

Mehrstufige Multiple-Choice-Aufgaben zur Erfassung qualitativer Aspekte der elektromagnetischen Induktion

Corinna Erfmann, Roland Berger

Didaktik der Physik, Universität Osnabrück, Barbarastraße 7, 49076 Osnabrück
corinna.erfmann@uos.de, roland.berger@uos.de

Kurzfassung

Mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben bieten eine unkomplizierte Erhebung des fachlichen Wissens der Lernenden und darüber hinaus die Möglichkeit zur Diagnose von Fehlvorstellungen. Zu qualitativen Aspekten der elektromagnetischen Induktion ist ein solches Testinstrument entwickelt worden. Der Entwicklungsprozess umfasst vier Teilstudien. Das Ergebnis ist ein Testinstrument mit insgesamt sechs Aufgaben, das im Anschluss an die Entwicklung in einer Stichprobe von 337 Schülerinnen und Schüler der elften Jahrgangsstufe evaluiert wurde.

In der Evaluation des Testinstruments wurden die Testgütekriterien betrachtet. Hierbei wurde die Validität mit einer strukturellen Schulbuchanalyse sowie einer Expertenbefragung geprüft. Des Weiteren wurde eine umfassende Analyse unter anderem im Hinblick auf Fehlvorstellungen durchgeführt. Die Evaluation zeigt, dass mit den sechs Aufgaben ein gutes Testinstrument zur Erfassung des qualitativen Verständnisses zur Induktion zur Verfügung steht.

1. Einleitung

Mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben stellen eine Weiterentwicklung der bekannten Multiple-Choice Aufgaben dar. Mit ihnen können zusätzlich zur gegebenen Antwort noch Begründungen und Einschätzungen darüber, wie sicher sich die Befragten bei der Beantwortung der Aufgabe sind, erhoben werden. Mit mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben werden primär zwei Ziele verfolgt. Einerseits kann mit ihnen einfach und schnell bei deutlich reduzierter Ratewahrscheinlichkeit das fachliche Wissen zum Thema abgefragt werden. Andererseits bietet dieses Aufgabenformat die Möglichkeit, vertiefte Erkenntnisse über vorhandene Fehlvorstellungen zu erhalten.

In den vergangenen Jahrzehnten sind zu verschiedenen naturwissenschaftlichen Themen mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben entwickelt worden. In der Physik wurden die meisten dieser Tests zur Elektrizitätslehre entwickelt (vgl. [1]). Ein deutschsprachiger Test zur einfachen Elektrizitätslehre wurde von Urban-Woldron und Hopf [2] verfasst. Aber auch zu Bereichen der Mechanik existieren mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben (vgl. [3])

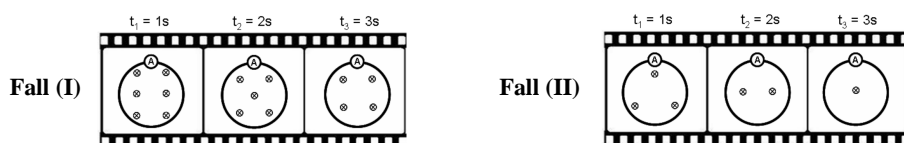
In einem umfangreichen Entwicklungsprozess wurden mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben zu qualitativen Aspekten der Induktion in Anlehnung an das von Treagust [4] veröffentlichte Schema entwickelt und anschließend evaluiert.

2. Mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben

Anhand der Abbildung 1 soll der Aufbau einer mehrstufigen Multiple-Choice Aufgabe erläutert werden.

Die erste Stufe mehrstufiger Multiple-Choice Aufgaben ist analog zu den einstufigen Multiple-Choice Aufgaben gestaltet. Hier werden vorformulierte Antwortoptionen zur Aufgabe bereitgestellt. Werden die Multiple-Choice Aufgaben um eine weitere Stufe ergänzt, spricht man von zweistufigen Multiple-Choice Aufgaben. Die zweite Stufe enthält ebenfalls vorformulierte Auswahloptionen. Die Auswahloptionen auf der zweiten Stufe enthalten Begründung für die auf der ersten Stufe gegebenen Antworten. Der Schritt von einer zweistufigen Multiple-Choice Aufgabe zu einer dreistufigen ist nicht mehr allzu groß und bedarf, verglichen mit der Erstellung der ersten zwei Stufen, eines sehr geringen Aufwands. Es wird hierbei zu den zwei bereits vorhandenen Stufen noch eine weitere hinzugefügt. Auf dieser Stufe geben die Befragten an, in wie weit sie sich bei der Beantwortung der Aufgabe sicher waren. Wird nicht am Ende der Aufgabe, sondern sowohl nach der ersten als auch nach der zweiten Stufe nach der Sicherheit bei der Beantwortung gefragt, so spricht man von vierstufigen Multiple-Choice Aufgaben.

