen Arbeitsmaterials gegenüber dem stark strukturierten Material sein“¹⁵¹ und die etwas besseren Testergebnisse des offen gestalteten Arbeitsmaterials begründen.

¹⁵¹ Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 305.

5.3.2. Ergebnisse der Frankfurter Klassen

Möchte man das durchgeführte Schülerlabor nach Rachels „Treatments“ einordnen, entspricht es dem Treatment der vorhergehenden expositorischen Instruktion in Verbindung mit einer Experimentierphase mit hohem Grad an inhaltlicher Unterstützung (VEI – HOCH).

Nach der Korrektur des Posttests und Auswertung der Ergebnisse haben sich für die Durchführungen des Schülerlabors folgende Ergebnisse ergeben, die ich in der folgenden Tabelle aufgeführt habe. Neben den Leistungen aller Klassen habe ich noch eine Aufteilung in dritte und vierte Klassenstufen vorgenommen, da diese zur Beantwortung der vierten Forschungsfrage benötigt werden.

Prozentuale Lösungshäufigkeit...	VEI – HOCH	
	Alle Klassen	
auf Phänomenebene	84,56% (12,75)	
auf Theorieebene	61,06% (23,47)	
Gesamt	71,91% (14,9)	
	3. Klassen	4. Klassen
auf Phänomenebene	73,70% (12,48)	88,69% (11,76)
auf Theorieebene	60,61% (24,21)	61,73% (22,79)
Gesamt	70,30% (15,23)	74,18% (14,67)

Tabelle 4: Prozentuale Lösungshäufigkeiten des Schülerlabors nach Klassenstufen (Standardabweichung in Prozent)

Wie die in der Tabelle aufgelisteten Werte zustandegekommen sind, kann im Anhang E nachvollzogen werden. Auch ein Einblick in die genauen Testergebnisse jeder Testperson wird dort gegeben.

5.4. Prüfung der Forschungsfragen

5.4.1. Können Schülerinnen und Schüler in Frankfurt durch den Besuch des Schülerlabors ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus auf Phänomenebene erwerben?

Die aufgestellte Hypothese zur ersten Forschungsfrage war:

Schülerinnen und Schüler in Frankfurt können Wissen über die Phänomene erwerben und anwenden.

Prozentuale Lösungshäufigkeit...	VEI – HOCH
auf Phänomenebene	84,56% (12,75)

Tabelle 5: Prozentuale Lösungshäufigkeit des Schülerlabors Phänomenebene (Standardabweichung)

Die Testergebnisse zeigen, dass Frankfurter Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, ein konzeptuelles Verständnis von Magnetismus auf Phänomenebene aufzubauen. Mit einer prozentualen Lösungshäufigkeit von durchschnittlich 84,56% (entspricht einem Mittelwert von 10,15 bei 12 Punkten möglichen Punkten) der Items, die ein Wissen auf der Phänomenebene abgefragt haben, kann man die Hypothese als bestätigt ansehen. Eine geringe Standardabweichung von 12,75% (1,53 Punkte bei 12 möglichen auf Phänomenebene) bekräftigt die Hypothese ebenfalls. Auch wenn man sich an den Aussagen von Rachel orientiert, ist diese Hypothese deutlich bestätigt. Der folgenden Graphik kann entnommen werden, wie viel Prozent der Kinder, welche Punktzahl auf der Phänomenebene erreicht haben.

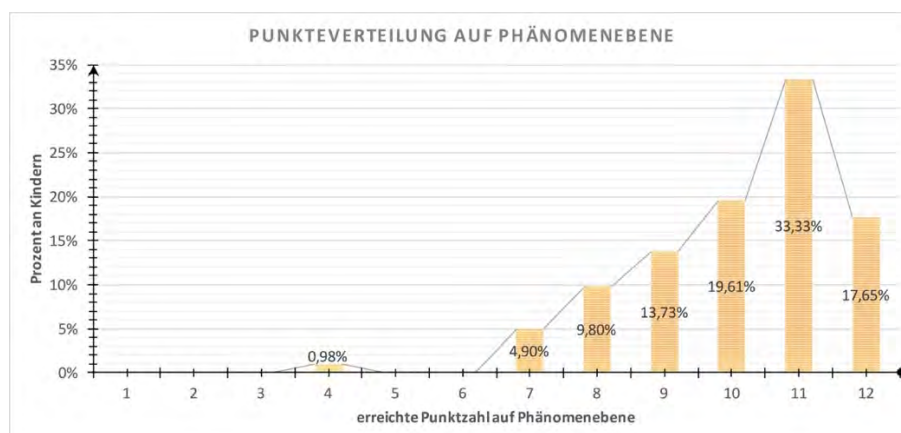


Abbildung 12: Punkteverteilung auf Phänomenebene

Man kann eine Art Normalverteilung im höheren Punktbereich erkennen, die zur Standardabweichung passt und wodurch die hohe durchschnittliche prozentuale Lösungshäufigkeit eindeutig zu erklären ist. Aufgaben, bei denen kein abstraktes Denken erforderlich ist, stellen für die meisten Kinder kein Problem dar.

Um genauer sehen zu können, welche Phänomene mehr und welche weniger verstanden wurden, habe ich mir die Items betrachtet und überlegt, welches Phänomenwissen man zur Lösung jedes Items benötigt. Es bildeten sich drei grundlegende Phänomene heraus, denen ich die entsprechenden Items zugeteilt habe, um zu prüfen, wie viel Prozent der Kinder dieses Phänomen bekannt war. Die Phänomene waren:

1. Nur Eisen wird angezogen
2. Gleiche Pole von Magneten stoßen sich ab und ungleiche Pole ziehen sich an
3. Eisen ist magnetisierbar / in der Nähe eines Magneten wird Eisen selbst zu einem Magneten

Diesen Überlegungen zur Folge wussten 81,37% der Kinder, dass nur Eisen angezogen wird. 92,86% der Kinder kannten die Polregeln und 82,84% der Kinder war bewusst, dass Eisen magnetisierbar ist.

Schaut man sich die Tests nochmal genauer an, wird deutlich, dass bei den Items MAGAN und MATMAG häufig eine Übergeneralisierung auf andere Metalle stattgefunden hat, was die geringere Lösungshäufigkeit von Phänomen 1 erklärt. Mit dieser Fehlvorstellung wurden die Kinder im Alltag höchstwahrscheinlich oft konfrontiert, so dass das eine Experiment in der Forscherphase nicht für einen Konzeptwechsel ausgereicht hat.¹⁵² Oder es liegt daran, wie in einem vorhergehenden Teil schon erwähnt, daran, dass nicht alle Gruppen diese Station bearbeitet haben.

Dass sich gleiche Pole abstoßen und ungleiche Pole anziehen, war noch nicht vielen Kindern bekannt. Die meisten kannten nur die anziehende Wirkung eines Magneten. Ein Konzeptwechsel war anscheinend einfacher möglich, da keine

¹⁵² Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, 301.

konkreten Vorstellungen existierten, wie sich zwei Magnete beeinflussen. Das führte eventuell zu der hohen Lösungshäufigkeit von knapp 93%. Die geringere Lösungshäufigkeit von Items, bei denen die Magnetisierbarkeit von Eisen thematisiert wurde, liegt meiner Meinung nach an der Formulierung. Es wurde immer nur davon gesprochen, dass ein Magnet aus Eisen selbst einen Magneten macht und das haben nach meiner Beobachtung nicht alle Kinder verstanden und müsste in der Instruktion expliziter oder öfter erwähnt und erklärt werden.

5.4.2. Können Schülerinnen und Schüler in Frankfurt durch den Besuch des Schülerlabors ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus auf Theorieebene erwerben?

Die aufgestellte Hypothese zur zweiten Forschungsfrage war:

Schülerinnen und Schüler in Frankfurt können durch das Verstehen und Anwenden des Eisen-Magnet-Modells ein konzeptuelles Verständnis auf Theorieebene erwerben.

Prozentuale Lösungshäufigkeit...	VEI – HOCH
auf Theorieebene	61,06% (23,47)

Tabelle 6: Prozentuale Lösungshäufigkeit des Schülerlabors auf Theorieebene (Standardabweichung)

Selbst wenn die durchschnittliche prozentuale Lösungshäufigkeit auf Theorieebene mit 61,06% (entspricht einem Mittelwert von 8,55 bei 14 Punkten möglichen Punkten) keine so hohen deskriptiven Werte wie auf Phänomenebene aufzeigt, lässt sich ein Lernerfolg verzeichnen und eine Lernbarkeit des Wissens auf Theorieebene liegt nahe. Die Hypothese, dass ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus auf Theorieebene erworben werden kann, wäre aus A. Rachels Sicht bestätigt. Werte von durchschnittlichen Lösungshäufigkeiten von über 50% bei den Grundschulern reichen in seiner Studie aus, um diese Hypothese als bestätigt anzusehen. Also kann ich davon ausgehen, dass sich meine Hypothese mit einer durchschnittlichen prozentualen Lösungshäufigkeit von 61,06% ebenfalls bestätigt hat.

Die relativ hohe Standardabweichung von 23,43% (3,29 Punkte bei 14 möglichen auf Theorieebene), die eine relativ große Streuung der Testergebnisse

der einzelnen Kinder bedeutet, zeigt jedoch, dass das Verständnis auf Theorieebene bei manchen Kindern zu erheblichen Schwierigkeiten führt. Der folgenden Graphik kann entnommen werden, wie viel Prozent der Kinder, welche Punktzahl auf der Theorieebene erreicht haben.

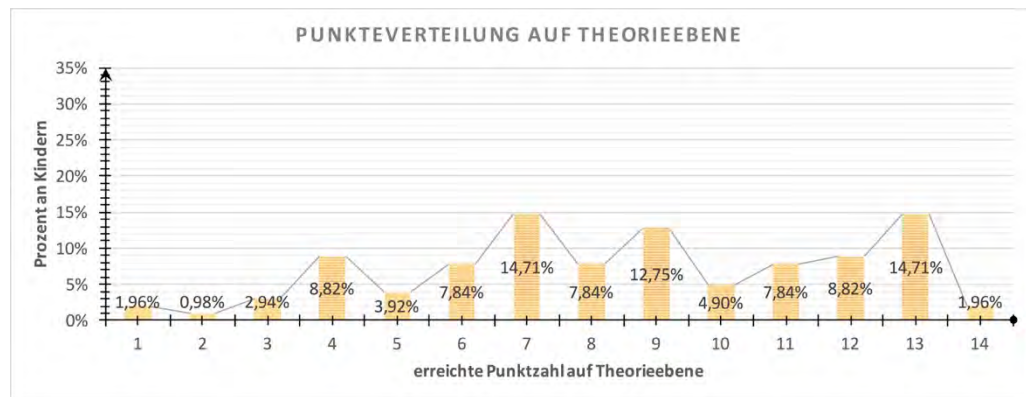


Abbildung 13: Punkteverteilung auf Theorieebene

Man kann erkennen, dass die Ergebnisse der Theorieebene relativ regelmäßig auf den Punktebereich von vier bis dreizehn Punkten verteilt sind. Die niedrigen Extreme (eins bis drei Punkte und vierzehn Punkte) passen schon eher zu einer Normalverteilung. Man kann die deutlich höheren Standardabweichungen anhand des Graphen nachvollziehen. Durch diese heterogeneren Schülerleistungen kann die geringere durchschnittliche prozentuale Lösungshäufigkeit eindeutig erklärt werden.

Man kann erkennen, dass das abstrakte Denken einigen Schülerinnen und Schülern Probleme bereitet.

Deshalb würde ich mit A. Rachels Aussage, dass die guten Ergebnisse der Grundschüler auf Theorieebene zeigen, „dass die Stufentheorie von Piaget nicht ohne Weiteres auf alle Domänen angewendet werden kann“¹⁵³ und Kinder im Grundschulalter sehr wohl in der Lage sind, das abstrakte Eisen-Magnet-Modell zu verstehen und anzuwenden, nicht ganz übereinstimmen.¹⁵⁴

Auch meine Testergebnisse zeigen, dass es Schülerinnen und Schüler gibt, die dies ohne Probleme leisten können, doch fast genau so viele haben ihre Probleme damit. Bei einer noch höheren Standardabweichung von ca. 30% in Rachels

¹⁵³ Rachel: Auswirkungen instruktorischer Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 303.

¹⁵⁴ Rachel: Auswirkungen instruktorischer Hilfen bei der Einführung des Magnetismus, S. 303.

Studie (Schülerlabor 23,43%) müssten die Leistungsunterschiede sogar noch extremer / heterogener ausgefallen sein.

Eine Lösungshäufigkeit von 61.06% lässt darauf schließen, dass das Thema Magnetismus auch auf Theorieebene von Grundschulern verstanden werden kann, doch aufgrund der Heterogenität der Leistungen, aus der dieser Mittelwert entstanden ist, bezweifle ich, dass sich die Hypothese wirklich komplett bestätigt hat.

5.4.3. Sind Leistungsunterschiede bezüglich des konzeptionellen Verständnisses zum Magnetismus zwischen dritten und vierten Klassen Frankfurter Schulen zu erkennen?

Die aufgestellte Hypothese zur zweiten Forschungsfrage war:

Es ist zu erwarten, dass die Leistungen der vierten Klassenstufe über denen der dritten Klassenstufe liegt.

Prozentuale Lösungshäufigkeit...	VEI – HOCH	
	3. Klassen	4. Klassen
auf Phänomenebene	73,70% (12,48)	88,69% (11,76)
auf Theorieebene	60,61% (24,21)	61,73% (22,79)
Gesamt	70,30% (15,23)	74,18% (14,67)

Tabelle 7: Prozentuale Lösungshäufigkeiten des Schülerlabors im Vergleich nach Klassenstufen (Standardabweichung)

Wie man in der Tabelle sehen kann, hat die differenzierte Betrachtung der Testergebnisse gezeigt, dass die Gesamtleistungen der vierten Klassenstufe mit 74,18% ca. vier Prozent höher liegen als die der dritten Klassenstufe.

Die Hypothese, dass die Leistungen der vierten Klassen besser sein werden als die der dritten Klassen, hat sich somit bestätigt.

Betrachtet man die prozentualen Lösungshäufigkeiten auf den verschiedenen Ebenen, wundert man sich vielleicht, wie diese Überlegenheit von ca. vier Prozent zustande gekommen ist.

Die durchschnittliche prozentuale Lösungshäufigkeit der Viertklässler auf Phänomenebene ist ca. 15% höher als die der Drittklässler. Da für den Aufbau des Phänomenwissens kein abstraktes Wissen erforderlich ist, ist es

verwunderlich, dass die Leistungsunterschiede auf dieser Ebene so gravierend sind. Auf der Theorieebene hingegen, für die ein abstraktes und hypothetisches Denken nötig ist, macht der Entwicklungsvorsprung von einem Jahr hingegen, entgegen meinen Erwartungen, keinen Unterschied. Ein Vorsprung der vierten Klassenstufen von ca. einem Prozent liegt weit unter dem von mir erwarteten Diskrepanzen auf dieser Ebene und ist nicht bedeutend. Betrachtet man die Standardabweichungen, kann man sehen, dass die Leistungen der Viertklässler etwas homogener verteilt sind als die der Drittklässler.

Dies kann auch den folgenden Graphiken entnommen werden, die eine genaue Punkteverteilung der unterschiedlichen Klassenstufen auf den verschiedenen Ebenen und des Gesamttests zeigen.



Abbildung 14: Klassenstufenvergleich der Punkteverteilung Gesamt

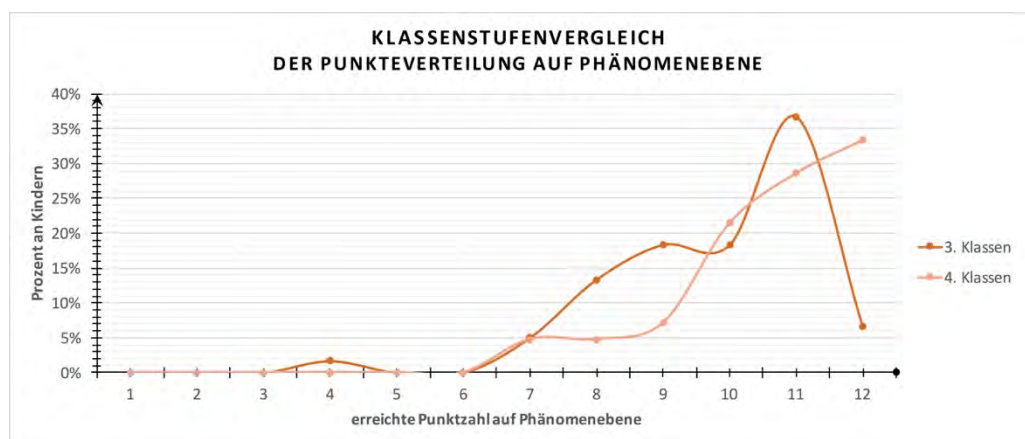


Abbildung 15: Klassenstufenvergleich der Punkteverteilung auf Phänomenebene

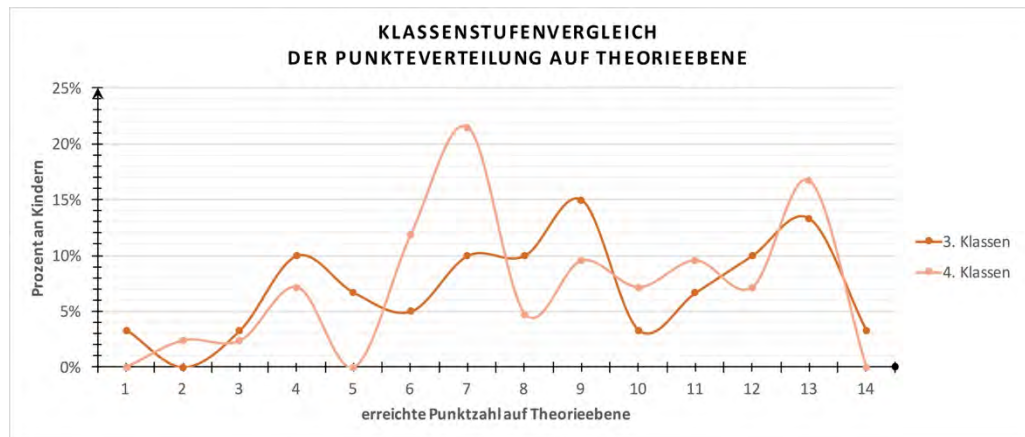


Abbildung 16: Klassenstufenvergleich der Punkteverteilung auf Theorieebene

Betrachtet man die Lernbarkeit beider Klassenstufen getrennt nach Theorie- und Phänomenebene, kann man ein Verständnis von Magnetismus auf Phänomenebene, trotz der unerwartet hohen Differenzen zwischen den Klassenstufen, sowohl bei Drittklässlern als auch bei Viertklässler bestätigen. Mit Ausnahme zweier Kinder der dritten Klassenstufe liegt die durchschnittliche Lösungshäufigkeit aller Kinder auf Phänomenebene bei über 58%. 80% der Drittklässler und sogar 90,48% der Viertklässlern haben mehr als Dreiviertel der möglichen Punkte erreicht. Auf Theorieebene kann man keine solch homogenen Ergebnisse erkennen. Die Lernbarkeit auf Theorieebene ist ausgeglichen und bei beiden Klassenstufen sehr heterogen verteilt. Die Lernbarkeit der beiden Klassenstufen auf Theorieebene ist, aufgrund der nahezu gleichen Ergebnisse wie die Lernbarkeit auf Theorieebene (klassenstufenunabhängig) im letzten Kapitel zu bewerten.

Wodurch die hohen Leistungsunterscheide auf Phänomenebene zustande gekommen sind, kann man leider nicht sagen. Die kognitive Entwicklung spielt dabei sicherlich eine Rolle. Allerdings finde ich keine logische Erklärung dafür, dass es beim Verständnis der kognitiv anspruchsvolleren Theorieebene quasi keine Leistungsunterschiede zwischen den Klassenstufen gibt, dagegen aber bei dem kognitiv weniger anspruchsvollen Verständnis auf Phänomenebene ein so großer Unterschied besteht. Normalerweise müssten ältere Schülerinnen und Schüler eher in der Lage sein als jüngere, abstrakte Denkweisen zu nutzen.

5.4.4. Sind die Leistungen der Münchner oder Frankfurter Klassen zum konzeptionellen Verständnis des Magnetismus besser?

Die aufgestellte Hypothese zur zweiten Forschungsfrage war:

Die Leistungen der Münchner Schulen zum konzeptionellen Verständnis zum Thema Magnetismus sind besser als die der Frankfurter Schulen.

Prozentuale Lösungshäufigkeit...	Frankfurt	München	
	VEI - HOCH	VEI - HOCH	VEI - NIEDRIG
auf Phänomenebene	84,56% (12,75)	78,3% (19,5)	77,7% (22,5)
auf Theorieebene	61,06% (23,47)	57,2% (29,8)	63,5% (28,3)
Gesamt	71,91% (14,9)	66,94%	70,05%

Tabelle 8: Prozentuale Lösungshäufigkeit im Städtevergleich (Standardabweichung)

Um die Hypothese beantworten zu können, vergleiche ich die Ergebnisse des Posttests nach der Durchführung des Schülerlabors mit den Leistungen der Münchner Schulen. Neben dem Treatment VEI – HOCH, das dem Konzept meines Schülerlabors entspricht, möchte ich die Lernleistungen ebenfalls mit dem Treatment VEI – NIEDRIG vergleichen, welches der Studie nach die besten Lernleistungen gebracht hat beziehungsweise bringen soll.

Die Hypothese, dass das konzeptuelle Verständnis zum Thema Magnetismus an Münchner Schulen besser ist als an Frankfurter Schulen, kann widerlegt werden. Die Gesamtlernleistung der Frankfurter Schulen liegt mit durchschnittlich 71,91% über den Leistungen der Münchner Schulen. Die Frankfurter Schulen liegen sowohl beim Lernleistungsvergleich mit dem Treatment VEI – HOCH als auch mit dem Treatment VEI – NIEDRIG vor den Münchner Schulen.

Die Münchner Schulen erreichten bei diesen beiden Treatments durchschnittliche Lösungshäufigkeiten von 66,94% beziehungsweise 70,05% und liegen so mit beiden unter den durchschnittlichen Ergebnissen der Frankfurter Schulen. Sogar im Vergleich mit dem von der Studie als am vielversprechendsten befundenem Treatment VEI - NIEDRIG liegen die Gesamtlernleistungen der Frankfurter Schulen ca. zwei Prozent vorne.

Die folgende Graphik zeigt die durchschnittlichen prozentualen Lösungshäufigkeiten auf Phänomenebene, Theorieebene und Gesamt für die unterschiedlichen Treatments aus Frankfurt und München.

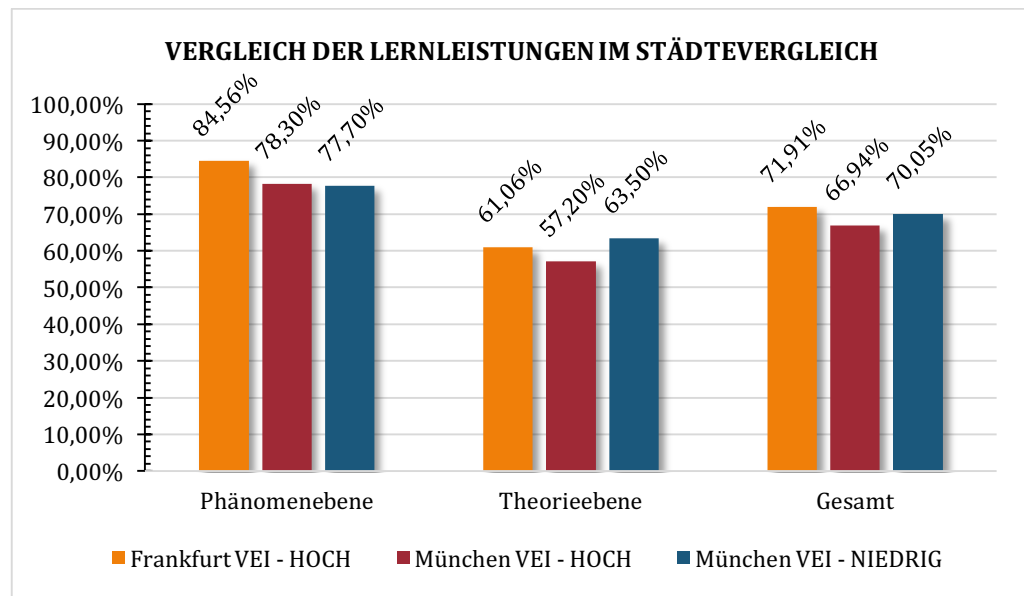


Abbildung 17: Vergleich der Lernleistungen im Städtevergleich

Die noch folgenden Vergleiche finden ausschließlich mit dem Treatment VEI – NIEDRIG aus München statt, da dies als am erfolgreichsten befunden wurde. Vergleicht man Phänomenebene und Theorieebene getrennt voneinander, bemerkt man auf Phänomenebene einen durchschnittlichen Wissensvorsprung von sieben Prozent. Die Münchner Schulen haben allerdings auf Theorieebene einen Vorsprung von 2,5 Prozent, der auch durch das höhere Durchschnittsalter der Münchner Klassen zustande gekommen sein könnte.

Vergleicht man die Standardabweichungen, stellt man fest, dass die durchschnittlichen Frankfurter Lernleistungen deutlich homogener verteilt sein müssen (Phänomenebene 12,75% : 22,5%; Theorieeben 23,47% : 28,3%).

Betrachtet man all diese Vergleiche, kann man sagen, dass die Lernleistungen der Frankfurter Schulen besser waren. Wesentlich niedrigere Standardabweichungen auf allen Ebenen und deutlich bessere Leistungen auf Phänomenebene übertrumpfen den leichten Wissensvorsprung der Münchner Schulen auf Theorieebene. Die Hypothese kann somit als widerlegt angesehen werden. Das geringere Durchschnittsalter der Frankfurter Schülerinnen und Schüler lässt das Ergebnis noch erstaunlicher erscheinen und positiv wirken.

Leider nicht zu bewerten ist die Nachhaltigkeit des Lernerfolgs, da nach der Durchführung der Schülerlabore keine zeitverzögerten Posttests von den Frankfurter Schulen durchgeführt wurden.

5.4.5. Bietet das erstellte Schülerlabor eine Möglichkeit, um Schülerinnen und Schülern in Frankfurt ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus zu vermitteln?

Die aufgestellte Hypothese zur dritten Forschungsfrage war:

Das Schülerlabor zum Thema Magnetismus führt zu einem konzeptuellen Verständnis des Magnetismus.

Prozentuale Lösungshäufigkeit...	VEI – HOCH
	Alle Klassen
auf Phänomenebene	84,56% (12,75)
auf Theorieebene	61,06% (23,47)
Gesamt	71,91% (14,9)

Tabelle 9: Prozentuale Lösungshäufigkeit des Schülerlabors Gesamt (Standardabweichung)

Wie in den den vorherigen Kapiteln dieser Arbeit begründet, habe ich mich entgegen den Studienergebnissen, denen zu Folge sich eine schülerzentrierte Lernphase mit offenem Lernmaterial als besonders lernförderlich erwies, dafür entschieden, ein angeleitetes Lernmaterial zu verwenden.

Wie bei den Forschungsfragen eins und zwei, anhand der Ergebnisse des Posttests und den Ergebnissen der Studie aus München begründet, kann durch den Besuch des Schülerlabors auch mit diesem Treatment (VEI - HOCH) ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus bei Frankfurter Schülerinnen und Schülern sowohl auf Phänomenebene als auch auf Theorieebene erworben werden.

Da der Test ausschließlich aus diesen beiden Ebenen besteht, deren Lernbarkeit sich bestätigt hat, kann man daraus schließen, dass das Schülerlabor eine gute Möglichkeit zur Vermittlung eines konzeptuellen Verständnisses zum Thema Magnetismus darstellt.

Daraus folgend führt die Betrachtung der Gesamtlernleistung ebenfalls zur Bestätigung der Hypothese, dass das Schülerlabor zu einem konzeptuellen Verständnis des Magnetismus geführt hat. Die Gesamtlernleistung der Frankfurter Klassen liegt mit durchschnittlich 71,91% knapp zwei Prozent über der durchschnittlichen Gesamtlernleistung der Münchner Klassen (durchschnittliche Gesamtlernleistung von 70,05%).

Nach den Ergebnissen der Studie zu urteilen, haben die Frankfurter Schülerinnen und Schüler mit der nicht ganz so lernförderlichen Zusammensetzung der Lehr-Lernumgebung ein besseres Gesamtergebnis erreicht als die Münchner Klassen mit dem der Studie zufolge vielversprechendsten Treatment, und das trotz des geringeren Durchschnittsalters der Frankfurter Schülerinnen und Schüler (bedingt durch Schülerlaborbesuche dritter Klassenstufen).

Es ist jedoch anzumerken, dass die Ergebnisse der Münchner Klassen auf Theorieebene etwas besser waren (ca. 2,5%). Die Leistung der Frankfurter Schulen waren dafür auf Phänomenebene, die mit einer durchschnittlichen Lernleistung die 15% über jener der Münchner liegt, deutlich besser.

Eine homogenere Leistungsverteilung im Vergleich mit den Münchner Klassen spricht ebenfalls dafür, dass ein Schülerlabor eine Möglichkeit bietet, um ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus zu ermöglichen.

Ob das Schülerlabor jedoch genau so nachhaltige Lernleistung bringt wie die in München angewendete Durchführung, darüber kann ich, wie ich in den Ausführungen der vorherigen Forschungsfrage schon erwähnt und begründet habe, wegen der nicht vorhandenen Ergebnisse keine Aussage treffen.

Das erstellte Schülerlabor bietet eine Möglichkeit, um Frankfurter Schülerinnen und Schülern ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus zu vermitteln.

Die folgenden Graphiken zeigen die absolute Häufigkeit an Kindern pro erreichter Punktzahl aller Klassen und getrennt nach Klassen.

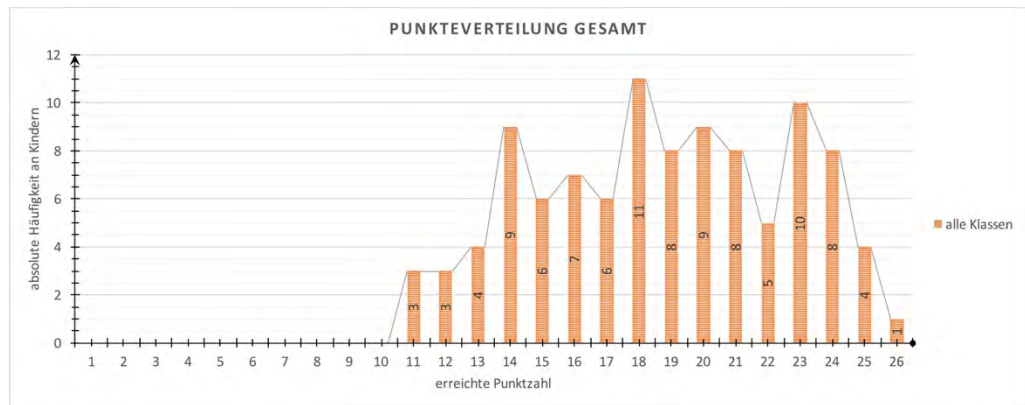


Abbildung 18: Punkteverteilung Gesamt

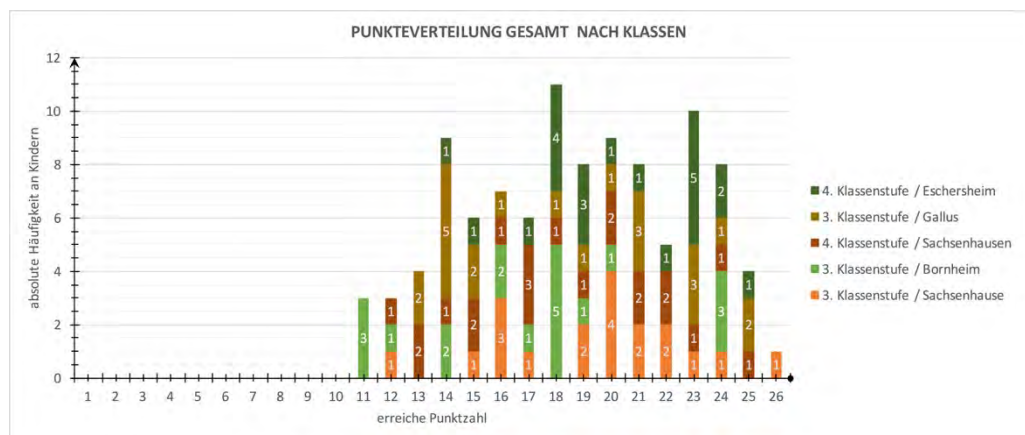


Abbildung 19: Punkteverteilung Gesamt nach Klassen

6. Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, ein Schülerlabor zum Thema Magnetismus auf Grundlage A. Rachels Dissertation „Auswirkungen instruktorischer Hilfen bei der Einführung des (Ferro-) Magnetismus“ zu erstellen sowie die Durchführung des Schülerlabors und die Lernleistungen der Kinder durch das Schülerlabor zu evaluieren. Die Evaluation hat gezeigt, dass die Durchführung des Schülerlabors ein Erfolg war. Und nicht nur die Lernleistungen waren positiv, man konnte den Kindern ansehen, dass sie während des Schülerlabors viel Spaß am Zuhören, Mitarbeiten, Forschen und Experimentieren hatten.

Entscheidend für die Auswahl der Lehr- Lernumgebung waren theoretische Überlegungen, die Studienergebnisse Rachels sowie Erkenntnisse aus der Lehrerfortbildung.

Es hat sich gezeigt, dass durch eine direkte Instruktion der Lehrkraft zu Beginn des Schülerlabors bei den Kindern ein Phänomenwissen aufgebaut wurde, dass

es ihnen ermöglicht hat, die verschiedenen Stationen in der anschließend folgenden selbstentdeckenden Experimentierphase zu bearbeiten und zu verstehen. Das erlangte Phänomenwissen wurde in der direkten Instruktion durch ein gelenktes Unterrichtsgespräch, unterstützt durch Demonstrationsexperimente, aufgebaut.

Es konnte festgestellt werden, dass die Kinder in dieser Phase des Schülerlabors durchgehend konzentriert und geduldig waren, interessiert zugehört und gut mitgearbeitet haben.

Was die Experimentierphase betrifft, kann man festhalten, dass die Kinder neugierig waren, ihr erlangtes Wissen aus der Instruktionsphase auszuprobieren, sich mit ihrer Experimentierfreude gut auf die Aufgaben eingelassen haben, was bestimmt auch an der Transparenz der Aufgabenstellungen und der immer wiederkehrenden Schritt für Schritt Bearbeitung lag: Vermutung - Beobachtung (Überprüfung) - Erklärung, die sie dazu veranlasst hat, wissen zu wollen und damit zu überprüfen, ob ihre angestellten Vermutungen richtig waren.

Auch die Auswertung des im Anschluss an die selbstentdeckende Experimentierphase von den Schülerinnen und Schülern bearbeiteten Posttests hat bestätigt, dass die gewählte Vorgehensweise mit vorhergehender Instruktionsphase und anschließender Experimentierphase geeignet ist, um Kindern das Wissen über Phänomene des Magnetismus zu vermitteln. Des Weiteren hat der Test gezeigt, dass sich die Kinder durch das Schülerlabor die Phänomene des Magnetismus durch die Verwendung des Eisen-Magnet-Modells erklären können, es ihnen also möglich ist, Magnetismus auch auf Theorieebene zu verstehen.