Eine Leiterschleife mit einem Messgerät für den elektrischen Strom (A) wird von einem Magnetfeld senkrecht durchsetzt. In den folgenden Abbildungen sind die Feldlinien durch das Symbol \otimes dargestellt. Die Stärke des Magnetfeldes wird von Bild zu Bild des Filmstreifens verringert. Betrachten Sie die beiden folgenden Fälle (I) und (II).



Der elektrische Strom in der Leiterschleife ist in ...

- ... (I) kleiner als in (II).
 ... (I) **genauso groß wie in (II)**.
 ... (I) größer als in (II).
 ... (I) und (II) null.

Wie sicher waren Sie bei der Beantwortung der Aufgabe?
 sehr sicher sehr unsicher

Wählen Sie die Aussage, die am besten als Begründung zu ihrer Antwort passt.

- In (I) ist das Magnetfeld stärker als in (II).
 In (I) ist der magnetische Fluss durch die Fläche der Leiterschleife größer als in (II).
 In (I) verringert sich das Magnetfeld nur unwesentlich im Vergleich zu (II).
 In (I) und (II) ist die Änderung des magnetischen Flusses durch die Fläche der Leiterschleife gleich.

Wie sicher waren Sie bei der Beantwortung der Begründung?
 sehr sicher sehr unsicher

Itemstamm

Antwort
(1. Stufe)Sicherheit
(3. Stufe)Begründung
(2. Stufe)Sicherheit
(4. Stufe)

Abb. 1: Beispiel einer mehrstufigen Multiple-Choice Aufgabe zu den qualitativen Aspekten der elektromagnetischen Induktion.

Mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben haben gegenüber einfachen Multiple-Choice Aufgaben zwei wesentliche Vorteile. Zum einen haben sie eine deutlich geringere Ratewahrscheinlichkeit. Bei einer Aufgabe mit vier Auswahlalternativen auf jeder der ersten beiden Stufen bedeutet dies eine Verringerung der Ratewahrscheinlichkeit von 25% (1/4) auf 6,25% (1/16). Zum anderen sind sie noch besser zur Untersuchung von Fehlvorstellungen geeignet, da nicht nur die Ratewahrscheinlichkeit geringer ist, sondern auch die Unterscheidung zwischen Nichtwissen und nicht physikalischen Vorstellungen durch die Abfrage der Sicherheit unterstützt wird. Dies soll an einem Beispiel erläutert werden. Kreuzt ein Schüler oder eine Schülerin beispielsweise eine Kombination an, die einer Fehlvorstellung zu geordnet ist und gibt er oder sie gleichzeitig an, dass er oder sie sich sehr sicher bei der Antwort ist, so ist dies ein starkes Indiz dafür, dass der Schüler oder die Schülerin diese Fehlvorstellung auch tatsächlich besitzt. Die Auffassung, dass mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben sich durch die Betrachtung der gewählten Begründung für die gegebene Antwort daher sehr gut für die Untersuchung von Fehlvorstellungen anbieten, vertreten auch Caleon und Subramaniam [5]. Die Tatsache, dass trotz dieser genann-

ten Vorteile nicht alle Multiple-Choice Aufgaben im zweistufigen Format vorliegen, hat den Grund, dass die Entwicklung solcher Aufgaben sehr aufwendig ist (vgl. [4]).

3. Entwicklung

Die meisten mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben werden in Anlehnung an das von Treagust [4] veröffentlichte Schema entwickelt (siehe Abbildung 2). Bei der Entwicklung von mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben werden in der Regel drei Schritte durchlaufen. Diese drei Schritte lassen sich noch spezifischer aufteilen.

Der erste Schritt beschäftigt sich mit einer Auseinandersetzung der fachlichen Inhalte. Hierzu gehört auch das Identifizieren und Strukturieren der fachlichen Inhalte, sowie das Identifizieren des vorhandenen Wissens der Lernenden.