Das entwickelte Schülerlabor zum Thema Magnetismus für die Grundschule stellt also eine gute Möglichkeit dar, um ein konzeptuelles Verständnis zum Thema Magnetismus aufzubauen, da Wissen sowohl auf Phänomenebene als auch auf Theorieebene aufgebaut werden kann.

Eine weitere Feststellung, die durch den Posttest deutlich wurde ist, dass die Lernleistungen der Frankfurter Schülerinnen und Schüler insgesamt über denen der Münchner Schülerinnen und Schüler liegen und viel homogener verteilt sind, obwohl die Frankfurter Schülerinnen und Schüler jünger sind, da auch dritte Klassen das Schülerlabor besucht haben.

Es wurde durch den Posttest zwar festgestellt, dass die Lernleistungen der Frankfurter Klassen besser sind als die der Münchner Klassen, was aber nicht darauf schließen lässt, dass die Frankfurter Schülerinnen und Schüler intelligenter oder schlauer sind. Sie haben zwar im selben Test besser abgeschnitten als die Münchner Schülerinnen und Schüler, doch die Voraussetzungen vor dem Test waren nicht die selben.

Durch die von mir vorgenommenen Änderungen bei der direkten Instruktion, der grundlegenden Umgestaltung des Forscherhefts und der Verwendung zusätzlicher und abgeänderter Stationen in der selbstentdeckenden Experimentierphase kann man keine valide Aussage über die kognitiven Leistungen zwischen Frankfurter und Münchner Klassen treffen.

Dazu hätte ich die in der Studie angewendete Lernumgebung eins zu eins übernehmen und in Frankfurt durchführen müssen.

Eine Aussage darüber, welche Voraussetzungen zu einer besseren Lernleistung führen, kann also nicht getroffen werden, denn *wie* dieses Ergebnis zustande gekommen ist, kann man leider nicht mit Sicherheit sagen.

Einerseits wäre es möglich, dass die kognitive Leistungsfähigkeit der Frankfurter Schülerinnen und Schüler besser ist als die der Münchner, aber auch eine lernförderlichere Anpassung bei der Erstellung des Schülerlabors könnte ein Grund für die besseren Lernleistungen sein.

Da an meinen Schülerlaboren drei dritte Klassen und nur zwei vierte Klassen teilgenommen haben und in München ausschließlich vierte Klassen an der Studie beteiligt waren, sehe ich es jedoch als eher unwahrscheinlich an, dass die kognitive Leistungsfähigkeit der Frankfurter Schülerinnen und Schüler über der der Münchner liegt. Auch die höhere Anzahl an Migranten in Frankfurt spricht eher für eine lernförderliche Abänderung während der Erstellung des Schülerlabors als für eine höhere kognitive Leistungsfähigkeit der Frankfurter Klassen.

Das sind jedoch Vermutungen, die statistisch nicht belegbar sind.

Da nach der Durchführung des Schülerlabors kein zeitverzögerter Posttest stattgefunden hat, können leider keine Aussagen zur nachhaltigen Lernleistung des Schülerlabors getroffen werden.

Während der Durchführungen der Schülerlabore gab es keine gravierenden Probleme, die den erfolgreichen Ablauf gefährdet hätten.

Dennoch wäre es interessant zu wissen, ob sich die Lernleistungen noch verbessern würden, wenn die in der Reflexion der Schülerlabore aufgeführten Mängel verbessert werden (Station zwei Pflichtaufgabe, Königsstation mehrfach, Instabilität von Ringmagneten, Entmagnetisierung der Magneten).

Auffallend war, dass die dritten Klassen in allen Phasen des Schülerlabors deutlich mehr Fragen gestellt haben als die Viertklässler, was auf eine schlechtere Sprachkompetenz hindeutet. Auch während des Tests hatten die Drittklässler viel mehr Fragen zu den Formulierungen der Aufgaben, was darauf hindeuten könnte, dass die Leistungsanforderungen für die dritte Klassenstufe zu hoch sind. Was dem entgegenspricht ist allerdings meine Beobachtung, dass die Lernleistungen zwei verschiedener dritten Klassen sehr unterschiedlich waren. Während eine Klasse, die sehr gewissenhaft den Arbeitsanweisungen gefolgt ist, deutlich unter meinen Leistungserwartungen lag, hat eine andere Klasse hingegen, deren Schülerinnen und Schüler etwas chaotisch waren, den genauen Arbeitsaufträgen nicht immer gefolgt sind und zwischendurch immer wieder gespielt haben, erstaunlich gute Ergebnisse im Posttest erzielt.

Diese Beobachtung spricht dafür, dass die Thematik für eine dritte Klasse durchaus lernbar ist. Allerdings wäre in diesem Zusammenhang noch interessant zu prüfen, ob es daran liegt, welche Unterrichtsform die Kinder aus der Grundschule gewohnt sind, ob sie eher lehrerzentrierten oder eher projekt- oder schülerorientierten Unterricht gewohnt sind. Dann könnte man die Schlussfolgerung ziehen, dass Schüler, die schülerzentriertes selbstständiges Lernen gewohnt sind, große Chancen haben, gerade in einem Schülerlabor zu einem großen Lernerfolg zu kommen, da ihnen dort Zeit und Raum gegeben wird, spielerisch zu experimentieren.

Ein noch größerer Lernerfolg könnte erzielt werden, wenn man bei der Zusammensetzung der Gruppen mit Hilfe der Klassenführung darauf achten würde, dass in einer Forschergruppe Lernstarke und Lernschwache miteinander arbeiten, damit Schwächere von der Unterstützung ihrer Mitschüler profitieren und so bessere Lernleistungen erzielen können. Dabei wäre allerdings zu bedenken, dass wegen der fehlenden Freiwilligkeit die Freude der Kinder gebremst werden könnte, da sie nicht mit ihrem Wunschpartner zusammenarbeiten können.

Auch wenn die Erstellung des Schülerlabors durch die schlussendlich doch sehr vielen fortschreitenden Abänderungen im Entstehungsprozess mehr Zeit in Anspruch genommen hat als anfangs gedacht, hat sich diese Arbeit gelohnt.

Zu sehen, mit wie viel Spaß und Freude die Kinder an den verschiedenen Stationen experimentiert haben, hat mich für den betriebenen Arbeitsaufwand entschädigt. Auch die geschlossen gute Mitarbeit aller Schülerinnen und Schüler während der Instruktionsphase hat sehr viel Spaß gebracht. Ich hätte nicht erwartet, dass die Aufmerksamkeit und Konzentration während der gesamten Instruktion so hoch bleibt und das Interesse durchgehend vorhanden ist. Die ausgelöste Begeisterung während der Demonstrationsexperimente und in der Experimentierphase haben mich gefreut. Gesehen zu haben, dass die Schülerinnen und Schüler mit Spaß und Motivation während der Durchführung des Schülerlabors gearbeitet haben, macht mich glücklich.

Bei Fragen zu Zielen der Wissenschaftlichen Hausarbeit und während der Planung für die Durchführung des Schülerlabors wurde ich durchgängig von meinem Dozenten Prof. Dr. Thomas Wilhelm, Michael Wenzel und ... unterstützt. Dafür möchte ich mich an dieser Stelle nochmals bedanken.

Literaturverzeichnis

Arnold, Karl-Heinz: Lehren und Lernen. In: Karl-Heinz Arnold, Uwe Sandfuchs, Jürgen Wiechmann (Hg.): Handbuch Unterricht. Bad Heilbrunn 2006, S. 37-46.

Bos, Wilfried/K. Schwippert/I. Tarelli/A. Bremerich-Vos: Iglu 2011. Lesekompetenzen von Grundschulern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster 2012.

Bundeszentrale für politische Bildung: Statistik: Migrantanteil in deutschen Großstädten wächst.

(<http://www.bpb.de/gesellschaft/migration/newsletter/148820/migrantenanteil-in-deutschen-grossstaedten-waechst>, Datum des Zugriffs: 28.11.2015).

Demuth, Reinhard/Joachim Kahlert: Wir experimentieren in der Grundschule – Teil 1. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge, Köln 2007, S. 97-122.

Domjahn, Jürgen/Olfa J. Haupt/Rolf Hempelmann/Ulrike Martin/Petra Skiebecorrette/Silke Vorst/Walter Zehren: Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. In: Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht Heft 6 (2013), S. 324-330.

Guderian, Pascal: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Berlin 2006.

Haug, Sonja: Sprachliche Integration von Migranten in Deutschland. Nürnberg 2008.

Haupt, J. Olaf/Rolf Hempelmann: Kategorisierung der Schülerlabore. Das Klassische Schülerlabor. In: LeLaMagazin Ausgabe 6 (2013), S. 4-5.

Hempelmann, Rolf/Heinz Neber/Walter Zehren: Forschendes Experimentieren im Schülerlabor. Kognitive und motivationale Effekte. In: Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht Heft 7 (2013), S. 416-423.

Hessisches Kultusministerium: Bildungsstandards und Inhaltsfelder - Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe Sachunterricht. Wiesbaden 2011.

Hessisches Kultusministerium: Rahmenplan Grundschule. 1. Aufl. Wiesbaden 1995.

Kircher, Ernst/Heike Rohrer: Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 21 (1993) Nr.8, S. 336 – 342.

Leisen, Josef: Physikalische Begriffe und Sachverhalte. Repräsentation auf verschiedenen Ebenen. Koblenz 1998.

Meyer, Hilbert: Was ist guter Unterricht?. 10. Aufl. Berlin 2014.

Rachel, Alexander: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-) Magnetismus. Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe. Berlin 2013.

Rademacher, Horst: Magnetischer Südpol. Jährlicher Sprint um bis zu 50 Kilometer. (<http://www.faz.net/aktuell/wissen/erde/magnetischer-suedpol-jaehrlicher-sprint-um-bis-zu-50-kilometer-1937919.html>, Datum des Zugriffs: 02.11.2015).

Sa'Duddin, Nawal: Lehrerfortbildungsprojekt zum Magnetismus für den Sachunterricht der Grundschule. Frankfurt 2013.

Stiftung Haus der kleinen Forscher: Forschen mit Magneten. Ideen und Hintergründe aus der KITA-Praxis. (http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/1_Forschen/Themen-Broschueren/Broschuere-ForschenmitMagneten_2011.pdf, Datum des Zugriffs: 04.11.2015).

SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Magnetismus (Lernfeld Natur & Technik). (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus>, Datum des Zugriffs: 10.11.2015).

Völcker, Diethelm: Mehr Erfolg in Physik. Mittelstufe: Optik, Magnetismus, Elektrizitätslehre, Atomphysik. München 2010.

Wellenreuther, Martin: Frontalunterricht, direkte Instruktion oder offener Unterricht?. Empirische Forschung für die Schulpraxis nutzen. (<http://www.martin-wellenreuther.de/content/Frontalunterricht.pdf>, Datum des Zugriffs: 12.11.2015).

Wilhelm, Thomas/D. Heuer: Vorhersagen – ein Mittel zur Intensivierung von Lernprozessen. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 55, Nr. 4 (2006), S. 25 – 28.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Polregeln	S. 9
Abbildung 2:	Vergleich der Stärke von Magnetkombinationen und mit der eines einzelnen Magneten	S. 10
Abbildung 3:	Magnetfeldlinien eines Stabmagneten	S. 11
Abbildung 4:	Eisen-Magnet-Modell (Vorstellung unmagnetisiertes Eisenstück)	S. 13
Abbildung 5:	Eisen-Magnet-Modell (Vorstellung unmagnetisiertes Eisenstück)	S. 13
Abbildung 6:	Erdmagnetfeld	S. 14
Abbildung 7:	Kategorien und Schülerlaboren und deren Kriterien	S. 19
Abbildung 8:	Einteilung der außerschulischen Lernorte nach informeller bzw. formeller Charakteristik	S. 21
Abbildung 9:	Zehn Merkmale guten Unterrichts	S. 24
Abbildung 10:	Informationskarte	S. 53
Abbildung 11:	Raumansicht	S. 64
Abbildung 12:	Punkteverteilung auf Phänomenebene	S. 91
Abbildung 13:	Punkteverteilung auf Theorieebene	S. 94
Abbildung 14:	Klassenstufenvergleich Punkteverteilung Gesamt	S. 96
Abbildung 15:	Klassenstufenvergleich Punkteverteilung auf Phänomenebene	S. 96
Abbildung 16:	Klassenstufenvergleich Punkteverteilung auf Theorieebene	S. 97
Abbildung 17:	Vergleich der Lernleistungen im Städtevergleich	S. 99
Abbildung 18:	Punkteverteilung Gesamt	S. 102
Abbildung 19:	Punkteverteilung Gesamt nach Klassen	S. 102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aufführung der erfüllten Bildungsstandards aus den verschiedenen Kompetenzbereichen (aus den Bildungsstandards entnommen)	S. 32
Tabelle 2:	Posttest; Item-Zuordnung & untersuchtes / überprüftes Wissen durch Items	S. 81
Tabelle 3:	Prozentuale Lösungshäufigkeiten der beiden Treatments (Standardabweichung in Prozent)	S. 88
Tabelle 4:	Prozentuale Lösungshäufigkeiten des Schülerlabor nach Klassenstufen (Standardabweichung in Prozent)	S. 90
Tabelle 5:	Prozentuale Lösungshäufigkeit des Schülerlabors auf Phänomenebene (Standardabweichung)	S. 91
Tabelle 6:	Prozentuale Lösungshäufigkeit des Schülerlabors auf Theorieebene (Standardabweichung)	S. 93
Tabelle 7:	Prozentuale Lösungshäufigkeiten des Schülerlabors im Vergleich nach Klassenstufen (Standardabweichung)	S. 95
Tabelle 8:	Prozentuale Lösungshäufigkeit im Städtevergleich (Standardabweichung)	S. 98
Tabelle 9:	Prozentuale Lösungshäufigkeit des Schülerlabors Gesamt (Standardabweichung)	S. 100

Anhang

A. Ablaufplan

Auf den nächsten beiden Seiten folgt ein Ablaufplan, dem geplante Zeitfenster, Handlungsverläufe, Sozialformen und benötigte Medien der einzelnen Phasen des Schülerlabors zu entnehmen sind.

Zeit ca.	Handlungsverlauf	Sozialform
		Medien/Materialien
09:00 Uhr	<i>BEGINN</i>	
	• Kinder kurz begrüßen • Für Aufmerksamkeit sorgen • Kinder bitten sich ein Namensschild zu schreiben und anschließend in den Kinositz zu kommen	Klebeschilder, 4 x Edding-Stifte, Schreibunterlage
09:05 Uhr	<i>Begrüßung & Ablauf schildern</i>	<i>Kinositz</i>
	1. Meinen Namen nennen und alle Kinder gemeinsam an der Uni in Frankfurt begrüßen. 2. Ablauf schildern: 3. Wir werden einiges über Magneten herausfinden und lernen; dafür habe ich ein paar Experimente vorbereitet. 4. Dann werdet ihr zu zweit selber mit Magneten forschen, dafür bekommt ihr von mir ein Forscherheft (Heft zeigen). 5. Am Ende schreibt ihr dann noch einen kleinen Test, den ich vorbereitet habe, um zu gucken, wie gut ihr alles verstanden habt.	Forscherheft
09:08 Uhr	<i>Vorhergehende Instruktion</i>	<i>Kinositz</i>
	• Demonstrationsexperimente mit fragend-entwickelndem Schülergespräch durchführen • Tafelbilder erarbeiten	Experimentier- material, Computer, Beamer, Tafel, Magneten
09:38 Uhr	<i>Informationen für Arbeitsphase</i>	<i>Kinositz</i>
	6. Informationen über den Ablauf der Arbeitsphase geben: 7. Es wird in Partnerarbeit geforscht. 8. Es ist wichtig, dass ihr genau lest, was ihr auf jeder Seite machen sollt. 9. Ihr forscht an eurem Tisch, den ihr euch gleich sucht. 10. Es ist egal, in welcher Reihenfolge ihr die verschiedenen Stationen bearbeitet. 11. Ihr holt eine Stations-Kiste und bringt sie zurück, wenn ihr fertig seid. 12. Station 12 wird nicht an eurem Tisch geforscht, sondern hier vorne. 13. Es gibt noch eine Königsstation, die macht ihr aber erst, falls ihr mit allen anderen fertig seid. Ihr könnt, sobald ihr ein Forscherbuch habt und euren Partner gefunden habt, anfangen zu forschen. 14. Wir machen dann gleich erstmal eine Pause, aber da sage ich euch dann nochmal Bescheid. 15. Forscherhefte austeilten.	Forscherhefte

<i>09.43 Uhr</i>	<i>Selbstständiges Experimentieren / selbstentdeckende Lernen</i>	<i>Partnerarbeit</i>
	• Startschuss zum Experimentieren / Forschen geben • Kinder beginnen zu experimentieren • Betreuer beantworten Fragen / geben Denkanstöße	Stations-Kisten mit Inhalt, Stifte
<i>12:00 Uhr</i>	<i>Experimentierphase beenden & Posttest schreiben lassen</i>	<i>Plenum / Einzelarbeit</i>
	• Kinder bitten langsam zum Schluss zu kommen und sich keine neue Station mehr zu holen • Stationen zusammenpacken und nach vorne bringen • Ruhig auf seinen Platz setzen • Kurze Worte zum Test geben: ○ Bitte ruhig verhalten ○ Selbstständig arbeiten ○ Bei Verständnisfragen leise melden ○ Wenn man fertig ist melden, dann hole ich den Test ab und bitte ruhig sitzen bleiben, damit die anderen auch noch eine Chance haben sich zu konzentrieren • Test austeilen und Startzeichen geben • Tests einsammeln	Posttests, Stifte
<i>12:30 Uhr</i>	<i>Verabschiedung</i>	<i>Plenum</i>
	• Sich bei den Schülerinnen und Schülern für die gute Mitarbeit bedanken • Kurze Reflexion, wie es ihnen gefallen hat • Verabschieden und guten Rückweg zur Schule wünschen	
<i>12:35 Uhr</i>	<i>ENDE</i>	

B. Vorhergehende Instruktion auf Grundlage der Lehrerfortbildung¹⁵⁵

Auf den nachfolgenden Seiten folgt die detaillierte Vorgehensbeschreibung der Instruktionsphase des erstellten Schülerlabors. Ihr können Informationen zu den einzelnen Demonstrationsexperimenten (Kurzbeschreibung, benötigte Materialien, Versuchsanordnung, Versuch) entnommen werden.