Der zweite Schritt beschäftigt sich zentral mit den Fehlvorstellungen der Lernenden zum jeweiligen Themenbereich. Hier wird im ersten Ansatz die bereits vorhandene Literatur gesichtet. Darüber hinaus können durch Befragungen Erklärungen von den Lernenden und damit weitere Informationen über vorhandene Fehlvorstellungen eingeholt werden.

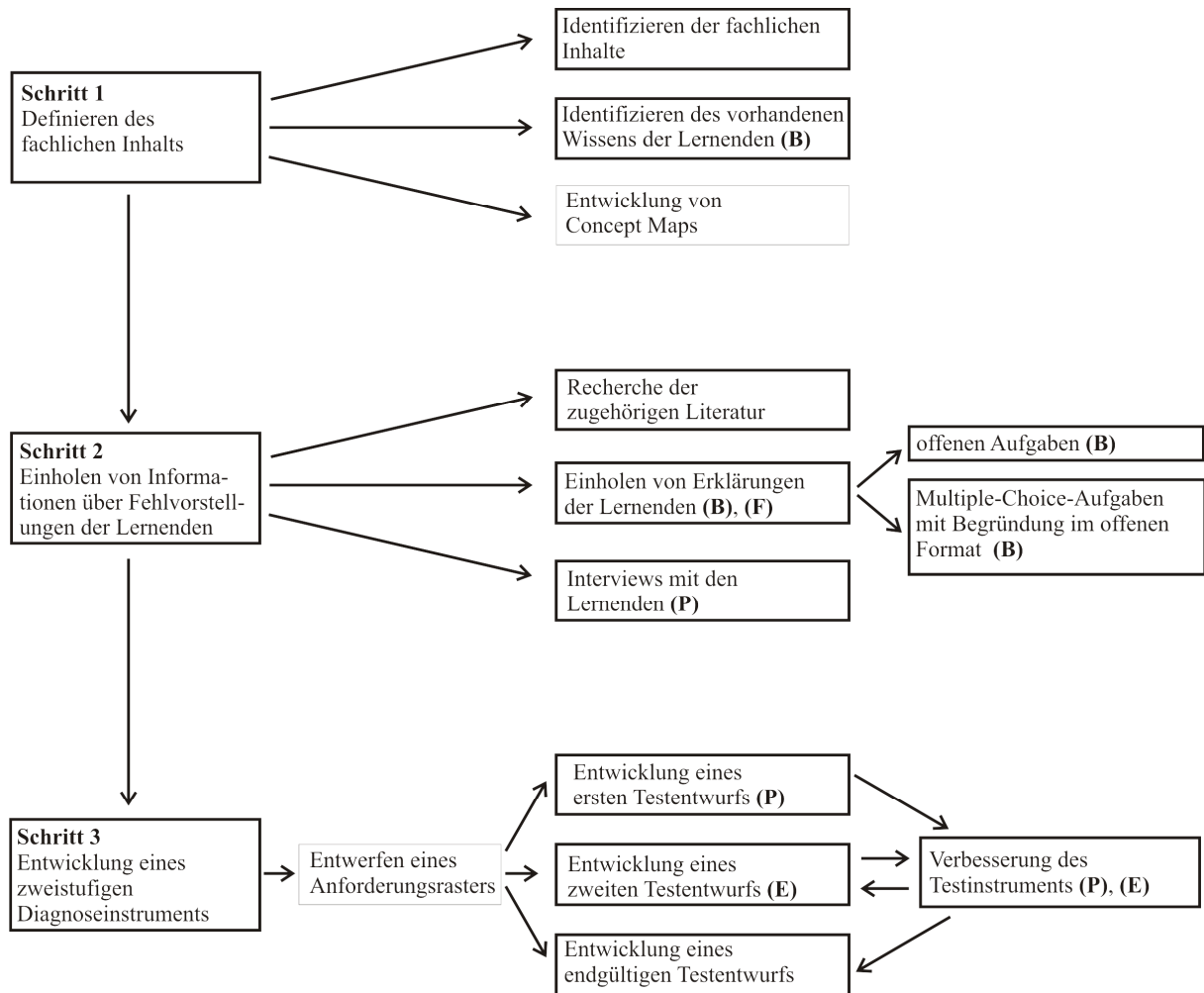


Abb. 2: Ablaufschema in Anlehnung an das von Treagust vorgeschlagene Vorgehen zur Entwicklung von zweistufigen Multiple-Choice Aufgaben. Die Bereiche, die in der Entwicklung der zweistufigen Multiple-Choice Aufgaben zu qualitativen Aspekten der elektromagnetischen Induktion Erhebungen durchgeführt wurden, sind durch einen breiten Rahmen hervorgehoben. Die Buchstaben geben an, in welcher der durchgeführten Erhebungen - Bestandsaufnahme (B), Erhebung zu Fehlvorstellungen (F), Pilotierung (P) und Expertenbefragung (E) - der Bereich abgedeckt wurde.

Im dritten Schritt werden nun die Ergebnisse der beiden vorherigen Schritte zusammengefasst und ein erster Entwurf eines zweistufigen Testinstruments entwickelt. Dieser Testentwurf wird anschließend in empirischen Studien eingesetzt und mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen überarbeitet bis ein endgültiges Testinstrument vorliegt.

Für die Entwicklung der mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben zu den qualitativen Aspekten der Induktion wurden insgesamt vier Teilstudien durchgeführt.

Die Einordnung dieser vier Studien (Bestandsaufnahme (B), Erhebung zu Fehlvorstellungen (F), Pilotierung (P) und Expertenbefragung (E)) entsprechend des Vorgehens von Treagust kann in der Abbildung 2 nachvollzogen werden.

In Abbildung 3 ist die zeitliche Einordnung der vier durchgeführten Studien dargestellt.

Insgesamt hat sich die Entwicklung der Aufgaben über drei Jahre hingezogen. Der Grund hierfür ist,

dass das Thema Induktion in der Regel zu Beginn eines Kalenderjahres in den Schulen unterrichtet wird und nur in diesem Zeitraum eine Studie mit verwertbaren Ergebnissen möglich ist.

Im Folgenden werden vier von uns durchgeführten Studien in knapper Form vorgestellt und die Ergebnisse genannt und eingeordnet.

Begonnen wurde mit einer *Bestandsaufnahme*. Diese Studie diente dazu das vorhandene Wissen der Lernenden zu identifizieren (vgl. auch Abbildung 2). Die Lernenden erhielten verschiedene schriftliche Aufgaben zur Induktion. Hierzu gehörten unter anderem auch Multiple-Choice Aufgaben, bei denen im offenen Format eine Begründung von den Schülerinnen und Schülern gefordert wurde. Es zeigte sich, dass die Lernenden die Multiple-Choice Aufgaben zwar oft richtig lösten, jedoch waren die gegebenen Begründungen selten fachlich richtig. Dieses Ergebnis war der Auslöser für die Entwicklung der mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben.

Da speziell zur Induktion in der Literatur wenig dokumentierte Fehlvorstellungen zu finden sind, wurde an der Universität Osnabrück eine Bachelorarbeit mit dem Ziel, weitere Fehlvorstellungen zur Induktion zu identifizieren, vergeben (vgl. [6]). Diese Studie wird mit *Erhebung zu Fehlvorstellungen* bezeichnet. Des Weiteren wurden auch die Aufgaben die in der *Bestandsaufnahme* gestellt wurden, hinsichtlich Fehlvorstellungen analysiert. Die Ergebnisse der Auswertung der beiden zuvor genannten Studien legte die Basis für mögliche Auswahloptionen der zweiten Stufe der Multiple-Choice Aufgaben.

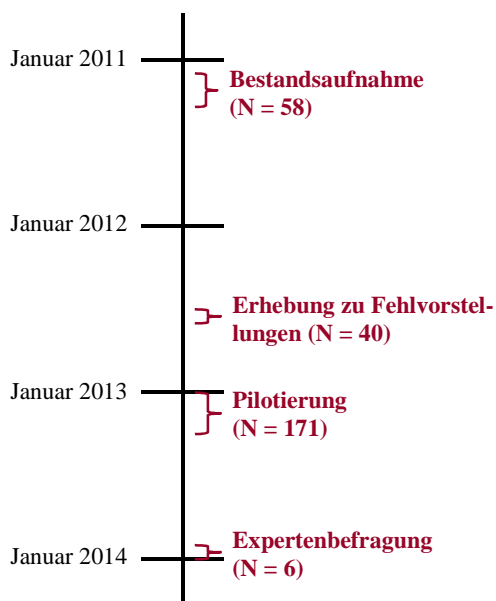


Abb. 3: Zeitliche Einordnung der vier Studien zur Entwicklung der mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben zur Induktion.