¹⁵⁵ Download Link: <http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/magnetismus/magnetismus-methodische-variante-a-einfuehrende-instruktion>

Vorgehensplan Instruktionsphase:

Methodischer Kommentar:

Bevor die Schülerinnen und Schüler selbständig an den Lernstationen arbeiten, werden die nachfolgend aufgeführten Inhalte in einem von der Lehrkraft gelenkten Unterrichtsgespräch, unterstützt von Demonstrationsexperimenten erarbeitet. Hierbei sollte die Lehrkraft immer entlang der folgenden Schritte *vermutet – beobachte – erkläre* vorgehen. Wesentliche und für die kooperative Arbeitsphase an den Lernstationen bedeutsame Inhalte werden zusätzlich in einem Tafelbild (Abb. 1) visualisiert.

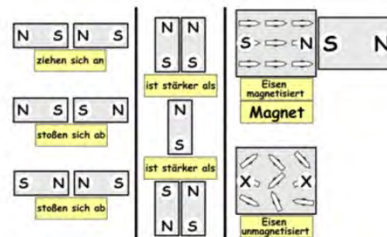


Abbildung 1: Tafelbild Gesamt

Überblick der Lerninhalte in der Instruktionsphase:

1. *Magnete ziehen sich an und stoßen sich ab*
2. *Gleiche Pole stoßen sich ab, ungleiche Pole ziehen sich an*
3. *Stärke von einem bzw. zwei gleich starken Magneten (kombiniert)*
4. *Aus Eisen wird ein Magnet:*
5. *Einführung des „Eisen-Magnet-Modells“*

Begrüßung und Ablaufüberblick (im Kinositz):

Lehrkraft: „Hallo, ich bin Herr/Frau XXXXX. Willkommen hier an der Universität in Frankfurt. Schön, dass ihr alle gekommen seid. Wir werden heute gemeinsam ganz viel über Magneten lernen.“

Als nächstes sollte der Ablauf geschildert werden, der wie folgt aussieht:

Lehrkraft:

1. „Zuerst werde wir gemeinsam einiges über Magneten lernen. Dafür habe ich ein paar Versuche vorbereitet und ihr müsst gut aufpassen und mitarbeiten. Das wird euch später helfen.“
2. „Danach wirst du mit einem Partner oder einer Partnerin gemeinsam viele Versuche mit Magneten ausprobieren und forschen. Damit ihr wisst, was ihr machen sollt, habe ich ein Forscherheft für euch.“ (Forscherheft zeigen)
3. „Am Ende habe ich noch einen kleinen Test vorbereitet, um zu gucken, wie gut ihr alles verstanden habt. Der ist aber nur für mich, damit ich weiß, was ich noch verbessern kann.“

Demonstrationsexperimente zum Aufbau des Grundlagenwissens:

1. Magnete ziehen sich an und stoßen sich ab

Kurzbeschreibung:

Um der Vorstellung, dass Magnete immer „rot und grün“ sind, entgegen zu wirken, wird zu Beginn mit farblich nicht markierten Stabmagneten gearbeitet. Zuerst wird einer davon auf ein Wägelchen gelegt, ein zweiter (ebenfalls unmarkierter Magnet) wird in der Hand gehalten und dem Wagen genähert („Vermute“, „Beobachte“). Nach der Beobachtung von Anziehung oder Abstoßung wird der Magnet in der Hand gedreht und anschließend wieder zum Wagen bewegt („Vermute“, „Beobachte“) um die zweite Wirkung zu beobachten. Aus den Beobachtungen kann geschlossen werden, dass die beiden Enden eines Stabmagneten unterschiedliche Wirkungen haben müssen. Die Lehrkraft nimmt zur Erklärung einen farblich markierten Magneten und teilt mit, dass Magneten immer zwei gegensätzliche Pole haben, dass diese zur Unterscheidung „Nordpol“ und „Südpol“ genannt werden, und die magnetische Wirkung an den Polen immer am stärksten ist. Außerdem wird den Kindern vermittelt, dass die rot markierte Seite immer der Nordpol ist und die grün markierte Seite der Südpol.

Anmerkung: Die Herkunft dieser Namen kann an dieser Stelle begründet werden, allerdings erscheint es dann sinnvoll, sehr deutlich auf den Unterschied zwischen geographischen und magnetischen Polen einzugehen. Erfahrungsgemäß ist die Tatsache, dass ein magnetischer Nordpol vom Magnetpol der Erde am geographischen Nordpol angezogen wird, für Schüler (und auch für Erwachsene) sehr verwirrend.



Abbildung 2: Material

benötigtes Material:

- ein Wägelchen
- zwei farblich **nicht** markierte Magnete
- ein farblich markierter Magnet

Versuch 1: Magneten haben zwei verschiedene Wirkungen aufeinander

Lehrkraft: „Du kennst bestimmt schon verschiedene Magnete und weißt, was man mit ihnen machen kann. Hier habe ich zwei Magnete.“ (Es werden zwei farblich nicht markierte Magnete verwendet).

- *Versuchsanordnung:* Ein farblich nicht markierter Magnet wird auf einen Wagen gelegt, ein weiterer farblich nicht markierter Magnet wird in der Hand gehalten und dem Wagen genähert (Abb. 3).
- *Versuch:* Der Magnet wird dem Wagen genähert. Je nachdem, ob sich gleichnamige oder ungleichnamige Pole nähern, wird der Wagen sich von dem Magneten in der Hand weg- oder zu ihm hinbewegen. (Die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler werden vor der Versuchsdurchführung verbalisiert.)

- Vermute! → Schüleräußerungen
- Beobachte! → Schüleräußerungen
- Beobachtungen werden mitgeteilt und zusammengefasst: Die beiden Magnete stoßen sich ab / ziehen sich an. (Je nachdem, wie die Magnete angeordnet sind.) Nach dem Drehen des Magneten in der Hand und einer analogen Durchführung des Experiments wird eine der ersten Beobachtung entgegengesetzte Wirkung auftreten.

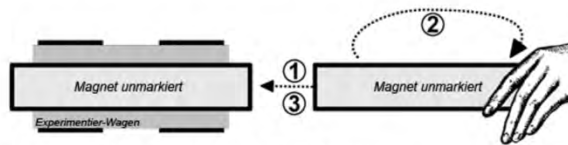


Abbildung 3: Versuch 1: Magnet verschiebt Wagen

- Die Lehrkraft zeigt einen farblich markierten Magneten und teilt mit, dass ein Magnet immer zwei Pole hat, an denen die Wirkung von Magneten am stärksten ist und diese Nordpol und Südpol genannt werden.
- Die Lehrkraft erzählt, dass man sich darauf geeinigt hat, den Nordpol immer rot zu markieren und den Südpol grün.

Aufbaus des Tafelbildes im Klassenverband

- Schilder an die Tafel hängen und erklären



2. Gleiche Pole stoßen sich ab, ungleiche Pole ziehen sich an

Kurzbeschreibung:

Zur Erarbeitung der Polregel werden zwei kleine Plastikwägelchen nebeneinander gestellt, auf die jeweils ein unmarkierter Magnet gelegt wird, so dass die Pole in die gleiche Richtung zeigen. Nun wird ein bereits (farblich oder mit Polnamen) markierter Magnet hinzugenommen und dieser nacheinander an die Magnete auf den Wagen gehalten. Die Schüler können beobachten, dass in beiden Fällen die gleiche Wirkung auftritt, dass also an den vorderen Enden der unmarkierten Magnete die gleichen Pole sein müssen. Diese werden gleich markiert (z.B. roter Klebepunkt). Die Wägelchen (inkl. Magneten) werden nun so zueinander gedreht, dass sich diese gleichen Pole gegenüberstehen. Beim Loslassen der Wagen bewegen sich diese auseinander; zwei gleiche Pole stoßen sich also ab. Durch gleichzeitiges Umdrehen von beiden Wagen lässt sich dies mit dem anderen Pol bestätigen. Dreht man nur einen Wagen um, so erkennt man die Anziehung von ungleichnamigen Polen. Mithilfe von Aufklebern (mit Polnamen) können so unter Rückschluss auf den bereits markierten Magneten alle Pole bestimmt werden.

benötigtes Material:

- zwei Wägelchen
- zwei farbig **nicht** markierte Magnete
- ein farbig markierter Magnet
- Klebepunkte
- Bild- und Wortkarten für das Tafelbild (Abb. 1 und 2)

Versuch 2.1: Wir finden zwei gleiche Pole.

- **Versuchsanordnung:** Zur Erarbeitung der Polregel werden zwei kleine Plastikwagen nebeneinander gestellt, auf die jeweils ein unmarkierter Magnet gelegt wird, so dass die Pole in die gleiche Richtung zeigen (die gezielte Ausrichtung der Magnete sollte von den Kindern allerdings nicht bemerkt werden)
- **Versuch:** Wann kann man von gleichen Polen sprechen?
- Nun wird der dritte, bereits (farblich oder mit Polnamen) markierte Magnet hinzugenommen und nacheinander an die Magnete auf den Wagen gehalten (Abb. 4). In beiden Fällen tritt die gleiche Wirkung auf, denn an den vorderen Enden der unmarkierten Magnete sind die gleichen Pole. (Die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler werden VOR der Versuchsdurchführung verbalisiert.)
 - Vermute! → Schüleräußerungen
 - Beobachte! → Schüleräußerungen
- **Beobachtungen** werden mitgeteilt und zusammengefasst: Die beiden Pole, an die sich der dritte Magnet genähert hat, müssen gleich sein. → Die gleichen Pole werden nun gleich markiert (z.B. roter Klebepunkt).

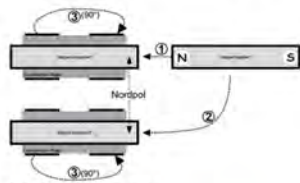


Abbildung 4: Versuch 2.1

Versuch 2.2: Gleiche Pole stoßen sich ab (Abb. 5)

- **Versuchsanordnung:** Die Wagen (inkl. Magneten) werden nun so zueinander gedreht, dass sich diese gleichen Pole gegenüberstehen (Abb. 5).
- **Versuch:** Die Wagen werden zusammengeschoben und dann losgelassen. (Die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler werden vor der Versuchsdurchführung verbalisiert.)
 - Vermute! → Schüleräußerungen
 - Beobachte! → Schüleräußerungen
- **Beobachtungen** werden mitgeteilt und zusammengefasst: Zwei gleiche Pole stoßen sich also ab. Anschließend werden beide Wagen umgedreht, so dass sich wieder zwei gleiche Pole gegenüberstehen. Der Versuch wird wiederholt, die Beobachtung ist identisch.



Abbildung 5: Versuch 2.2 und 2.3 – je nach Orientierung der Magneten rollen die Wagen voneinander weg oder aufeinander zu

Versuch 2.3: Ungleiche Pole ziehen sich an

- **Versuchsordnung:** Wie Versuch zuvor, aber ein Wagen wird umgedreht.
- **Versuch:** Die Wagen werden bis auf etwa 5 cm Abstand zusammengeschoben und dann losgelassen. (Die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler werden vor der Versuchsdurchführung verbalisiert.)
 - *Vermute!* → Schüleräußerungen
 - *Beobachte!* → Schüleräußerungen
- **Beobachtungen** werden mitgeteilt und zusammengefasst: Ungleichnamige Pole ziehen sich an.

Übungsphase und Aufbau des Tafelbildes im Klassenverband

- **Arbeitsauftrag:** Wer findet mit einem markierten Magnet heraus, wie die Pole der unmarkierten Magnete benannt werden?
- **Tafelbild/linke Seite:** Polregeln (Bildkarten und Wortkarten)

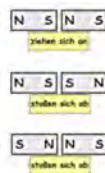


Abbildung 6: Tafelbild/linke Seite

3. Stärke von einem bzw. zwei gleich starken Magneten

Kurzbeschreibung:

Im nächsten Schritt wird behandelt, wie sich die Stärke von Magneten verhält, wenn man mehrere Magnete zu einem Gesamtmagneten kombiniert. Eine Kernaussage des Eisen-Magnetmodells besteht darin, dass sich die magnetischen Wirkungen vieler parallel ausgerichteter Elementarmagnete aufsummieren und damit eine zunehmend stärkere Kraft ausgeübt werden kann. Zur Demonstration wird ein leicht selbst zu bauendes Magnetstärke-Anzeigegerät verwendet (Abb. 7 a, b): In einen dicken Pappkarton oder ein dünnes Holzbrett wird ein Holz- oder Kupfer- oder Aluminiumstab gesteckt und auf diesen ein Neodym-Scheibenmagnet (Ringmagnet) gefädelt.

Es wird nun *ein* Stabmagnet so darunter gehalten, dass der Ringmagnet abgestoßen wird. Die Schüler merken sich oder messen die Höhe, in der der Magnet schwebt (Abb. 7 b). Anschließend werden *zwei* gleiche Stabmagnete mit gleich orientierten Polen fest nebeneinander und dann unter das Messgerät gehalten. Es ist zu beobachten, dass der Ringmagnet „höher“ abgestoßen wird, sich also die Wirkung der gleichen Pole verstärkt. Dreht man einen Magnet um, so hebt sich die Wirkung der Magnete praktisch vollständig auf, wenn diese mittig unter das Anzeigegerät gehalten werden. Der Ringmagnet bleibt also auf dem Karton liegen und wird gar nicht abgestoßen.

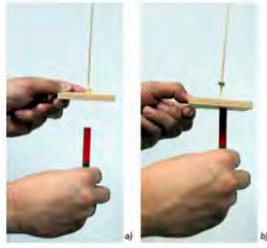


Abbildung 7: Magnetstärkemesser. a) Seitenansicht, b) Auslenkung durch einen Magneten

benötigte Materialien:

- 1 Magnetstärke-Anzeigergerät selbstgebaut wie oben beschrieben)
- 2 farbig markierte Magnete
- kleinen starken und großen schwachen Magnet

Versuch 3.1: Wie stark ist ein Magnet?

- *Versuchsanordnung:* Stabmagnet oder Stabmagnetkombination dem Magnetstärke-Anzeigergerät von unten nähert. (Abb. 8 Nr. 1)
- *Versuch:* Ein Stabmagnet wird so unter den Stab gehalten, dass der Ringmagnet abgestoßen wird. (Die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler werden vor der Versuchsdurchführung verbalisiert.)
 - *Vermute!* → Schüleräußerungen
 - *Beobachte!* → Schüleräußerungen
- *Beobachtungen* werden mitgeteilt und zusammengefasst: Die Schüler merken sich (oder messen) die Höhe, in der der Magnet schwebt.

Versuch 3.2: Wie stark sind zwei Magnete?

- *Versuch:* Zwei gleiche Stabmagnete mit gleich orientierten Polen werden fest nebeneinander und dann unter das Messgerät gehalten. Der Ringmagneten wird wieder abgestoßen. (Abb. 8 Nr. 2)
 - *Vermute!* → Schüleräußerungen
 - *Beobachte!* → Schüleräußerungen
- *Beobachtungen* werden mitgeteilt und zusammengefasst: Gemeinsam wird gefolgert, dass die Wirkungen der zwei gleich orientierten Stabmagnete stärker ist im Vergleich zu dem einzelnen Magneten. (Wenn die Schüler nachfragen, weshalb der Ringmagnet bei zwei gleichorientierten Magneten nicht doppelt so hoch geschoben wird, wird darauf hingewiesen, dass mit dem Abstand von einem Magnet die Wirkung schwächer wird.)

Versuch 3.3: Die magnetische Wirkung hebt sich auf

- *Versuch:* Einer der beiden Magnete wird umgedreht. Die Magnete werden unter das Messgerät gehalten. (Abb. 8 Nr. 3)
 - *Vermute!* → Schüleräußerungen
 - *Beobachte!* → Schüleräußerungen
- *Beobachtungen* werden mitgeteilt und zusammengefasst: Die Wirkung der Magnete hebt sich vollständig auf.

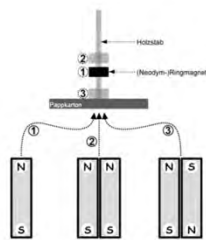


Abbildung 8: Vergleich der Stärke von einem Magnet und Magnetkombinationen

Versuch 3.4: Zusammenhang von Größe und Stärke von Magneten

- **Versuch:** Großer und kleiner Magnet werden unter das Messgerät gehalten, die verschiedenen Höhen sollen sich die Schülerinnen und Schüler in etwa merken (bzw. die Höhen werden gemessen).
 - *Vermute!* → Schüleräußerungen
 - *Beobachte!* → Schüleräußerungen

Hinweis: Bei der Auswahl der Magnete ist zu beachten, dass auch kleinere Magnete „stärker“ sein müssen als größere, um nicht die Vermutung „großer Magnet ist stärker als kleiner Magnet“ zu unterstützen!

- **Beobachtungen** werden mitgeteilt und zusammengefasst: Die Wirkung der Magnete ist nicht notwendigerweise abhängig von der Größe der Magnete. Kleinere Magnete können eine größere Wirkung haben als größere.

Aufbau des Tafelbildes im Klassenverband:

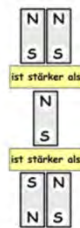


Abbildung 9: Tafelbild Mitte

4. Aus Eisen wird ein Magnet

Kurzbeschreibung

Es wird gezeigt, dass ein Eisennagel nicht von einem Eisenstück angezogen wird. Hält man allerdings einen Magnet direkt oder auch nur nah an das Eisenstück, so bleibt der Nagel am Eisenstück hängen. Es wird festgehalten, dass Eisen in der Nähe eines Magneten selbst zum Magneten wird und so wiederum den Nagel magnetisieren und damit anziehen kann. Entfernt man den Magnet wieder, so bleibt der Nagel noch einige Zeit hängen, bevor er abfällt: Das Eisenstück hat dann seine magnetische Wirkung wieder verloren.

benötigte Materialien:

- 1 farblich markierter Magnet
- 1 unmagnetisiertes Eisenstück
- 1 Eisennagel



Abbildung 10: Versuchsmaterial

Versuch 4.1: Der Nagel fällt

- **Versuchsanordnung:** Ein Nagel wird dem Eisenstücks von unten genähert und dann losgelassen.
- **Versuch:** Ein Nagel wird dem Eisenstücks von unten genähert und dann losgelassen. Der Nagel fällt runter auf den Boden. (Die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler werden vor der Versuchsdurchführung verbalisiert.)
 - *Vermute!* → Schüleräußerungen
 - *Beobachte!* → Schüleräußerungen
- **Beobachtungen** werden mitgeteilt und zusammengefasst: Ein Nagel hält nicht an einem Eisenstück und fällt zu Boden.

Versuch 4.2: Der Nagel hängt am Eisenstück

- **Versuchsanordnung:** Ein Magnet wird mit einer Polseite ganz nah an ein Eisenstück gehalten (bzw. durch die Anziehung werden sich Eisen und Magnet von selbst berühren und zusammenhalten). Ein Nagel wird der anderen Seite des Eisenstücks genähert.
- **Versuch:** Ein Nagel wird der anderen Seite des Eisenstücks genähert. Wenn der Nagel das Eisenstück berührt und man den Nagel loslässt, so bleibt der Nagel am Eisenstück hängen. (Abb. 11) (Die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler werden VOR der Versuchsdurchführung verbalisiert.)
 - *Vermute!* → Schüleräußerungen
 - *Beobachte!* → Schüleräußerungen

- *Beobachtungen* werden mitgeteilt und zusammengefasst: Ein Nagel kann auch von einem Eisenstück angezogen werden, wenn sich in der Nähe dieses Eisenstücks ein Magnet befindet.

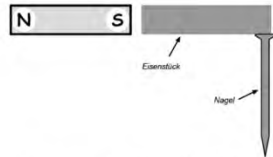


Abbildung 11: Versuch: Der Nagel hängt am Eisenstück

Versuch 4.3: Hält er oder fällt er?

- *Versuchsanordnung*: Am Ende des Versuchs 4.2 hängt der Nagel am Eisenstück, wobei das Eisenstück einen Magneten berührt bzw. sich ganz nahe am Magneten befindet. Der Magnet soll nun entfernt werden.
- *Versuch*: Der Magnet wird entfernt. Nach einer kurzen Zeit fällt der Nagel zu Boden. (Die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler werden VOR der Versuchsdurchführung verbalisiert.)
 - *Vermute!* → Schüleräußerungen
 - *Beobachte!* → Schüleräußerungen
- *Beobachtungen* werden mitgeteilt und zusammengefasst: Wird der Magnet entfernt, so kann das Eisenstück den Nagel noch für kurze Zeit anziehen, bevor der Nagel fällt. Das Eisenstück hat seine magnetische Wirkung verloren.

Hinweis:

Je nach Eisenlegierung bleibt die Magnetisierung nach Wegschieben des Magneten im Eisenstück oder im Nagel unterschiedlich lange erhalten und der Nagel bleibt zu lange am Eisenstück hängen. Vorher ausprobieren ob die Magnetisierung ausreichend schnell verschwindet!

5. Einführung des „Eisen-Magnet-Modells“

Kurzbeschreibung

Nach dem eben gezeigten Phänomen drängt sich die Frage auf, warum Eisen selbst zum Magnet werden kann. Sie wird durch Einführung der Modellvorstellung zum Ferromagnetismus – dem Eisen-Magnet-Modell – geklärt. Hierfür bietet sich die für diesen Zweck entwickelte Computersimulation an, mit der über einen Beamer allen Schülern sowohl Symbolik und Funktion des Modells als auch der Modellcharakter erklärt wird.

Gerade in Bezug auf den Modellcharakter ist zu beachten, dass immer wieder der hypothetische Charakter des Modells betont werden sollte. Man kann sich also vorstellen, dass sich im Inneren eines Eisenstücks unzählig viele, winzig kleine „Magnetchen“ befinden, die sich im (ungeordneten) Ursprungszustand in ihrer Wirkung nach außen aufheben. Bei äußerer Annäherung eines Magneten ordnen sich die Magnetchen zunehmend parallel an und verstärken sich in ihrer Wirkung.

benötigtes Material:

- Laptop mit Simulation der Modellvorstellung (zum Download auf supra-lernplattform.de)
- Beamer

Versuch 5.1: Computersimulation ohne Magnet in der Nähe des Eisenstücks



Abbildung 16: Screenshot der Computersimulation ohne Magnet

Erklärungen, die durch die Lehrkraft dazu gegeben werden:

- Der graue Kasten stellt ein Eisenstück dar.
- Um uns Dinge, die mit dem Eisenstück und einem Magneten zusammenhängen, besser erklären zu können, haben sich Naturwissenschaftler eine *Modellvorstellung ausgedacht*.
- Man kann sich *vorstellen*, dass Eisen (und alle anderen magnetisierbaren Stoffe) aus winzig kleinen Magnetchen bestehen. Im Inneren dieser Stoffe sind unvorstellbar viele dieser kleinen Magnetchen. Wir betrachten deshalb immer einen stark vergrößerten Ausschnitt und benutzen für die Magnetchen das Symbol ()
- Diese kleinen Pfeile sollen also Magnetchen darstellen. Und wie die echten Magnete haben auch diese Magnetchen einen Nord- und einen Südpol. Der Nordpol ist immer an der Spitze des Magnetchens und der Südpol immer am stumpfen Ende.
- Wenn sich in der Nähe des Eisenstücks kein Magnet befindet, sind die vielen Magnetchen, die wir uns im Inneren des Eisenstücks vorstellen, ungeordnet, d.h. sie schauen alle in verschiedene Richtungen. Die Wirkungen von den kleinen Magnetchen mit ihren beiden Polen heben sich also nach Außen auf. Das Eisenstück ist nicht magnetisiert.
- In einem Eisenstück sind aber nicht wirklich so kleine Pfeile! Wir stellen uns das nur so vor, damit wir uns die Wirkung von Magneten besser erklären können.

Versuch 5.2: Computersimulation mit Magnet in der Nähe des Eisenstücks

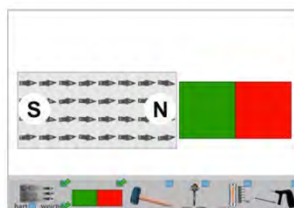


Abbildung 17: Screenshot der Computersimulation mit Magnet

Erklärungen, die durch die Lehrkraft dazu gegeben werden:

- Wenn sich nun ein Magnet diesem unmagnetisierten Eisenstück nähert, dann richten sich die Magnetchen in dem Eisenstück aus. D.h., wenn sich der Magnet mit dem Südpol nähert, dann werden alle Nordpole von den Magnetchen in dem Eisenstück angezogen. Die

Magnetchen richten sich so aus, dass die Pfeilspitzen (also die kleinen Nordpole) weg vom Magneten schauen. Dadurch sind alle Südpole von den Magnetchen auf der rechten Seite und es bildet sich hier ein Südpol und auf der anderen Seite ein Nordpol. Das Eisenstück ist selbst zu einem Magneten geworden.

- Dreht man den Magneten um, so richten sich die Magnetchen in die andere Richtung aus, d.h. die Pole des magnetisierten Eisenstücks werden vertauscht.
- Die Ergebnisse werden im Tafelbild (zusätzlich) visualisiert.

Aufbaus des Tafelbildes im Klassenverband:

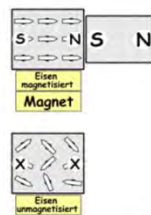


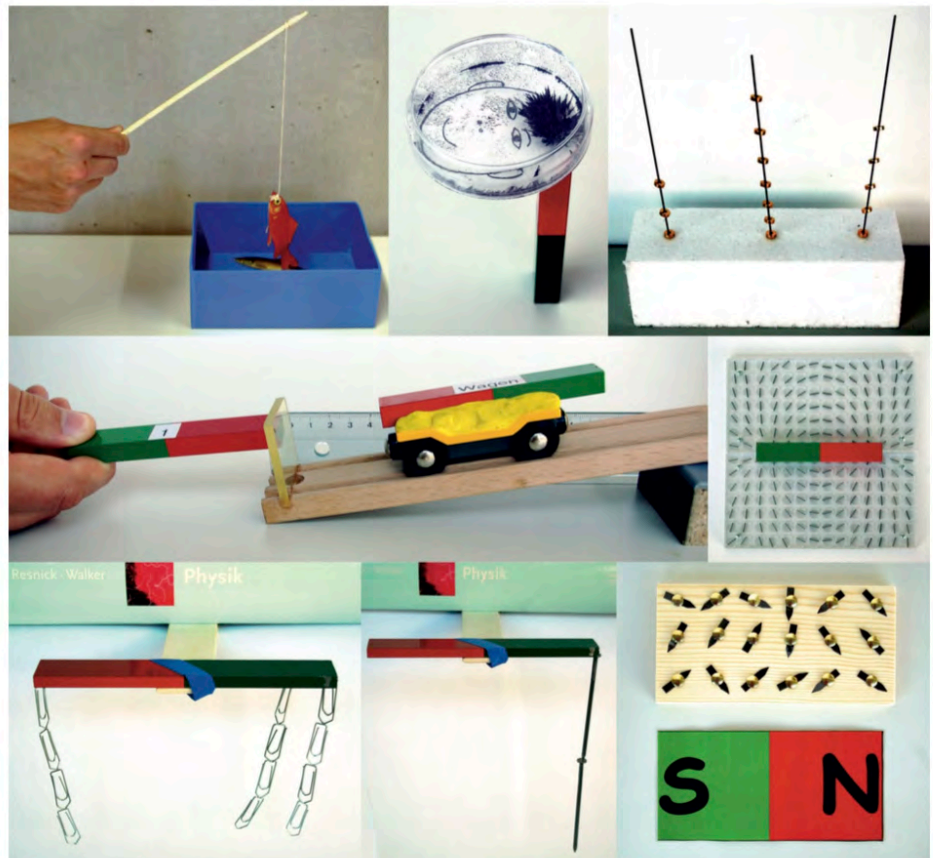
Abbildung 18: Tafelbild/rechte Seite

C. Forscherbuch

Auf den nachfolgenden Seiten ist das Forscherbuch, welches die Kinder durch die Experimentierphase führt, angehängt. Ihm können die einzelnen Stationen mit ihren Arbeitsaufträgen entnommen werden.

FORSCHERBUCH

Magnetismus



Name: _____

Klasse: _____

Laufzettel:



Kreuze die Stationen an, die du schon erledigt hast!

Stationen:	Erledigt X
Station 1: Spiele mit Magneten	☐
Station 2: Was wird angezogen?	☐
Station 3: Anziehung - Abstoßung	☐
Station 4: Eisen oder Magnet?	☐
Station 5: Welcher Magnet ist am stärksten?	☐
Station 6: Stärke von zwei Magneten	☐
Station 7: Magnet und Büroklammern	☐
Station 8: Magnete machen Muster	☐
Station 9: Was wirkt auf den zweiten Nagel?	☐
Station 10: Magnet und Magnethnadel	☐
Station 11: Das Eisen-Magnet-Modell	☐
Station 12: Ein Wasserkompass	☐
Station 13: Der Nagel am Eisenstück	☐
Station 14: Die rätselhaften Nägel	☐
Königsstation: Finde den Magneten	☐

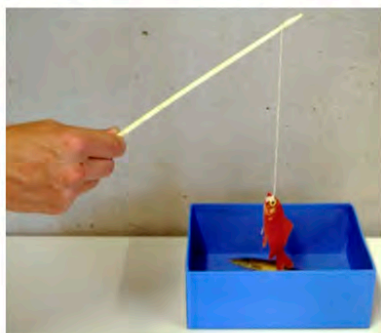


Lies jede Seite aufmerksam von oben nach unten durch und befolge genau die Arbeitsanweisungen!

Station 1: Spiele mit Magneten

Hole dir die Kiste mit der Nummer 1. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

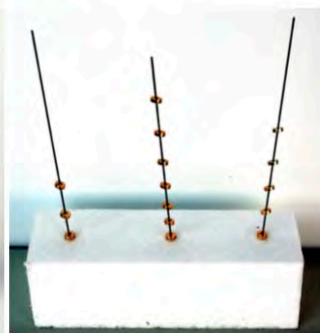
An dieser Station kannst du einige **Spiele** mit Magneten ausprobieren.



Angelspiel



Magnete machen Bilder



Schwebende Ringe



Was kannst du alles herausfinden?



Station 2: Was wird angezogen?

Hole dir die Kiste mit der Nummer 2. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, **welches Material** von Magneten **angezogen** wird.



? Vermute und kreuze an!

Überprüfe und kreuze an!



	Ich vermute:		Ich beobachte:	
	...wird angezogen	Es passiert nichts.	...wird angezogen	Es passiert nichts.
Papier	☐	☐	☐	☐
Pappe	☐	☐	☐	☐
Plastik	☐	☐	☐	☐
Wolle	☐	☐	☐	☐
Gummi	☐	☐	☐	☐
Holz	☐	☐	☐	☐
Glas	☐	☐	☐	☐
Stein	☐	☐	☐	☐
Kork	☐	☐	☐	☐
Styropor	☐	☐	☐	☐
Metalle				
Eisen (Eisendraht, Nagel, Eisenblech)	☐	☐	☐	☐
Aluminium (Alufolie, Aluminium-Blech)	☐	☐	☐	☐
Kupfer (10Cent-Stück, Kupferblech, Kupferschraube)	☐	☐	☐	☐
Messing (Messingschraube, Messing-Blech)	☐	☐	☐	☐
Blei	☐	☐	☐	☐



Ich weiß jetzt:

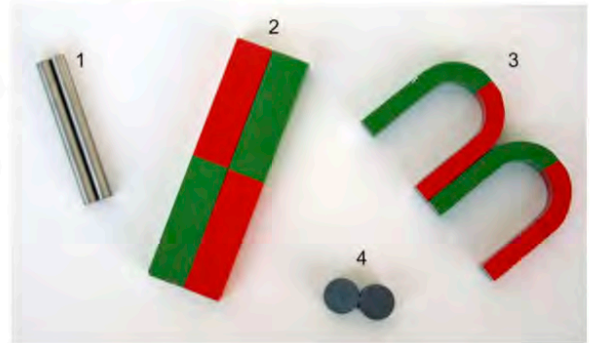


Von den untersuchten Materialien und Metallen wird nur _____ vom Magneten angezogen.

Station 3: Anziehung - Abstoßung

Hole dir die Kiste mit der Nummer 3. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, welche **zwei** unterschiedlichen **Wirkungen** Magneten aufeinander haben.



Vermute und kreuze an!



	ziehen sich an	stoßen sich ab
1 runde Stabmagnete	☐	☐
2 eckige Stabmagnete	☐	☐
3 Hufeisenmagnete	☐	☐
4 Scheibenmagnete	☐	☐



Überprüfe und kreuze an!



	ziehen sich an	stoßen sich ab
1 runde Stabmagnete	☐	☐
2 eckige Stabmagnete	☐	☐
3 Hufeisenmagnete	☐	☐
4 Scheibenmagnete	☐	☐



Ich weiß jetzt:



Alle Magnete _____ sich entweder an oder _____ sich ab!

(weiter geht's auf der nächsten Seite!)

(Fortsetzung Station 3: Anziehung - Abstoßung)



Ich erinnere mich:

Jeder Magnet hat zwei Enden (genannt Pole) mit verschiedenen Wirkungen.
Diese werden **Nordpol („N“)** und **Südpol („S“)** genannt.



Wir verwenden für einen Magnet folgendes Symbol:



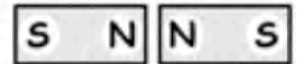
Überprüfe und kreuze an!



stoßen sich ab	☐
ziehen sich an	☐



stoßen sich ab	☐
ziehen sich an	☐



stoßen sich ab	☐
ziehen sich an	☐



Ich weiß jetzt:



Zwei gleiche Pole _____ sich _____.

Zwei ungleiche Pole _____ sich _____.

Station 4: Eisen oder Magnet?

Hole dir die Kiste mit der Nummer 4. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, wie sich die beiden **Metallstücke** in der **Wirkung** auf die Büroklammern **unterscheiden**.



Überprüfe, **wie** die beiden Metallstücke auf die Büroklammern **wirken**.



Das Metallstück mit der Nummer ____ ist ein Magnet.
Es **zieht** die Büroklammern **an**.

Das Metallstück mit der Nummer ____ ist **kein** Magnet.
Es **beeinflusst** die Büroklammern **nicht**.



Wie würdest du das als Physik-Professor erklären?
Verbinde passende Aussagen!



Der Magnet

Das Eisenstück

richtet die Magnetchen in der Büroklammer aus.

hat keinen Einfluss auf die Magnetchen in der Büroklammer.

sorgt dafür, dass die Büroklammern selbst ein Magnet werden.

sorgt dafür, dass die Büroklammern unmagnetisch bleiben.