Es entstand auf diese Weise eine erste Zusammenstellung von mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben. Diese wurde in einer *Pilotierung* mit ca. 170 Lernenden eingesetzt. Hier zeigte sich, dass die Lernenden nur wenig Schwierigkeiten mit der Aufgabenstellung äußerten (vgl. [7]). Die Ergebnisse der Auswertung dieser Stichprobe und der Analyse von zehn durchgeführten Interviews mit Lehrkräften, führten zu einer Überarbeitung des Testinstruments. Die mit den Erkenntnissen der *Pilotierung* überarbeitete Version der Testaufgaben ist anschließend sechs Expertinnen und Experten aus dem Bereich der physikalischen Fachdidaktik und Physiklehrkräften, zur Begutachtung vorgelegt und abschließend überarbeitet worden. Bei der *Expertenbefragung* sollten die Aufgaben noch einmal aus einer weiteren Perspektive gesichtet werden. Anhand der Anmerkungen der Experten und der Expertin konnte noch Feinarbeit bezüglich formaler Aspekte, wie Formulierungen in den Aufgabentexten, durchgeführt werden.

4. Evaluation

4.1 Aufgaben

Mit dem in Abschnitt 3 beschriebenen Vorgehen ist ein vierstufiger Test mit sechs mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben entstanden.

Aufgabe	Inhalt
1	Induktion durch Relativbewegung
2	Induktion durch Änderung des Flächeninhaltes
3	Keine Induktion, obwohl eine Veränderung im Versuchsaufbau vorliegt
4	Induktion durch Änderung des Magnetfeldes
5	Abhängigkeit der Stärke des induzierten Stromes von der zeitlichen Änderungsrate des magnetischen Flusses
6	Induktion durch Drehung der Fläche oder des Magnetfeldes

Tab. 1: Übersicht über die Inhalte der sechs mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben zu qualitativen Aspekten der Induktion.

In vier dieser sechs Aufgaben wird im Itemstamm jeweils ein Versuch beschrieben, bei dem die Induktion (auf unterschiedliche Art und Weise) hervorgehoben wird. Dies sind die Aufgaben 1, 2, 4 und 6 (vgl. Tabelle 1). In der Aufgabe 3 wird im Gegensatz dazu eine Situation beschrieben, in der kein Strom induziert wird. Die Aufgabe 5 ist die Beispielaufgabe aus Abbildung 1.

4.2 Stichprobe

Im Schuljahr 2013/2014 wurde der Test mit den insgesamt sechs Aufgaben in einer Stichprobe von 337 Schülerinnen und Schülern evaluiert. Der Fokus dieser Evaluation lag auf den Grundkursen. Dies wird auch in der Verteilung der Lernenden deutlich. 255 Schülerinnen und Schüler besuchten einen Grundkurs und 82 einen Leistungskurs.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Testgütekriterien

Die Objektivität kann in drei Bereichen geprüft werden. Hierzu gehören die Interpretationsobjektivität, die Durchführungsobjektivität und die Auswertungsobjektivität. Die Interpretationsobjektivität muss bei Multiple-Choice Aufgaben nicht betrachtet werden, da bei Multiple-Choice Aufgaben eine Interpretation der Antwort aufgrund des Charakters nicht durchgeführt wird. Bei der Durchführung des Tests wurden feste Vorgaben (z. B. keine Verwendung weiterer Hilfsmittel, keine Zeitvorgaben) gegeben, somit ist die Objektivität in diesem Bereich gewährleistet. Gleiches gilt für die Auswertungsobjektivität, da auch hier ein vorgegebenes Auswertungsraster durch die Struktur der Aufgabe gegeben ist.