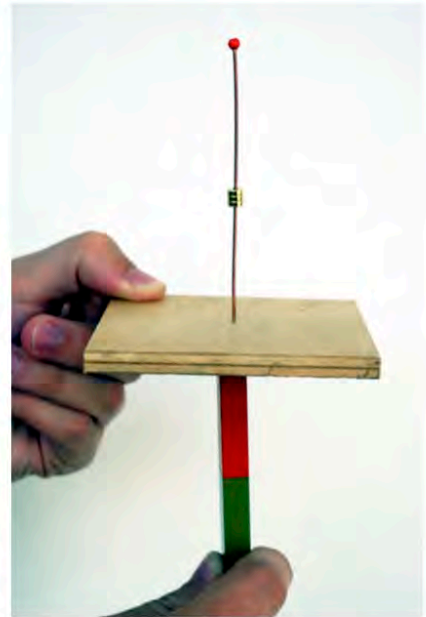
Station 5: Welcher Magnet ist am stärksten?

Hole dir die Kiste mit der Nummer 5. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du mit diesem Gerät herausfinden, welcher Zusammenhang zwischen der **Größe** und **Stärke** von **Magnete** besteht.

 Überlege, wie du vorgehen musst!





 Ist ein **großer** Magnet **immer stärker** als ein **kleiner** Magnet?
Vermute! ☐ Ja ☐ Nein

 Überprüfe!



Magnet Nr. ____ ist stärker als Magnet Nr. ____.
Magnet Nr. ____ ist stärker als Magnet Nr. ____.
Magnet Nr. ____ ist stärker als Magnet Nr. ____.

Magnet Nr. ____ ist am stärksten.
Magnet Nr. ____ ist am schwächsten.



Ich weiß jetzt:



Ein **großer** Magnet ist nicht unbedingt _____ als ein **kleiner** Magnet!
Ein **kleiner** Magnet ist nicht unbedingt _____ als ein **großer** Magnet!

Station 6: Stärke von zwei Magneten

Hole dir die Kiste mit der Nummer 6. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du mit diesem Gerät herausfinden, ob zwei Magnete nebeneinander eine **stärkere magnetische Wirkung** haben als ein Magnet.



? Überlege, wie du vorgehen musst!



? Durch **welche** Magnete / Magnetkombinationen wird der Eisenbahnwagen **am weitesten** nach oben **abgestoßen**?



Vermute und kreuze an!

a)


☐

b)


☐

(gleiche Pole **fest** aneinander drücken!)

c)


☐


Überprüfe!



Ich weiß jetzt:



Zwei **gleiche** Stabmagnete **nebeneinander** mit **gleichen Polen** [Bild b)] sind _____ als ein Magnet **allein**.

Zwei **gleiche** Stabmagnete **nebeneinander** mit _____ Polen [Bild c)] haben **gar keine magnetische Wirkung**. Man sagt auch die Wirkung hebt sich auf.

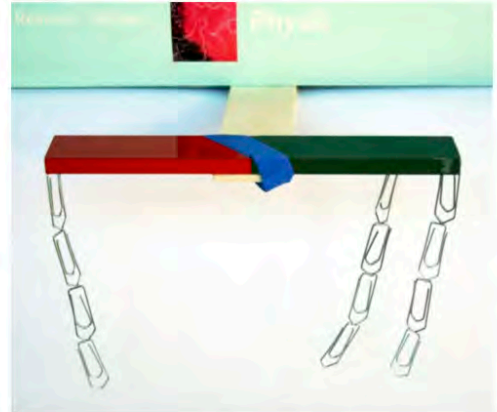
Station 7: Magnet und Büroklammern

Hole dir die Kiste mit der Nummer 7. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, **wo** am Magneten die **magnetische Wirkung am stärksten** ist.

- ?** Wo am Magneten lässt sich die **längste** Kette mit Büroklammern anhängen?
Vermute!





Überprüfe! Schreibe deine Beobachtung auf!





Skizziere!



Ich weiß jetzt:



An den _____ des Magneten ist die magnetische **Wirkung** am **stärksten**.

Jede weitere angehängte Büroklammer wird **selbst** zu einem _____.

Station 8: Magnete machen Muster

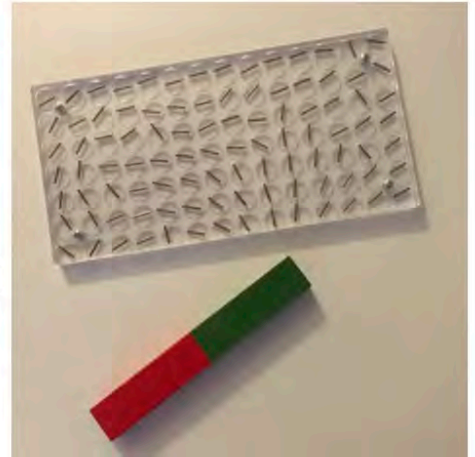
Hole dir die Kiste mit der Nummer 8. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, wie die **magnetischen Kräfte** im Raum um den Magneten herum wirken und in welche **Richtung** sie wirken.

! In der Platte befinden sich viele kleine Magnete, die ihren festen Platz haben, sich aber drehen können.

👉 Lege den **Stabmagneten** in die **Mitte** der Platte und beobachte das dabei entstehende **Muster**.

✎ Skizziere das entstandene Muster!



! Der Raum um den Magneten herum wird **magnetisches Feld** genannt. Es sieht aus, als ob die kleinen Magnete aus dem **Nordpol** des Magneten **herausströmen** und beim **Südpol** wieder **hineinströmen**.

? Setze ein! **schwächer** oder **am stärksten**

✎ In der **Mitte** des Magneten kann man sehen, dass die kleinen Magneten _____ angezogen werden als an den beiden **Polen**. Ebenfalls kann man sehen, dass an den beiden **Polen** die magnetische **Wirkung** _____ ist.

💡 **Ich weiß jetzt:**

✎ Die magnetische **Wirkung** ist an den beiden _____ **am stärksten** und **nimmt** in Richtung _____ des Magneten immer mehr ab.

Station 9: Was wirkt auf den zweiten Nagel?

Hole dir die Kiste mit der Nummer 9. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

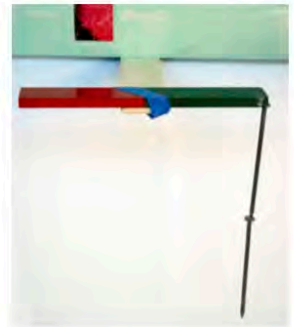
An dieser Station kannst du herausfinden, ob Eisennägel **selbst** zu einem **Magneten** werden.

-  Kannst du zwei Nägel **untereinander** an den Magneten hängen?
Vermute!

☐ Ja ☐ Nein

-  Überprüfe und kreuze an!

 ☐ Ja ☐ Nein



-  Wenn **JA**. Warum kannst du **zwei** Nägel **untereinander** an den Magneten hängen?
Hast du eine Erklärung dafür?





Ich weiß jetzt:

Eisen wird in der Nähe eines **Magneten selbst** zu einem **Magneten**.



Deshalb kann man den **zweiten** noch **unmagnetisierten** Nagel an den ersten Nagel hängen. Der zweite Nagel ist dann **ebenfalls** ein _____.

Station 10: Magnet und Magnetnadel

Hole dir die Kiste mit der Nummer 10. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, wie man **überprüfen** kann, ob in einem Kompass die **dunkle Spitze** der Magnetnadel der **Nordpol** ist.



Hinweis: In einem Kompass ist die **dunkle Spitze** der Magnetnadel **oft**, aber **nicht immer** ein magnetischer **Nordpol**!



Überlege, wie du vorgehen musst, um mit einem Stabmagneten zu überprüfen, welcher Pol die **dunkle Spitze** der **Magnetnadel** ist!





Ist die **dunkle Spitze** der Magnetnadel in diesem Fall ein **Nordpol**?



Überprüfe!



☐ Ja, die **dunkle Spitze** der Kompassnadel ist der **Nordpol**.

☐ Nein, die **dunkle Spitze** der Kompassnadel ist **nicht** der **Nordpol**, sondern der **Südpol**.

(weiter geht's auf der nächsten Seite!)

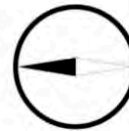
(Fortsetzung Station 10: Magnet und Magnetnadel)



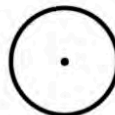
Untersuche in den folgenden Fällen die **Drehung** der **Magnetnadel** und zeichne sie jeweils **wie im Beispiel** richtig ein!



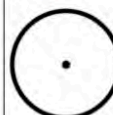
Beispiel:



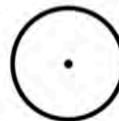
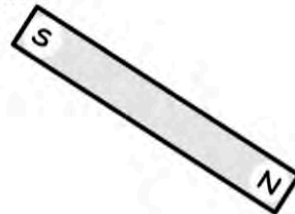
Fall 1:



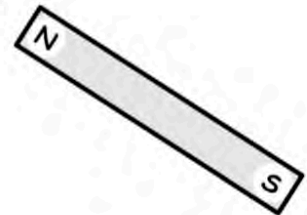
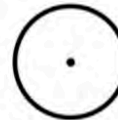
Fall 2:



Fall 3:



Fall 4:



Ich weiß jetzt:



Mit einem **gekennzeichneten** Magneten, bei dem man **weiß**, welche Seite der **Nordpol** und welche Seite der **Südpol** ist, kann man bei einem **unmarkierten** Magneten **herausfinden**, wo die _____ sind.

Station 11: Das Eisen-Magnet-Modell

Hole dir die Kiste mit der Nummer 11. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, ob du noch verstanden hast, wie man sich vereinfacht ein Eisenstück von innen vorstellen kann.

! Man kann sich vorstellen, dass Eisen im Inneren aus unzählig vielen winzig kleinen Magnetchen besteht.

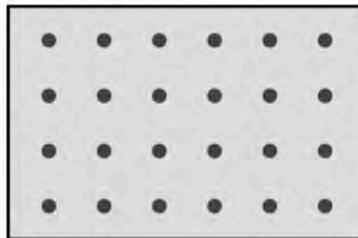
! Auf dem Holzbrett siehst du, wie man sich das Innere eines Eisenstücks vorstellen kann! Die Spitze der Magnetchen ist immer der Nordpol!



☞ Drehe die Magnetchen so, dass das Eisenstück nicht magnetisch ist! Also so, wie wenn kein Magnet in der Nähe des Eisenstücks ist!

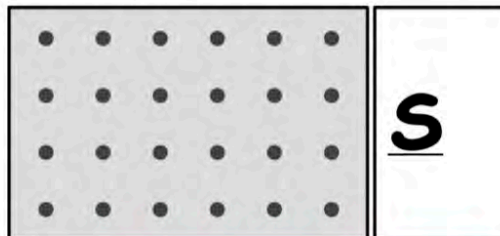
✎ Zeichne einige der Magnetchen ein! (so kannst du sie einzeichnen: →)

Nicht
magnetisiertes
Eisenstück!



☞ Drehe die Magnetchen so, dass das Eisenstück magnetisch ist! Also so, wie wenn ein Magnet in der Nähe des Eisenstücks ist!

✎ Zeichne einige der Magnetchen ein!



(weiter geht's auf der nächsten Seite!)

(Fortsetzung Station 11: Das Eisen-Magnet-Modell)



Hier kannst du nachlesen, wie sich die Naturwissenschaftler den inneren Aufbau eines Magneten vorstellen und wie aus einem Stück Eisen ein Magnet werden kann.



Lies den folgenden Text aufmerksam durch!

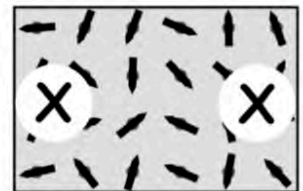
Der innere Aufbau von Magneten

Gegenstände aus Eisen können durch die Nähe zu einem Magneten selbst magnetisch gemacht werden. An einer Büroklammer, die an einem Magnetpol hängt, lässt sich eine ganze Kette weiterer Büroklammern anhängen, weil jede selbst ein kleiner Magnet geworden ist.

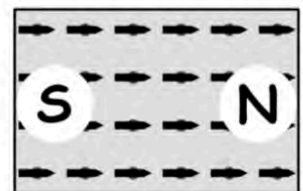
Modellvorstellung für einen Magneten:

Man kann sich vorstellen, dass Eisen und alle anderen magnetisierbaren Stoffe aus winzig kleinen Magnetchen bestehen. Im Inneren dieser Stoffe sind unvorstellbar viele dieser kleinen Magnetchen. Wir betrachten deshalb immer nur einen stark vergrößerten Ausschnitt und benutzen für die Magnetchen das Symbol:  Dabei ist die Spitze des Pfeils der Nordpol eines Magnetchens.

Sind die Magnetchen wie im Bild ungeordnet, so heben sich ihre Wirkungen außerhalb des Körpers auf. Der Körper ist kein Magnet. Er hat deshalb auch keine Pole (in den Kreisen: „X“).



Ist dagegen die Mehrzahl der Magnetchen in eine Richtung ausgerichtet, so wirken alle kleinen Magnetchen in die gleiche Richtung und der Körper ist ein Magnet. Dies siehst du in diesem Bild. Der Magnet hat nun (wie alle Magnete) zwei Pole (in den Kreisen: „S“ für Südpol und „N“ für Nordpol)



Ich weiß jetzt:



Die Magnetchen sind ungeordnet = das Eisenstück ist _____, also kein Magnet.

Die Magnetchen sind geordnet = das Eisenstück ist magnetisiert, also ein _____.

Station 12: Ein Wasserkompass

Hole dir die Kiste mit der Nummer 12. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, wie du ganz **einfach** einen **Kompass** bauen kannst.



Streiche mit **einem** Pol des Magneten **mehrmals** in der **gleichen Richtung** über eine Stecknadel.

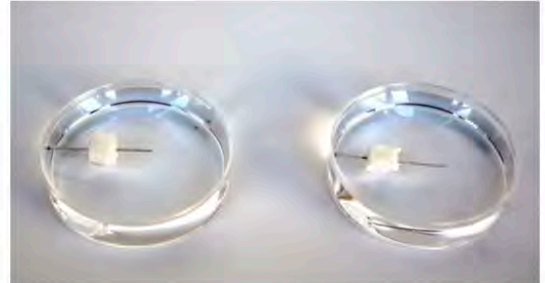


Was passiert jetzt mit der Stecknadel? Vermute!





Stecke die **Nadel** in ein **Styroporkügelchen** und lege beides vorsichtig in die **Wasserschale**.



Beobachte und beschreibe. Was ist mit der Nadel passiert?



(weiter geht's auf der nächsten Seite!)

(Fortsetzung Station 12: Ein Wasserkompass)

 Erkläre! Was könnte die Nadel beeinflusst haben?





Tipp: Um den Nadelkompass lesen zu können, ist es wichtig, dass du dir merkst, mit **welchem Pol** du in **welche Richtung** über die Stecknadel gestrichen hast!



Ich weiß jetzt:



Es gibt ein **Erdmagnetfeld**, nach dem sich **Magneten**, die leicht drehbar sind, **ausrichten**. Diese **Magneten**, die sich nach dem **Erdmagnetfeld** **ausrichten**, können deshalb als _____ genutzt werden.

Station 13: Der Nagel am Eisenstück

Hole dir die Kiste mit der Nummer 13. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, ob ein **Eisenstück magnetisiert ist oder nicht**, wie **lange es magnetisiert bleibt** und ob ein Nagel auch an **Holz halten kann**.



Bleibt der Nagel am Eisenstück hängen?
Vermute!



☐ Ja ☐ Nein



Überprüfe!



☐ Ja ☐ Nein



Nimm den **Stabmagneten** und halte ihn an das **Eisenstück**.



Bleibt nun der Nagel am Eisenstück hängen?
Vermute!



☐ Ja ☐ Nein



Überprüfe!



☐ Ja ☐ Nein

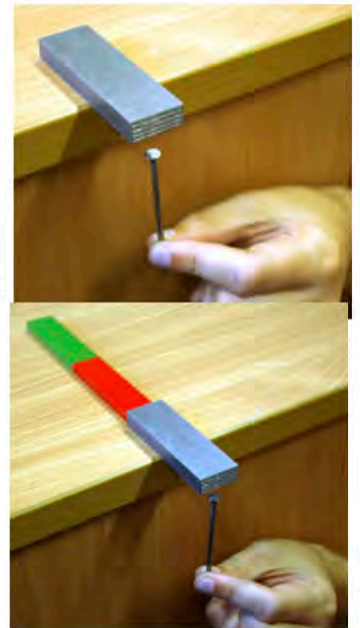


Halte das **Eisenstück fest** und **ziehe vorsichtig und langsam den Magneten weg**. Was passiert mit dem Nagel? Warte einige Zeit!



Der Nagel bleibt zuerst _____.

Nach einiger Zeit _____.



(weiter geht's auf der nächsten Seite!)

(Fortsetzung Station 13: Der Nagel am Eisenstück)

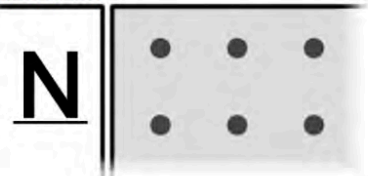
? Wie stellt sich ein Naturwissenschaftler das Innere des Eisenstücks vor?

Zeichne die Magnetchen ein! (so kannst du sie einzeichnen: →)

Der Magnet ist weit vom Eisenstück entfernt



Der Magnet ist (mit dem Nordpol) nahe am Eisenstück

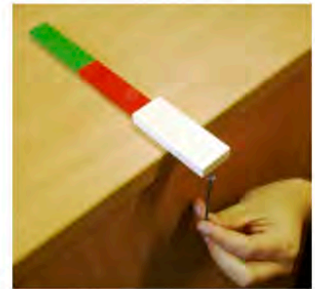


Hand Nimm anstelle des Eisenstücks das Holzstück.