Für die Berechnungen zur Prüfung der Reliabilität wurde eine Aufgabe nur dann als richtig gewertet, wenn beide Stufen richtig beantwortet wurden. Hierbei wurde die Aufgabe mit 1 Punkt und in allen anderen Fällen 0 Punkten bewertet. Die Reliabilität der sechs Aufgaben berechnet sich zu Cronbachs' $\alpha = .65$. Hierbei handelt es sich zwar nicht um einen sehr guten Wert. Jedoch ist dieser Wert für einen Kurztest akzeptabel [8]. Des Weiteren wurde noch die Homogenität der Items berechnet. Die Homogenität eines Tests entspricht der durchschnittlichen Korrelation der einzelnen Items miteinander und ist somit im Gegensatz zu Cronbachs Alpha von der Testlänge und der Itemanzahl unabhängig. Ein Wert zwischen .2 und .4 ist laut Briggs und Cheek [9] akzeptabel. In diesem Bereich liegt mit .23 der Wert für die Homogenität des Testinstruments zur Induktion.

Die Validität ist auf drei Arten überprüft worden. Zum einen wurden inhaltliche Concept Maps der Aufgaben erstellt und mit ebenfalls neu erstellten Concept Maps zu den Inhalten der Induktion der fünf in Niedersachsen für den Sekundarbereich II zugelassenen Schulbüchern verglichen [vgl. 10]. Zum anderen wurde die Inhaltsvalidität im Rahmen der zuvor erwähnten Expertenbefragung mit einem Fragebogen erhoben. Zur Überprüfung der Konstruktvalidität wurde die Hypothese aufgestellt, dass Lernende des Leistungskurses besser abschneiden, als Lernende des Grundkurses. Diese Hypothese konnte bestätigt werden, denn es zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler des Leistungskurses signifikant besser abschneiden als die Lernenden des Grundkurses. Die Effektstärke hat einen Wert von $d = .55$ und liegt somit im mittleren Bereich. Alle drei Prüfungen der Validität bestätigen, dass der Test valide ist.

4.3.2 Itemanalyse

Mit den sechs mehrstufigen Multiple-Choice Aufgaben zur Induktion sind weitere Analysen durchgeführt worden, deren Ergebnisse im Folgenden vorgestellt werden.

Die Abbildung 4 zeigt die Rohwertverteilung der Evaluation. Man erkennt sofort, dass die Verteilung normalverteilt ist. Der Mittelwert liegt bei 3,1 mit einer Standardabweichung von 1,7.

Des Weiteren wurde die Itemschwierigkeit betrachtet. Den Werten der Itemschwierigkeit kann man entnehmen, wie viel Prozent der Lernenden die Aufgabe richtig gelöst haben. Je höher der Wert ist, desto mehr Schülerinnen und Schüler haben die Aufgabe richtig gelöst. Bei den Aufgaben zur Induktion liegen die Werte der Itemschwierigkeit in einem Bereich von .34 bis .71. Dies entspricht einem mittleren Schwierigkeitsbereich, in dem die Aufgaben gut verteilt sind.

Anhand der Trennschärfe wird angegeben, wie gut das Testergebnis anhand des Ergebnisses einer einzelnen Aufgabe vorhersagbar ist. Ein hoher Trenn-

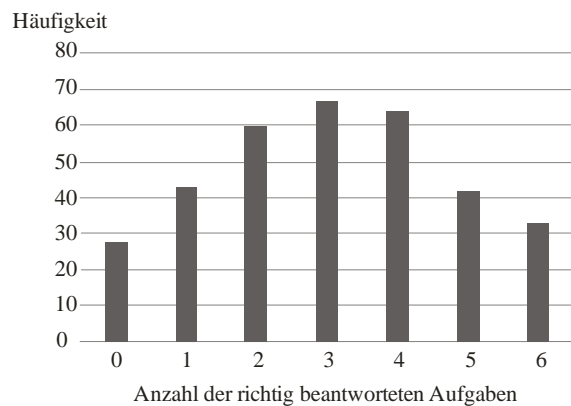


Abb. 4: Auf der Abszisse ist die Anzahl der richtig beantworteten Aufgaben aufgetragen. Auf der Ordinate kann die Häufigkeit, mit der eine bestimmte Anzahl an Aufgaben richtig beantwortet wurde, abgelesen werden.

schärfekoeffizient gibt an, dass Befragte, die im Test sehr gut abschneiden auch in der einzelnen Aufgabe sehr gut abschneiden. Koeffizienten zwischen .3 und .5 werden in den mittleren Bereich und Koeffizienten größer als .5 als hoch eingeordnet. Unsere Werte liegen zwischen .34 und .42 und sind somit dem mittleren Bereich zuzuordnen.

Abschließend wurde mit den Aufgaben noch eine Hauptkomponenten Faktorenanalyse mit Varimax-Rotation durchgeführt. Die Dimensionsanalyse ergab einen Faktor mit Eigenwert < 1 .

5. Diagnose von Fehlvorstellungen

Mehrstufige Multiple-Choice Aufgaben haben ein großes Potenzial zur Diagnose von Fehlvorstellungen. Die Diagnosefähigkeit der Aufgaben zur Induktion soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Hierzu wird erneut die bereits bekannte Aufgabe betrachtet (vgl. Abbildung 1). Den Auswahloptionen auf beiden Stufen werden nun Abkürzungen zugeordnet: A1, A2, A3, A4 für Antwort 1 bis Antwort 4, und B1, B2, B3, B4 für Begründung 1 bis Begründung 4. Man kann auf diese Weise eine übersichtliche Tabelle, die alle 16 möglichen Kombinationen enthält, erstellen. In dunkelgrau ist in der Tabelle 2 die richtige Lösung zu Aufgabe 5 markiert und in hellgrau die Auswahlkombinationen, denen Fehlvorstellungen zugeordnet werden können.

Insgesamt können den Auswahlkombinationen dieser Aufgabe drei Fehlvorstellungen zugeordnet werden. Hierbei wurden von uns vor der Evaluation die Fehlvorstellungen (1) und (2) als bedeutsam eingestuft.

Den Fehlvorstellungen, die mit dieser Aufgabe erhoben

	A1	A2	A3	A4
B1			Die Stärke des induzierten Stromes ist abhängig von der Stärke des Magnetfeldes. (1)	
B2			Die Stärke des induzierten Stromes ist abhängig von der Größe des magnetischen Flusses. (2)	
B3	Die Stärke des induzierten Stromes ist abhängig von der prozentualen Änderung der Magnetfeldstärke. (3)			
B4		richtig		

Tab. 2: Übersicht über die 16 Auswahlkombinationen aus den vier Antworten und Begründungen der Aufgabe aus Abbildung 1. Die Auswahlkombination A2B4 gehört zur richtigen Lösung. Die Auswahlkombinationen A3B1, A3B2 und A1B3 können die in der Tabelle eingetragenen Fehlvorstellungen zugeordnet werden.

werden können, liegt oft eine Verwechslung der Änderung des magnetischen Flusses mit anderen physikalischen Größen zugrunde. Guisasola et al. [11] berichten davon, dass Albe et al. [12] in ihren Untersuchungen bei den Lernenden eine zum Teil nicht vorhandene Differenzierung zwischen dem magnetischen Fluss, dem Magnetfeld und der Änderung des magnetischen Flusses feststellen konnten. Diese nicht vorhandene Differenzierung fließt in die Fehlvorstellungen (1) und (2) ein. Die Fehlvorstellung (1) wurde ebenfalls schon bei den Schülerinnen und Schülern, die an der Studie von Saglam und Millar [13] teilgenommen haben, diagnostiziert.

Um eine Einordnung der Ergebnisse vornehmen zu können, wird als erstes die Häufigkeit betrachtet, mit der die verschiedenen Auswahlkombinationen gewählt werden. Diese sind in der Tabelle 3 dargestellt. Neben der richtigen Auswahlkombination (A2B4) wurden lediglich zwei weitere Auswahlkombinationen (A3B1, A3B2) von deutlich mehr als der Ratewahrscheinlichkeit (6,25%) gewählt. Diesen beiden Auswahlkombinationen können die Fehlvorstellungen (1) und (2) zugeordnet werden (vgl. Tabelle 2).

Um nun entscheiden zu können, ob den Schülerinnen und Schülern, die die beiden Auswahlkombinationen gewählt haben, die Fehlvorstellungen zugeordnet werden können, werden die 3. und 4. Stufe ausgewertet. Für die fünfstufige Skala auf der die Sicherheit bei der Beantwortung der Frage angegeben werden sollte, bedeutet eine 1, dass sich die Befragten sehr unsicher und eine 5 sehr sicher bei der Beantwortung waren.