? Kannst du den Nagel daran hängen, wenn ...

a) ...der Magnet **weit entfernt** ist?
☐ Ja ☐ Nein

b) ...der Magnet **in der Nähe** ist?
☐ Ja ☐ Nein



? Warum wird Eisen angezogen, Holz aber nicht?
Erkläre mithilfe des Eisen-Magnet-Modells!



Ich weiß jetzt:

In der Nähe eines **Magneten** wird **nur** das Metall _____ selbst zu einem **Magneten**.

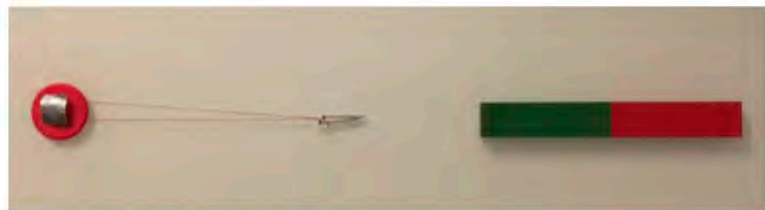
Station 14: Die rätselhaften Nägel

Hole dir die Kiste mit der Nummer 14. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

An dieser Station kannst du herausfinden, was mit **zwei Magneten** (in diesem Fall zwei magnetisierte Nägel) passiert, die **nebeneinander** liegen und deren **Pole gleich ausgerichtet** sind.



Klopfe mit den Nägeln ein paar Mal gegen den Tisch, um sie zu entmagnetisieren! Befestige nun den Saugnapf am Tisch und lege die Nägel **direkt** nebeneinander.



Was passiert, wenn du dich mit dem Magneten den Nägeln näherst? Vermute und kreuze an!



- ☐ Es passiert gar nichts!
- ☐ Die Nägel **ziehen** sich **an** und der Magnet **stößt** sie **ab**!
- ☐ Die Nägel **ziehen** sich **an** und der Magnet **zieht** sie **an**!
- ☐ Die Nägel **stoßen** sich **ab** und der Magnet **zieht** sie **an**!
- ☐ Die Nägel **stoßen** sich **ab** und der Magnet **stößt** sie **ab**!



Überprüfe und kreuze an! War deine Vermutung richtig?



- ☐ Ja ☐ Nein



Kannst du es erklären?





Ich weiß jetzt:



Zwei nebeneinander liegende **Magneten** mit **gleichen Polen** _____
sich gegenseitig **ab**.

Königsstation: Finde den Magnet!

Hole dir die Kiste zur Königsstation. Wenn du fertig bist, lege alles wieder in die Kiste und bringe sie zurück!

**ERST BEARBEITEN, WENN DU ALLE ANDEREN STATIONEN
BEARBEITET HAST!**

Diese Station ist eine Knobelaufgabe!

Wenn du sie richtig lösen kannst, bist du ein richtiger Magnetismus-Experte 😊



Untersuche mit Hilfe des farbigen Stabmagneten, welches der beiden anderen Metallstücke auch ein Magnet ist!



- ☐ A ist ein Magnet.
- ☐ B ist ein Magnet.



Wie hast du das herausgefunden?





Welche Seite ist der Nordpol des Magneten?



Finde mit Hilfe der Magnetnadel heraus!



Welche Zahl steht am Nordpol des Magneten?



Nr.



Wie hast du das herausgefunden?



D. Posttest

Auf den nächsten Seiten folgt der für die Studie A. Rachels entwickelte Posttest, den ich ebenfalls zur Auswertung der Lernleistungen genutzt habe. Die nicht kognitiven Fragestellungen habe ich entfernt.

Was weißt du über die Wirkung von Magneten?

Ich heiße _____. Ich bin in der ____ Klasse.

Ich bin _____ Jahre alt und bin ein ☐ Mädchen ☐ Junge

1. Welches **Material** wird in der Nähe eines Magneten selbst zu einem Magneten? Kreuze an!

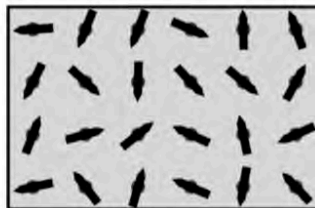


- ☐ Papier
- ☐ Kupfer
- ☐ Eisen
- ☐ Wolle

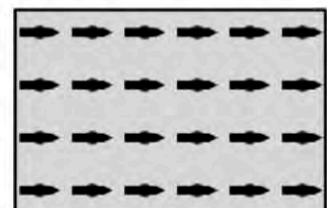


- ☐ Holz
- ☐ Aluminium
- ☐ Plastik
- ☐ Gummi

2. Wie können wir uns Eisen und Magnete von **innen** vorstellen? Kreuze jeweils alle richtigen Aussagen, die zu den darüberstehenden Bildern passen an!



	ja	nein
Eisen magnetisiert	☐	☐
Eisen unmagnetisiert	☐	☐
Magnet	☐	☐



	ja	nein
Eisen magnetisiert	☐	☐
Eisen unmagnetisiert	☐	☐
Magnet	☐	☐

3. Vor dir liegen zwei Magnete. **Ergänze** jeweils auf den freien Linien in den Kreisen „N“ (für den Nordpol) und „S“ (für den Südpol), dass die Aussagen stimmen!

a) Diese beiden Magnete **ziehen sich an**.



b) Diese beiden Magnete **stoßen sich ab**.



c) Diese beiden Magnete **ziehen sich an**.



d) Diese beiden Magnete **stoßen sich ab**.



4. Richtig oder Falsch ? Umkreise bei jedem Satz!



	richtig	falsch
Ein Magnet kann einen anderen Magneten abstoßen.		
Ein Magnet kann einen anderen Magneten anziehen.		
Ein Magnet stößt ein Eisenstück immer ab.		
Ein Magnet macht aus einem Eisenstück einen Magnet.		

5. Welche Materialien werden von einem Magneten angezogen? Kreuze an!



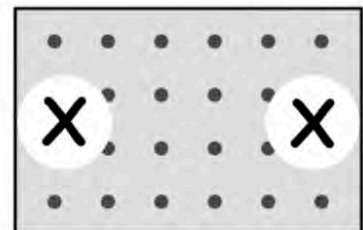
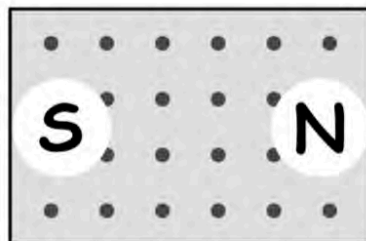
- ☐ Aluminium
- ☐ Plastik
- ☐ Gummi
- ☐ Holz



- ☐ Kupfer
- ☐ Eisen
- ☐ Wolle
- ☐ Papier

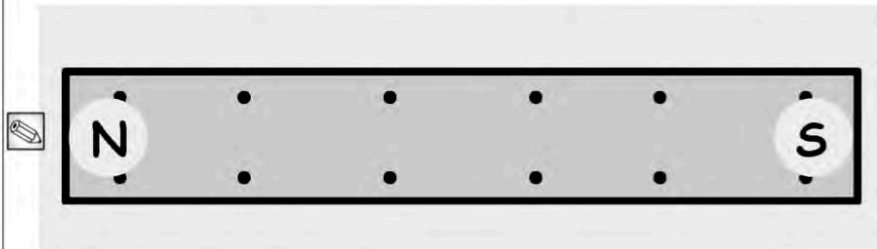
6. Zeichne jeweils fünf beliebige Magnetchen (oder) richtig ein! Die Spitze ist der magnetische Nordpol!

Bei den Polen steht N für Nordpol, S für Südpol und X für keine Pole!

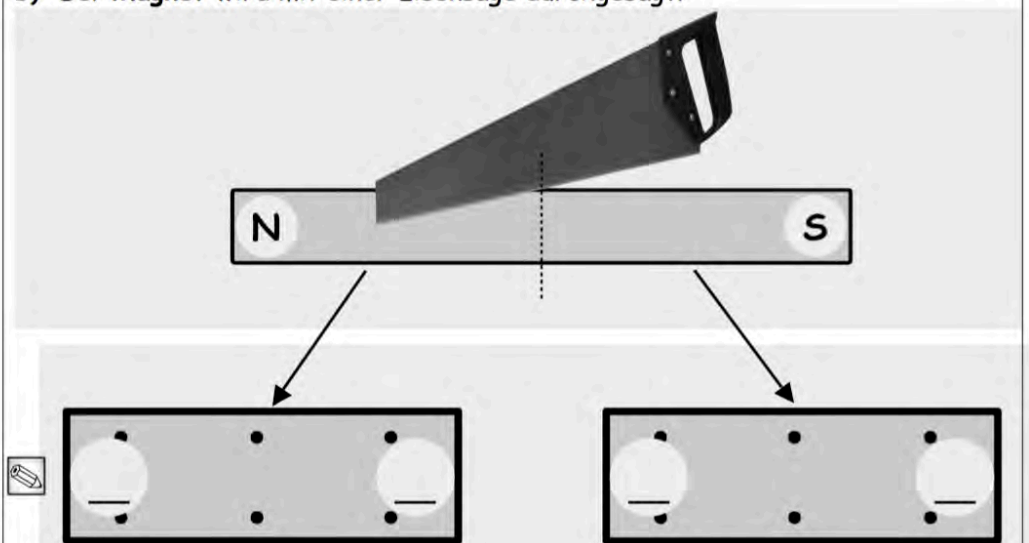


7.

a) Zeichne die **Magnetchen** ( oder ) in den Magnet!

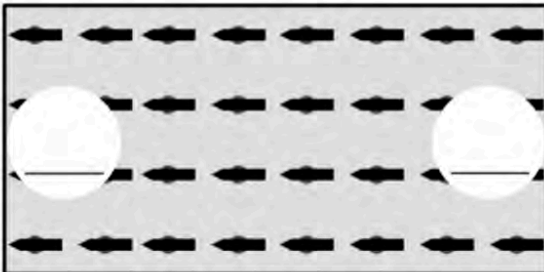
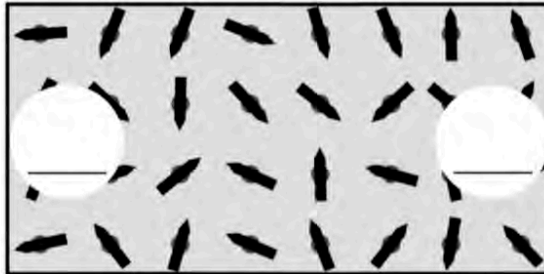
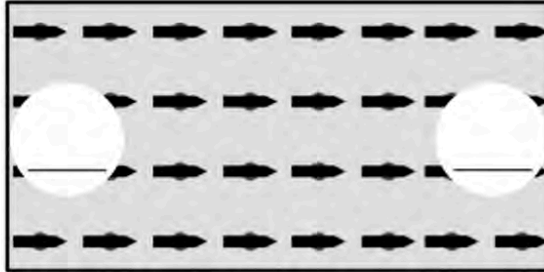


b) Der **Magnet** wird mit einer Eisensäge durchgesägt!



- Zeichne die **Magnetchen** ( oder ) in die zwei entstandenen Stücke!
- Ergänze auf den Linien in den Kreisen die **richtigen Pole** der Stücke (N = Nordpol, S = Südpol, X = kein Pol).

8. **Beschrifte** in den Magneten / Eisenstücken jeweils alle Pole richtig
(N = Nordpol, S = Südpol, X = Kein Pol)!

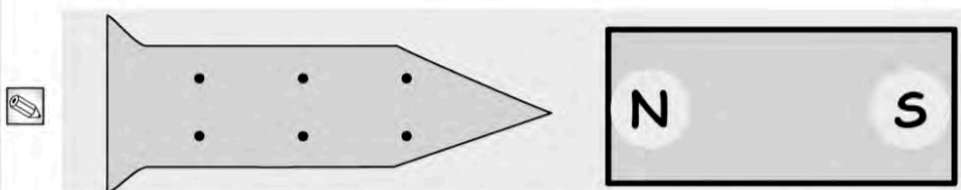


9. Ein Magnet wird in die Nähe eines Eisennagels gebracht.

a) Richtig  oder Falsch  ? Umkreise!

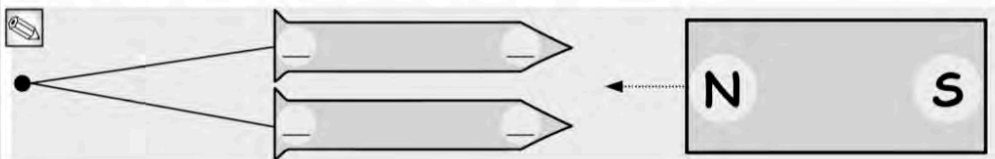
		richtig	falsch
Der Magnet...	...macht die Nägel zu Magneten.		
	...beeinflusst die Nägel nicht.		

b) Zeichne die Magnetchen in den Eisennagel!



c) Nun werden zwei gleiche Nägel wie abgebildet durch Fäden festgehalten und der Magnet von rechts genähert.

Trage in beiden Nägeln die richtigen Pole ein!



Umkreise Richtig  oder Falsch  !

		richtig	falsch
Die beiden Nägel ...	... stoßen sich gegenseitig ab.		
	... ziehen sich gegenseitig an.		
	... beeinflussen sich nicht.		

Vielen Dank für deine Teilnahme!

E. Ergebnisse Posttest

Auf den nächsten Seiten folgen die Testergebnisse jedes einzelnen Schülers. Neben dem Alter, dem Geschlecht und der Klassenstufe jeder Testperson kann man der Tabelle entnehmen, welches Item richtig gelöst wurde und welches nicht, wie die Gesamtpunktzahl des Test ist und welcher prozentualen Lösungshäufigkeit die Punktzahl entspricht. Gleiches kann für die Phänomenebene und die Theorieebene der Tabelle entnommen werden.

Unterhalb der letzten Testperson kann unter der Spalte jedes Items die prozentuale Lösungshäufigkeit aller Testpersonen pro Item abgelesen werden. Unter den Spalten Punkte gesamt, prozentuale Lösungshäufigkeit gesamt, Punkte Phänomenebene, prozentuale Lösungshäufigkeit Phänomenebene, Punkte Theorieebene und prozentuale Lösungshäufigkeit Theorieebene kann die jeweilige durchschnittliche Punktzahl oder prozentuale Lösungshäufigkeit aller Testpersonen abgelesen werden. Auch die entsprechenden Standardabweichungen sind dort zu finden.

Standardabweichung gesamt in Punkten:	3,87	14,90%	Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit gesamt:
Standardabweichung der Phänomenebene in Punkten:	1,53	12,75%	Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Phänomenebene:
Standardabweichung der Theorieebene in Punkten:	3,29	23,47%	Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Theorieebene:

Auf den nächsten Seiten folgend die Testergebnisse jedes einzelnen Schülers
getrennt nach den verschiedenen Schulklassen.

Schüler/in	Klasse	Alter	Geschlecht	Schule	Item 1 / MATMAG	Item 2 / EM, EISENMAG	Item 3 / EISENNUNMAG	Item 4 / EM, MAGNET	Item 5 / MAGPOLI	Item 6 / MAGPOL2	Item 7 / MAGPOL3	Item 8 / MAGPOL4	Item 9 / RFI	Item 10 / RF2	Item 11 / RF3	Item 12 / RF4	Item 13 / MAGAN	Item 14 / PEILE1	Item 15 / PEILE 2	Item 16 / SAEGPEILE1	Item 17 / SAEGPEILE2	Item 18 / SAEGPEILE1	Item 19 / SAEGPEILE2	Item 20 / EMPOLI	Item 21 / EMPOL2	Item 22 / EMPOL3	Item 23 / NAGELMAG	Item 24 / NAGELPEILE	Item 25 / NAGELPOL	Item 26 / NAGELNAB	Punkte Gesamt	prozentuale Lösungshäufigkeit gesamt	Punkte Phänomenebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Phänomenebene	Punkte Theorieebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Theorieebene	
20	3	9 m	w		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14 53,85%	9 75,00%	5 35,71%	13 92,86%	5 35,71%		
21	3	8 m	m		2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	24 92,31%	11 91,67%	11 91,67%	13 92,86%	11 91,67%	
22	3	8 m	m		2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14 53,85%	9 75,00%	5 35,71%	14 53,85%	7 58,33%	
23	3	8 m	m		2	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	11 42,31%	7 58,33%	4 28,57%	11 42,31%	7 58,33%
24	3	8 m	m		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	24 92,31%	11 91,67%	13 92,86%	24 92,31%	11 91,67%	
25	3	8 m	m		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	18 69,23%	11 91,67%	7 50,00%	18 69,23%	11 91,67%	
26	3	9 w	w		2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	16 61,54%	8 66,67%	8 66,67%	16 61,54%	8 66,67%	
27	3	8 w	m		2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	18 69,23%	10 83,33%	8 57,14%	18 69,23%	10 83,33%	
28	3	8 m	m		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	24 92,31%	11 91,67%	13 92,86%	24 92,31%	11 91,67%	
29	3	8 w	m		2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	18 69,23%	10 83,33%	8 57,14%	18 69,23%	10 83,33%
30	3	9 w	m		2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 42,31%	10 83,33%	1 7,14%	11 42,31%	10 83,33%	
31	3	9 m	m		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	20 76,92%	11 91,67%	9 64,29%	20 76,92%	11 91,67%	
32	3	8 w	m		2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12 46,15%	9 75,00%	3 21,43%	12 46,15%	9 75,00%	
33	3	8 m	m		2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16 61,54%	11 91,67%	5 35,71%	16 61,54%	11 91,67%	
34	3	8 m	m		2	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	18 69,23%	8 66,67%	10 71,43%	18 69,23%	8 66,67%	
35	3	8 w	m		2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 42,31%	10 83,33%	1 7,14%	11 42,31%	10 83,33%	
36	3	8 w	m		2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	17 65,38%	10 83,33%	7 50,00%	17 65,38%	10 83,33%	
37	3	8 w	m		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	18 69,23%	11 91,67%	7 50,00%	18 69,23%	11 91,67%	
38	3	8 m	m		2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	19 73,08%	10 83,33%	9 64,29%	19 73,08%	10 83,33%	