	A1	A2	A3	A4
B1	1%	2%	27%	1%
B2	1%	1%	21%	0%
B3	5%	2%	2%	0%
B4	1%	37%	1%	1%

Tab. 3: Prozentsatz der Lernenden, die die Auswahlkombination gewählt haben. (Anmerkung: Aufgrund der Rundung ergibt die Summe der Einträge nicht genau 100%.)

	A1	A2	A3	A4
B1	2,2	2,5	3,0	3,5
B2	1,8	2,7	3,4	-
B3	3,3	1,8	3,0	-
B4	3,0	3,7	2,5	1,3

Tab. 4: Mittelwert beider Sicherheitsstufen aller Lernenden. (Anmerkung: Aufgrund der Rundung ergibt die Summe der Einträge nicht genau 100%.)

Die Mittelwerte beider Sicherheitsstufen aller Lernenden für die 16 Auswahlkombinationen sind in der Tabelle 4 dargestellt. Dieser Tabelle kann man entnehmen, dass den Auswahlkombinationen A3B1 und A3B2 einen Wert größer als 3 aufweisen. Diese relativ hohe subjektive Sicherheit weist darauf hin, dass die Schülerinnen und Schüler die Fehlvorstellungen, die diesen Auswahlkombinationen zugeordnet werden können, tatsächlich besitzen.

Caleon und Subramaniam [5] haben für die Auswertung mehrstufiger Multiple-Choice Aufgaben eine

systematische Einordnung entwickelt und diese auf Aufgaben zu Eigenschaften und zur Ausbreitung mechanischer Wellen angewendet. Zieht man diese Einordnung auch für die Aufgaben zu qualitativen Aspekten der elektromagnetischen Induktion heran, so decken sich die Ergebnisse aus der systematischen Einordnung mit unseren Einschätzungen bezüglich bedeutsamer Fehlvorstellungen größtenteils.

6. Fazit

Die Auswertung hat ergeben, dass alle drei Testgütekriterien erfüllt sind und darüber hinaus die Werte der Itemanalyse in allen Bereichen gute Werte liefern. Mit dem Test können Fehlvorstellungen zu qualitativen Aspekten der elektromagnetischen Induktion identifiziert werden. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Zusammenstellung der sechs Aufgaben ein geeignetes Testinstrument zur Erfassung qualitativer Aspekte der elektromagnetischen Induktion darstellt.

Der vollständige Test kann von der Verfasserin und dem Verfasser angefordert werden.

7. Literatur

- [1] Pesman, H.; Eryilmaz, A. (2010): Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research*, 103, 208-222
- [2] Urban-Woldron H.; Hopf, M. (2012): Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* Jg. 18, 201-227
- [3] Caleon, I.; Subramaniam, R. (2010): Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, 32:7, 939-961
- [4] Treagust, D. F. (1988): Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10:2, 159-169
- [5] Caleon, I.; Subramaniam, R. (2010): Do students' know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40, 313-337
- [6] Polhout, D.; Summe, J. (2012): Erstellung eines Two-tier Tests zur elektromagnetischen Induktion mit Hilfe eines Classroom Response Systems. Bachelorarbeit im Fachbereich Physik, Universität Osnabrück.
- [7] Hellebusch, C. (2013): Auswertung und Optimierung von Testaufgaben zur elektromagnetischen Induktion. Masterarbeit im Fachbereich Physik, Universität Osnabrück
- [8] Rost, D. H. (2005): Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. Beltz Verlag, Weinheim und Basel
- [9] Briggs, S. R.; Cheek, J. M. (1986): The role of factor analysis in the development and evaluation of personality scales. *Journal of Personality* 54 1, 106-148
- [10] Westermann, R. (2014): Bestimmung der Inhaltsvalidität von Testaufgaben zur elektromagnetischen Induktion durch Strukturanalyse von Physikschulbüchern. Masterarbeit im Fachbereich Physik, Universität Osnabrück
- [11] Guisasola, J. et al (2013): University students' understanding of electromagnetic induction. *International Journal of Science Education*, Vol. 35, No. 16, 2692-2717
- [12] Albe, V. et al. (2001): Electromagnetic concepts in mathematical representation of physics. *Journal of Science education and Technology*, Vol. 10, No. 2, 197-203
- [13] Saglam, M.; Millar, R. (2006): Upper high school students' understanding of electromagnetism. *International Journal of Science Education*, Vol. 28, No.5, 543-566