84,21%	47,37%	52,63%	31,58%	94,74%	89,47%	89,47%	84,21%	100,00%	100,00%	100,00%	89,47%	84,21%	78,95%	73,68%	42,11%	21,05%	63,16%	47,37%	57,89%	73,68%	57,89%	84,21%	31,58%	36,84%	5,26%	17,00	65,38%	9,84	82,02%	7,16	51,13%	prozentuale Lösungshäufigkeit
des Items 1:	des Items 2:	des Items 3:	des Items 4:	des Items 5:	des Items 6:	des Items 7:	des Items 8:	des Items 9:	des Items 10:	des Items 11:	des Items 12:	des Items 13:	des Items 14:	des Items 15:	des Items 16:	des Items 17:	des Items 18:	des Items 19:	des Items 20:	des Items 21:	des Items 22:	des Items 23:	des Items 24:	des Items 25:	des Items 26:	Mittelwert Punkte gesamt	prozentuale Lösungshäufigkeit gesamt	Mittelwert Punkte	Phänomenebene	Theorieebene	prozentuale Lösungshäufigkeit	

Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit gesamt in Punkten:	4,09	15,73%	1,18	9,85%	3,53	25,20%	Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Phänomenebene:	Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Theorieebene:
--	------	--------	------	-------	------	--------	--	---

Schüler/in	Klasse	Alter	Geschlecht	Item 1 / MATMAG	Item 2 / EM. EISENMAG	Item 3 / EISENUNIMAG	Item 4 / EM. MAGNET	Item 5 / MAGPOL	Item 6 / MAGPOL	Item 7 / MAGPOL	Item 8 / MAGPOL	Item 9 / RFL	Item 10 / RFL	Item 11 / RFL	Item 12 / RFL	Item 13 / MAGAN	Item 14 / PFEILE1	Item 15 / PFEILE2	Item 16 / SAEGPFEILE1	Item 17 / SAEGPFEILE2	Item 18 / SAEGPFEILE1	Item 19 / SAEGPFEILE2	Item 20 / EMPOL	Item 21 / EMPOL	Item 22 / EMPOL	Item 23 / MAGELMAG	Item 24 / MAGELPFEILE	Item 25 / MAGELPFEILE	Item 26 / MAGELMAG	Punkte Gesamt	prozentuale Lösungshäufigkeit Gesamt	Punkte Phänomenebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Phänomenebene	Punkte Theorieebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Theorieebene	prozentuale Lösungshäufigkeit r.	
60	3	8 m	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18 69,23%	75,00%	9	64,29%	9	64,29%	9	64,29%
61	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14 53,85%	66,67%	8	66,67%	8	66,67%	8	66,67%
62	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14 53,85%	66,67%	8	66,67%	8	66,67%	8	66,67%
63	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21 80,77%	100,00%	12	100,00%	12	100,00%	12	100,00%
64	3	7 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14 53,85%	83,33%	10	83,33%	10	83,33%	10	83,33%
65	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20 76,92%	83,33%	11	91,67%	11	91,67%	11	91,67%
66	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15 57,69%	75,00%	9	75,00%	9	75,00%	9	75,00%
67	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21 80,77%	83,33%	12	85,71%	12	85,71%	12	85,71%
68	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23 88,46%	91,67%	11	91,67%	11	91,67%	11	91,67%
69	3	9 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25 96,15%	100,00%	14	100,00%	14	100,00%	14	100,00%
70	3	9 w	4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14 53,85%	83,33%	10	83,33%	10	83,33%	10	83,33%
71	3	8 w	4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14 53,85%	83,33%	10	83,33%	10	83,33%	10	83,33%
72	3	8 w	4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15 57,69%	83,33%	8	66,67%	8	66,67%	8	66,67%
73	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23 88,46%	91,67%	11	91,67%	11	91,67%	11	91,67%
74	3	9 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25 96,15%	100,00%	12	100,00%	12	100,00%	12	100,00%
75	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13 50,00%	83,33%	10	83,33%	10	83,33%	10	83,33%
76	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13 50,00%	83,33%	9	75,00%	9	75,00%	9	75,00%
77	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24 92,31%	91,67%	11	91,67%	11	91,67%	11	91,67%
78	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21 80,77%	83,33%	10	83,33%	10	83,33%	10	83,33%
79	3	9 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23 88,46%	91,67%	11	91,67%	11	91,67%	11	91,67%
80	3	9 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19 73,08%	83,33%	7	58,33%	7	58,33%	7	58,33%
81	3	8 w	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16 61,54%	83,33%	9	75,00%	9	75,00%	9	75,00%

prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 1:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 2:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 3:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 4:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 5:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 6:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 7:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 8:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 9:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 10:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 11:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 12:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 13:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 14:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 15:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 16:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 17:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 18:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 19:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 20:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 21:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 22:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 23:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 24:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 25:	prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 26:	prozentuale Lösungshäufigkeit	Mittelwert Punkte gesamt	prozentuale Lösungshäufigkeit gesamt	Mittelwert Punkte Phänomenebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Phänomenebene	Mittelwert Punkte Theorieebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Theorieebene
86,36%	86,36%	77,27%	31,82%	86,36%	81,82%	95,45%	95,45%	100,00%	95,45%	100,00%	95,45%	100,00%	95,45%	100,00%	95,45%	100,00%	95,45%	100,00%	95,45%	90,91%	86,36%	86,36%	86,36%	86,36%	59,09%	68,18%	45,45%	36,36%	81,82%	68,18%	59,09%	81,82%	50,00%	63,64%	31,82%	68,18%	27,27%	18,41%	70,80%	9,95%	82,95%	8,45%	60,39%															

Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Theorieebene:	Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Phänomenebene:	Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Gesamt:	Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Theorieebene:
4,21	1,36	1,36	24,34%

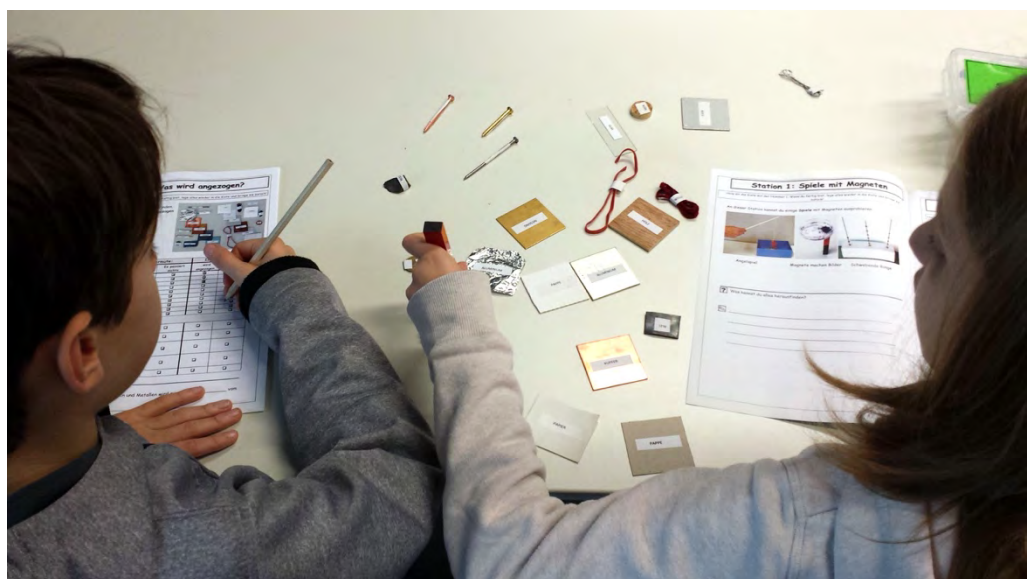
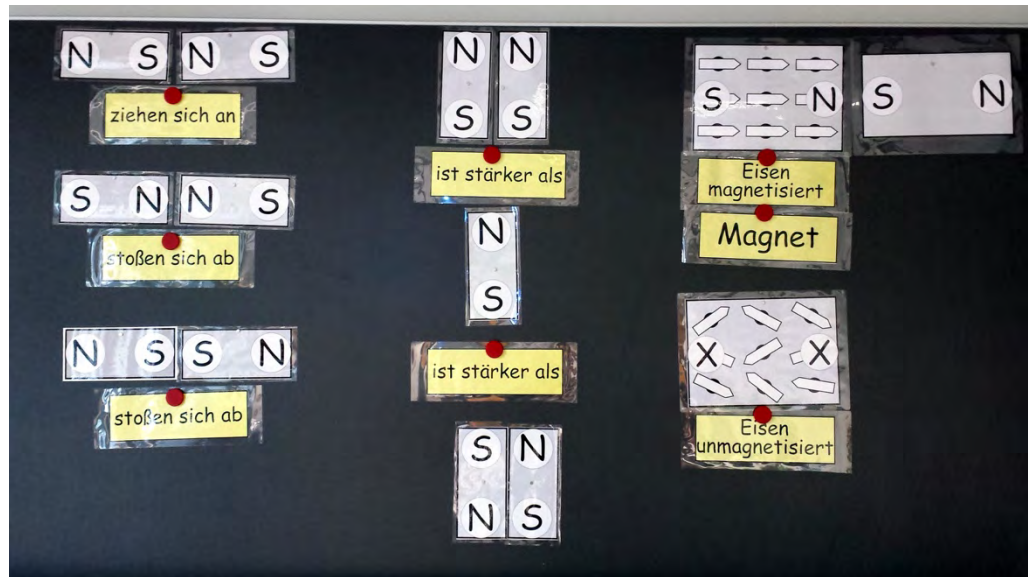
Schüler/in	Klasse	Alter	Geschlecht	Schule	Item 1 / MATMAG	Item 2 / EML EISENMAG	Item 3 / EMEISENMUMAG	Item 4 / EML MAGNET	Item 5 / MAGPOL	Item 6 / MAGPOL	Item 7 / MAGPOL	Item 8 / MAGPOL	Item 9 / RFL	Item 10 / RFL	Item 11 / RFL	Item 12 / RFL	Item 13 / MAGAN	Item 14 / PEILE1	Item 15 / PEILE 2	Item 16 / SAEGPEILE1	Item 17 / SAEGPEILE2	Item 18 / SAEGPEILE3	Item 19 / SAEGPEILEZ	Item 20 / EMPOL	Item 21 / EMPOLZ	Item 22 / EMPOL	Item 23 / NAGELMAG	Item 24 / NAGELPEILE	Item 25 / NAGELPOL	Item 26 / NAGELMAB	Punkte Gesamt	prozentuale Lösungshäufigkeit gesamt	Punkte Phänomenebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Phänomenebene	Punkte Theorieebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Theorieebene	
82	4	9 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	15 57,69%	8	66,67%	7 50,00%	7 50,00%
83	4	9 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	20 76,92%	12 100,00%	11 91,67%	8 57,14%	
84	4	10 m		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	19 69,23%	17 100,00%	11 91,67%	7 50,00%	
85	4	9 m		5	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	19 73,08%	7 58,33%	12 85,71%	12 85,71%	
86	4	9 m		5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	23 88,46%	10 83,33%	10 83,33%	13 92,86%	
87	4	9 m		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	18 69,23%	11 91,67%	11 91,67%	7 50,00%	
88	4	9 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	23 88,46%	12 100,00%	12 100,00%	11 78,57%	
89	4	9 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	17 65,38%	10 83,33%	10 83,33%	7 50,00%	
90	4	9 m		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	19 73,08%	12 100,00%	12 100,00%	7 50,00%	
91	4	9 m		5	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	14 53,85%	10 83,33%	10 83,33%	4 28,57%	
92	4	9 m		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	24 92,31%	11 91,67%	11 91,67%	13 92,86%	
93	4	10 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	23 88,46%	12 100,00%	12 100,00%	11 78,57%	
94	4	9 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	25 96,15%	12 100,00%	12 100,00%	13 92,86%	
95	4	10 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	19 73,08%	12 100,00%	12 100,00%	7 50,00%
96	4	9 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	18 69,23%	11 91,67%	11 91,67%	7 50,00%
97	4	10 m		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	23 88,46%	12 100,00%	12 100,00%	11 78,57%
98	4	10 m		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	21 80,77%	12 100,00%	12 100,00%	9 64,29%	
99	4	9 w		5	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	22 84,62%	12 100,00%	12 100,00%	10 71,43%
100	4	9 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	23 88,46%	11 91,67%	11 91,67%	12 85,71%	
101	4	10 m		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	18 69,23%	12 100,00%	12 100,00%	6 42,86%
102	4	9 w		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	24 92,31%	11 91,67%	11 91,67%	13 92,86%	

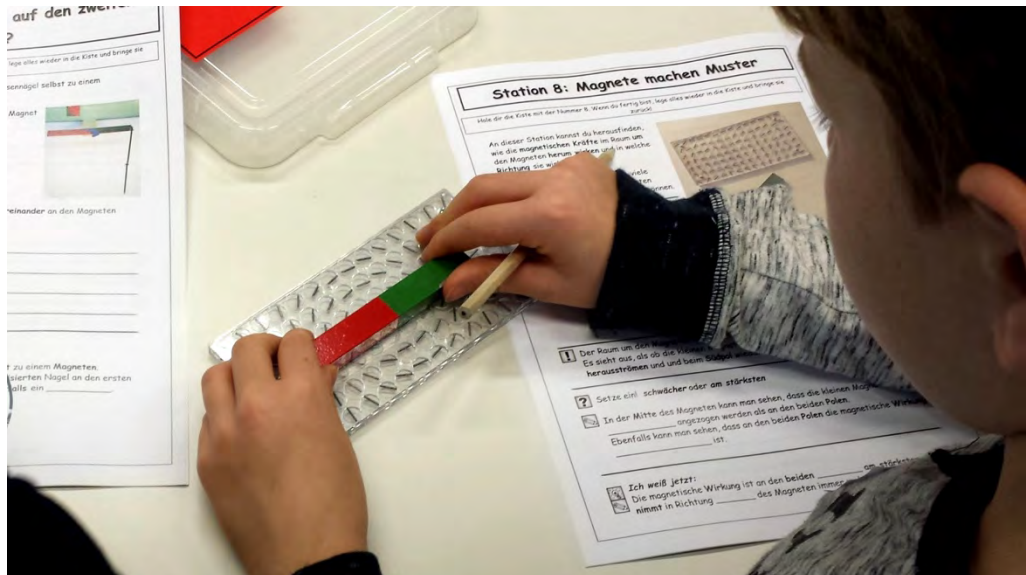
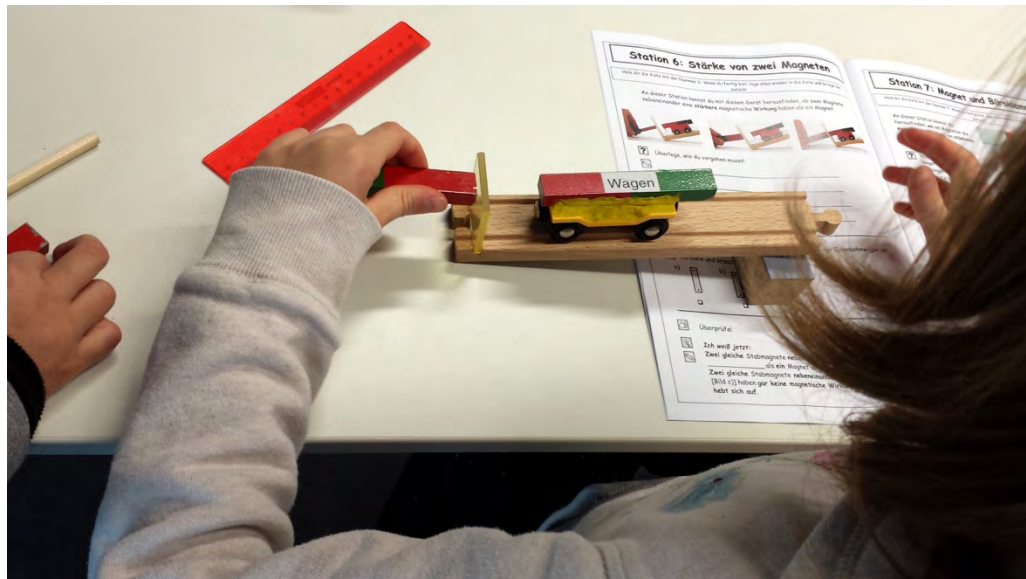
prozentuale Lösungshäufigkeit	des Items 1:	des Items 2:	des Items 3:	des Items 4:	des Items 5:	des Items 6:	des Items 7:	des Items 8:	des Items 9:	des Items 10:	des Items 11:	des Items 12:	des Items 13:	des Items 14:	des Items 15:	des Items 16:	des Items 17:	des Items 18:	des Items 19:	des Items 20:	des Items 21:	des Items 22:	des Items 23:	des Items 24:	des Items 25:	des Items 26:	Mittelwert Punkte gesamt	prozentuale Lösungshäufigkeit gesamt	Mittelwert Punkte Phänomenebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Phänomenebene	Mittelwert Punkte Theorieebene	prozentuale Lösungshäufigkeit Theorieebene
90,48%	90,48%	95,24%	57,14%	57,14%	100,00%	100,00%	90,48%	90,48%	100,00%	95,24%	100,00%	90,48%	90,48%	61,90%	85,71%	85,71%	33,33%	85,71%	52,38%	52,38%	95,24%	61,90%	85,71%	19,05%	66,67%	66,67%	20,29	78,02%	11,00	91,67%	9,29	66,35%

Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Theorieebene:	2,73	19,46%
Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit Phänomenebene:	1,35	11,21%
Standardabweichung der prozentualen Lösungshäufigkeit gesamt:	3,04	11,70%

F. Bilder Schülerlabor-Durchführung









Rechtsverbindliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Hausarbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Ort / Datum:

Unterschrift: