

Fachdidaktische Informationen Akzeptanzbefragungen

3. Akzeptanzbefragungen

Unsere früheren Lehr-Lern-Untersuchungen bei Mittelstufenschülern und bei Primarstufenschülern führten uns zu der Auffassung, dass die magnetische Wirkung um stromdurchflossene Leiter für die Einführung der Stromkreisvorstellung recht überzeugend ist. Um die Lernschwierigkeiten der Schüler und die Wirksamkeit der auf der magnetischen Wirkung beruhenden Argumente genauer zu untersuchen, wurden von uns Einzelbefragungen durchgeführt, und zwar nach der von uns entwickelten Methode der Akzeptanzbefragung /3/. Mit dieser Methode soll u.a. das folgende bei den offenen Interviews auftretende Problem vermieden werden: In vielen Interviews zeigte es sich, dass im Gesprächsverlauf aus anfänglich recht vagen Vorstellungen der Schüler sehr klar formulierte, ausgereifte Fehlvorstellungen wurden, m.a.W., bei diesen Schülern entstanden erst auf Grund der Untersuchung selbst schwer revidierbare Fehlvorstellungen. Das wirft natürlich die Frage auf, ob Untersuchungen mit solchen Nebeneffekten überhaupt vertretbar sind.

Aus diesem Grund, und weil wir besonders an Informationen über die Art der Barrieren, die das Akzeptieren der angebotenen Ideen verhindern, interessiert waren, wendeten wir die Methode der Akzeptanzbefragung an. Die Idee des Verfahrens besteht darin, den Schülern ein Theorieelement (hier die Stromkreisvorstellung) zu erklären und dann auf verschiedene Art herauszufinden, was sie davon und wie sie es verstanden haben. Durch weitere Informationsangebote wird getestet, ob bzw. wie die Barriere 'überwunden' werden kann. Es wird also gerade nicht Schritt für Schritt ein suggestiver, induktiver Einzelunterricht durchgeführt, sondern auf pointierte Weise die physikalische Sicht angeboten. Das allgemeine Befragungsschema lautet:

1. Der Interviewer gibt mündlich eine Erklärung mit Erläuterungen und Beispielen (ggf. Erläuterung nicht verstandener Termini etc.).
2. Die Befragten werden aufgefordert, die Erklärung zu bewerten; ist sie gut - schlecht, verständlich - unverständlich, plausibel - unplausibel u.ä.m.
3. Die Befragten werden aufgefordert, die Erklärung in ihren eigenen Worten zu wiederholen, wobei besonders auf Auslassungen und Transformationen geachtet wird.
4. Die Befragten werden aufgefordert, die Erklärung auf ein konkretes Beispiel anzuwenden.
5. Teilkomplexe werden detailliert bewertet, diskutiert, durch neue Informationen angereichert und erneut bewertet und diskutiert. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn Lücken und Missverständnisse auftreten.
6. Abschließend werden die Befragten aufgefordert, die Erklärung auf ein neues, konkretes Beispiel anzuwenden.

Die bisherigen Erfahrungen mit diesem Typ von Befragungen zeigten, dass die Widerstände der Schüler – auch in der Primarstufe – sehr deutlich hervortreten und dass wertvolle Hinweise für die Konstruktion von erfolgreichen Lehrangeboten im Unterricht gewonnen werden können. Befragt wurden insgesamt 27 Drittklässler. Die Sitzungen dauerten jeweils zwischen 15 und 30 Minuten. Konkretisiert auf die Stromkreisvorstellung und die Konstanz der Stromstärke lautete das verwendete Schema der Akzeptanzbefragung folgendermaßen:

Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

Schema der Akzeptanzbefragung „Elektrizitätslehre (Primarstufe)“

1. Anschluss eines Lämpchens an eine Batterie

1a) Erläuterung

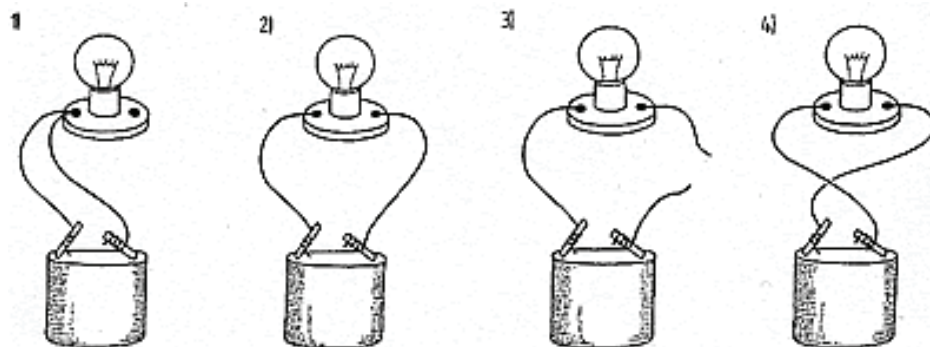
Damit ein Lämpchen leuchtet, muss der eine Anschluss der Batterie durch ein Kabel, das ist ein Metalldraht, mit einem Anschluss des Lämpchens verbunden werden und der zweite Anschluss der Batterie mit dem zweiten Anschluss des Lämpchens.

Demonstration (4,5V-Lämpchen, 3V-Batterie)

Demonstration, dass es mit einem Draht nicht geht.

1b) Prüffragen

Wo leuchtet das Lämpchen und wo nicht? Abbildungen 1 - 4) vorlegen und Bild für Bild abfragen



2. Elektrische Stromstärke

2a) Erklärung

Ich schließe jetzt eine andere, stärkere Batterie an, dann fließt mehr Elektrizität durch das Lämpchen und dadurch leuchtet es heller (zuerst 4,5 V-Lämpchen und 3 V-Batterie, dann 4,5 V-Lämpchen und 4,5 V-Batterie).

2b) Bewertung

Dieses Lämpchen leuchtet einmal heller, einmal dunkler. Stellst Du Dir auch vor, dass mehr Elektrizität durch das Lämpchen fließt, wenn es heller leuchtet? Oder findest Du diese Vorstellung irgendwie merkwürdig?

2c) Paraphrasierung

Kannst Du noch Mal mit Deinen Worten wiederholen, was ich Dir eben erklärt habe?

2d) Überprüfung

Ich schließe diesen Motor erst einmal an diese 3V-Batterie an. Er dreht sich. Wenn ich ihn an diese stärkere Batterie (4,5V) anschließe: Was wird man beobachten?

Demonstration

Fließt sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Batterie genau so viel Elektrizität durch den Motor?

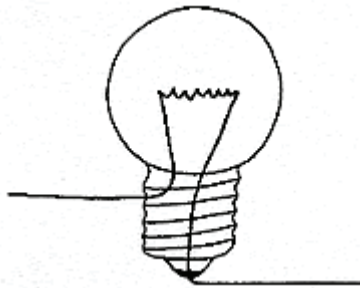
Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

3. Stromkreisvorstellung

3a) Erläuterung

Die Wissenschaftler stellen sich vor, dass die Elektrizität von dem Batterieanschluss durch das Kabel, durch das Lämpchen, das zweite Kabel zum zweiten Batterieanschluss fließt und dann durch die Batterie wieder durch das erste Kabel zum Lämpchen usw. (Verweis auf vorliegende Schaltung aus 1a). Die Elektrizität fließt also so im Kreis. Die Batterie hat dafür zu sorgen, dass die Elektrizität hier so im Kreis fließt.

Auch ein Lämpchen ist im Grunde ein durchgehender Draht (Abbildung vorlegen).



3b) Bewertung

Wie findest Du denn diese Vorstellung der Wissenschaftler? Einleuchtend? Merkwürdig?
Unglaublich?
Wie meinst Du denn, wie die Elektrizität fließt?

3c) Paraphrasierung

Wiederhole bitte in Deinen eigenen Worten, was ich Dir darüber, wie die Elektrizität hier fließt, gesagt habe!

3d) Überprüfung

Einfacher Stromkreis mit einem Motor: Wie fließt hier die Elektrizität?

4. Konstanz der Stromstärke im unverzweigten Stromkreis

4a) Erklärung

Die Wissenschaftler sind der Meinung, dass bei einer solchen Anordnung (einfacher Stromkreis) hier an jeder Stelle gleichviel Elektrizität fließt. Also hier durch das Kabel, durch das Lämpchen und durch die Batterie fließt überall gleich viel Elektrizität.

Also auch: Vor dem Lämpchen und hinter dem Lämpchen fließt gleich viel Elektrizität.

4b) Bewertung

Wie findest Du denn diese Meinung der Wissenschaftler? Oder stellst Du Dir das anders vor?

4c) Paraphrasierung

Kannst Du bitte in Deinen eigenen Worten meine Erklärung wiederholen, wie sich das hier mit der Elektrizität verhält?

4d) Überprüfung

(Reihenschaltung mit 2 Lämpchen, Stromkreis noch nicht geschlossen);

Fließt durch dieses Lämpchen genau so viel wie durch dieses?

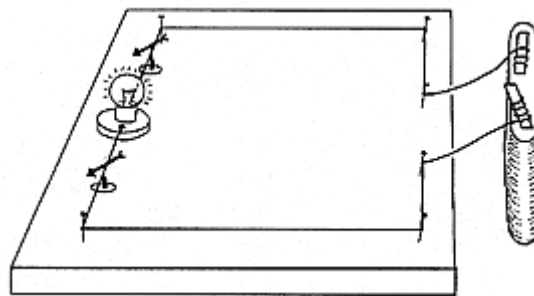
Entsprechend: Kabel – Lämpchen, Kabel – Kabel usw.

Fachdidaktische Informationen

Akzeptanzbefragungen

5. Weitere Argumente und Demonstrationen: magnetische Wirkung

Ich stelle hier eine Kompassnadel an den Draht (s. Abb. 3). Jetzt verbinde ich dieses Kabel mit der Batterie (1,5V). Achte mal auf die Kompassnadel! Das Lämpchen leuchtet und die Kompassnadel dreht sich etwas.



Nun lasse ich mehr Elektrizität fließen (Batteriewechsel 4,5V oder 6V). Du siehst, das Lämpchen leuchtet heller und die Kompassnadel dreht sich etwas weiter als eben. Wenn ich die Anschlüsse an der Batterie vertausche, schlägt die Nadel in die andere Richtung aus (Demonstration).

Nun stelle ich vor und hinter das Lämpchen eine Kompassnadel: Was wird mit den beiden Nadeln passieren, wenn ich den Draht an die Batterie anklamme?

(Vergleich der Drehung: Drehrichtung, Drehwinkel). Demonstration: Du siehst, beide Nadeln schlagen gleich aus. Das ist ein Grund, weshalb die Wissenschaftler sagen, vor und hinter dem Lämpchen fließt gleich viel Elektrizität.

Die Kompassnadeln schlagen auch in die gleiche Richtung aus. Und das ist ein Grund, weshalb die Wissenschaftler sagen, die Elektrizität fließt im Kreis.

Kannst Du Dir jetzt besser vorstellen, dass an jeder Stelle gleich viel Elektrizität fließt und dass die Elektrizität im Kreis fließt? Hast Du irgendwo Bedenken? Wie stellst Du dir das vor?

6. Schlussfrage: Reihenschaltung mit 3 Lämpchen (nicht angeschlossen)

Wenn ich die Verbindung herstelle: Werden alle Lämpchen leuchten?

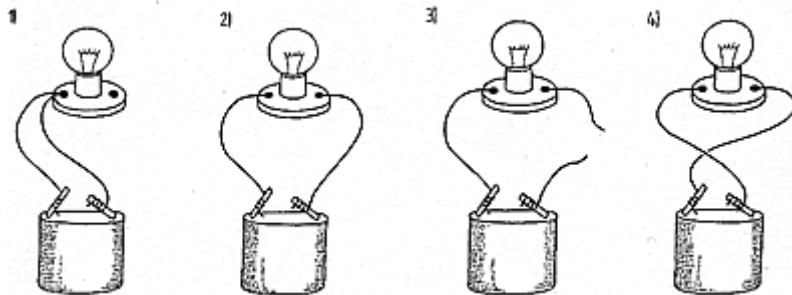
Wie fließt hier die Elektrizität?

Nachfrage zu bestimmten Orten (Kabel, Lämpchen)

Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

3.1 Ergebnisse der Akzeptanzbefragung

Zu 1) Überprüfung der Anschlussbedingung



Nach Demonstration und Beschreibung der Anschlussbedingung wurden die vier Abbildungen mit Schaltungen nacheinander zur Überprüfung vorgelegt.

Überhaupt keine Schwierigkeiten gab es bei den Abbildung 2 und 3 (100% korrekte Antworten bzw. Begründungen). Bei Bild 1 sagen spontan immerhin 1/3 der Schüler, dass das Lämpchen leuchten wird, zwei davon korrigieren sich sofort nach einem Blick auf die Materialien. Die übrigen 5 Schüler können nach Demonstration sofort die richtige Begründung geben: *„Ah ja, weil beide auf einen Punkt gehen“*, bzw. *„Jeder muss seinen eigenen Anschluss haben“*.

Bei Bild 4 erwarten 17 von 26 Schülern (65%), dass das Lämpchen leuchtet (*„Weil das eine Kabel ist ja an dem einen und das andere ist ja an dem anderen“*); 2 davon wiesen auf einen möglichen Kurzschluss hin. 9 Schüler (35%) begründen ihre Nein-Prognose mit der Vorstellung, dass eine bestimmte Batterie-Lasche mit einem ganz bestimmten Lämpchen-Anschluss verbunden werden muss, z.B.:

S: Geht nicht. Weil das müsste eigentlich auf den rechten Anschluss von dem Bild und der linke immer auf die linke Seite.

I: Das macht also einen Unterschied, ob ich hier diese große Lasche an diese Seite oder an die Seite mache?

S: Ja.

I: Wollen wir mal probieren (führt vor). Also, für das Lämpchen ist es egal, welcher Anschluss an welche Seite kommt. Jetzt knobelst Du über irgendwas?

S: Also wie das funktioniert, dass es jetzt äh, wenn man das überkreuzt, dass es dann auch funktioniert.

I: Irgendwie verwundert Dich das, dass es funktioniert.

S: Hmhm.

Neben dieser Vorstellung, dass entsprechende Seiten einander zugeordnet sind, spielt bei einigen „Experten“ auch das Wissen eine Rolle, dass z.B. Batterien „richtig“ in ein Gerät eingelegt werden müssen (*„Das geht nicht, weil Plus und Minus vertauscht sind.“*)

Nach normalem Unterricht, der den Schülerinnen und Schülern genügend Zeit zum eigenen Ausprobieren und Konstruieren verschiedenster Schaltungen gibt, treten diese Schwierigkeiten nach unseren Erfahrungen allerdings nicht mehr auf.

Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

Zu 2) Elektrische Stromstärke

2b) Bewertung des Informationsangebots:

92% der befragten Schüler bewerten den angebotenen Zusammenhang zwischen Intensität des Vorgangs (hier Leuchten des Lämpchen) und der Elektrizitätsmenge, die durch das Lämpchen fließt, als akzeptabel (z.B. „Das ist einleuchtend. Das ist richtig“. Oder „Ja, ja, nicht komisch.“) Eine Schülerin bemängelt, dass damit noch nicht verständlich wäre, weshalb unterschiedlich viel Elektrizität fließt und weshalb die Elektrizität überhaupt durch die Büroklammern fließt. Eine Schülerin meint, dass immer die gleiche Stromstärke vorhanden sei. Nach Erläuterung und Demonstration fragt I:

I: *Fließt jetzt genau so viel Elektrizität durch das Lämpchen?*

S: *Ja.*

I: *Bei beiden Batterien fließt genau so viel Elektrizität durch das Lämpchen?*

S: *Ja! Es ist schwer zu erklären. Ich weiß, dass es stimmt, mein Vater hat mir das mal erklärt.*

2c) Paraphrasierung

Die drei markantesten Aspekte, auf die sich die Schüler bei der Wiedergabe beziehen, sind Helligkeit (75%), Elektrizitätsmenge/Stromstärke (71%) und Batteriestärke (54%). Den vom Lehrangebot her besonders erwünschten Zusammenhang zwischen Helligkeit und Elektrizitätsmenge beschreiben spontan 46%.

2d) Überprüfung (Anwendung auf Elektromotor)

Alle aufgeforderten Schülerinnen und Schüler stellen die richtige Beziehung zwischen Elektrizitätsmenge und Drehzahl des Motors her. Schwierigkeiten ließen sich nicht erkennen. Die gedankliche Verknüpfung von Intensität des Leuchtens oder Drehens mit hindurchfließender Substanzmenge stellt offensichtlich für die Schüler überhaupt keine Schwierigkeit dar.

Zu 3) Stromkreisvorstellung

3b) Bewertung

Hier ergab sich:

- Zustimmung zur Stromkreisvorstellung/keine expliziten Bedenken/Einwände: 78%
- Davon Andeutungen von Unsicherheit: 15%
Nur in einem Fall zeigte sich in den nachfolgenden Befragungsteilen (Endüberprüfung), dass die durch Tonfall und Mimik angedeuteten Unsicherheiten eine gewisse Berechtigung hatten (spontane Verwendung der Verbrauchsvorstellung).
- 6 Schülerinnen und Schüler (22%) erhoben Einwände und begründeten dies folgendermaßen:
Zweizuführungsvorstellung: 4 (15%)
Stromverbrauch: 2 (7%)

Zwei Gesprächsbeispiele für den Stromverbrauch:

S: *Hm, das Lämpchen braucht doch auch Strom, da kommt ein bisschen was weg.*

I: *Meinst Du, hier vor dem Lämpchen ist mehr als hier hinter?*

S: *Hmhm.*

Fachdidaktische Informationen

Akzeptanzbefragungen

Das zweite Beispiel ist besonders deshalb interessant, weil hier die Vorstellung geäußert wird (vielleicht auch vom Interviewer nahegelegt wurde), dass etwas – in diesem Fall die Elektrizität – eine gewisse Zeit lang im Lämpchen wirken muss, damit ein Effekt (das Leuchten des Lämpchens) zustande kommt.

S: - (lange Pause) Ah ja, nicht ganz.

I: Was stört Dich denn daran? Wie würdest Du Dir das denn hier vorstellen?

S: Wenn das durchfließt, dann muss doch ein ganz kleiner Funken Energie drin bleiben, oder? Weil das kommt ja immer weiter –

I: Ich muss mal nachdenken, ob ich das verstehe. Vielleicht kannst Du das noch mal mit anderen Worten sagen.

S: Also, die Elektrizität, die hier durchfließt, da muss ja immer noch ein kleines bisschen Energie da drin bleiben, sonst wird's ja gar nicht leuchten.

I: Meinst Du, da bleibt in dem Lämpchen ein bisschen Elektrizität drin.

S: Ja, hmhm, sonst würde es ja gar nicht leuchten, wenn es hier die Runde macht.

I: Ah ja, wenn es einfach nur so hoch ginge, würde es nicht leuchten?

S: Hmhm.

I: Ich versuche immer noch, mir genauer vorzustellen, was Du meinst, womit man das vergleichen könnte. Meinst Du vielleicht, dass da irgendwas verbraucht wird oder einfach nur, dass es da auf dem Draht sitzt? So ganz ist mir das nicht klar.

S: Also, geht die Energie da ganz schnell durch oder langsamer?

I: Also ganz schön schnell, ein paar mal in der Sekunde um die Erde.

S: Oh, so schnell. Also, dann stimmt meine Behauptung nicht, ich dachte, die geht so ganz langsam da durch.

I: Also hast Du gemeint, das wäre eine Möglichkeit, ich weiß nicht, ob Du es so meintest, hier raus, zum Lämpchen, da bleibt es ein bisschen, einen Moment, und dann geht es weiter.

S: Hmhm, ja eigentlich schon. Nur das Lämpchen, das müsste dann ja ausgehen, wenn es wieder weiterläuft.

I: Das muss immer einen Moment hier bleiben, damit es leuchtet?

S: Hmhm.

I: Aber dann geht es genau so, wie es hier angekommen ist, weiter?

S: Hmhm.

Fachdidaktische Informationen Akzeptanzbefragungen

Beispieläußerungen zur Zweizuführungsvorstellung: Erstes Beispiel:

S: *Ich würde es anders sehen.*

I: *Wie würdest Du das sehen?*

S: *Also, von der einen Seite kommt ein bisschen Strom hierhin und von der anderen Seite auch ein bisschen Strom, und wenn die hier dann an dem Lämpchen sind, also dann gehen die also mehr so gemischt.*

I: *Hmhm, also schon klar. Du hast nicht die Idee, das geht so im Kreis, sondern von beiden kommt was dahin zum Lämpchen.*

S: *Hmhm.*

I: *Wenn ich ein (Kabel) abmache, dann geht's nicht. Warum geht es dann nicht?*

S: *Vielleicht weil bei dem einen nicht genug Strom durchfließt.*

Zweites Beispiel:

S: *Nee, das glaube ich nicht.*

I: *Was glaubst Du denn, wie das geht?*

S: *Ich glaube, es geht halt von beiden hierhin und der Strom geht dann hier mit dem Licht weg, dann geht das auch mit der Wärme, geht der Strom weg.*

I: *Mit meinen Worten – es kommt an beiden Laschen raus, geht hier hin (Lämpchen) und da passiert dann irgendwas in dem Lämpchen?*

S: *Ja, hmhm.*

Drittes Beispiel:

I: *Stört Dich, dass es hier rauskommt und hinter dem Lämpchen zurück zur Batterie geht?*

S: *Ja, ich denke, dass es von den beiden Kabeln losgeht und dann hier in die Lampe rein.*

Obwohl im Informationsangebot alle Hinweise und Hinführungen zur Zweizuführungsvorstellung vermieden wurden, äußerten 4 Schülerinnen/Schüler die Zweizuführungsvorstellung als die für sie überzeugendere Sicht. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf die große Plausibilität dieser Vorstellung für Grundschulkinder.

3c) Paraphrasierung

Alle 20 Schüler, die zur Wiedergabe aufgefordert worden waren, beschreiben die Stromkreisflussvorstellung richtig.

Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

3d) Anwendung auf Elektromotor

Wegen alternativer Gesprächsverläufe (die magnetische Wirkung wurde schon bei 3b) und 3c) besprochen), wurde 3 Schülern das Anwendungsbeispiel nicht vorgelegt. Von den restlichen 23 wendeten 19 (83%) die Stromflussvorstellung richtig an, 4 (17%) verwendeten eine Zweizuführungsvorstellung. Davon ist nur einer aus der Gruppe der vier Schüler, die die Zweizuführungsvorstellung bei der Bewertung in 3b) äußerten. M.a.W.: Beim Befragungspunkt Stromflussvorstellung sind es immerhin 7 Schülerinnen und Schüler (26% von 27), die von sich aus eine Zweizuführungsvorstellung als Gegenvorstellung vorbringen!

Zu 4) Konstanz der Stromstärke
4b) Bewertung

Drei Schüler wurden nicht zu einer Bewertung aufgefordert, da sie wegen vorhergehender Lernschwierigkeiten sofort mit der magnetischen Wirkung konfrontiert wurden und aufgrund dieser Argumente den Nichtverbrauch von elektrischem Strom bzw. Elektrizität akzeptieren. 75% der zu einer Bewertung aufgeforderten Schüler finden die angebotene physikalische Vorstellung akzeptabel. z.B.

S: *Die haben das ganz gut gemacht, das kann man sich ganz gut vorstellen so.*

I: *Stellst Du Dir das auch so vor?*

S: *Ja klar!*

Eine Schülerin zieht die – genau genommen ja richtig gesehene – Möglichkeit in Betracht, dass die Kabeldicke einen Einfluss hat, löst die Frage für sich selbst aber physikalisch akzeptabel auf:

S: *Die finde ich gut. Ist ja irgendwie das gleiche Kabel, ist ja auch hier (Batterie) gleich befestigt und hier an der Lampe auch.*

I: *Und wenn ich ein anderes Kabel nehmen würde?*

S: *Keine Ahnung, ginge dann vielleicht auch.*

I: *Wenn ich das hier abschrauben würde und hier austausche?*

S: *Äh, dann fließt hier vielleicht ein bisschen mehr.*

I: *Weil es dicker ist?*

S: *Hmhm.*

I: *Wie ist das denn, wenn es hier rauskommt, dann kommt es erst mal zum Lämpchen, durch's Lämpchen durch, da ist es immer noch gleich viel sagst du.*

S: *Hmhm.*

I: *So, jetzt kommt es in das dicke, und da ist es plötzlich mehr?*

Fachdidaktische Informationen

Akzeptanzbefragungen

S: *Na, nee, da ist es immer noch gleich viel, weil da nicht mehr dazu kommt.*

5 Schüler äußern eine Verbrauchsvorstellung, von denen 4 ihre Meinung auf Grund des für sie hier eingeschobenen Belehrungsteils mit der magnetischen Wirkung ändern, wie z.B.:

S: *Nicht so gut.*

I: *Was stört Dich denn daran?*

S: *Nämlich wenn hier das ganz stark kommt, kann es hier nicht so stark kommen, weil die ja den Strom verbraucht, die Lampe.*

I: *Ja, das leuchtet ein.*

Demonstration der Ablenkung der Magnetnadel und Erläuterungen durch I (Stromstärke – Ausschlag und Richtungsabhängigkeit).

I: *Wenn ich hier (gleiche Seite von Lämpchen wie die erste Nadel) eine zweite Nadel hinstelle, werden die gleich stark oder unterschiedlich stark ausschlagen?*

S: *Gleich stark schlagen die aus.*

I: *Also in dem Draht hin fließt dieselbe Elektrizität. Gucken wir mal kurz. (Demonstration durch I) Jetzt nehme ich eine dritte (Kompassnadel) und stelle sie dahinter. Wenn jetzt hier weniger fließt?*

S: *Dann müsste die nicht so viel ausschlagen.*

I: *Genau. Jetzt gucken wir mal (Demonstration). Gleich!*

S: *Ja.*

I: *Und das ist mit ein Grund, weshalb die Wissenschaftler sagen, das geht ohne Verbrauch hier durch. Das macht hier den Draht heiß. ... Also die Wissenschaftler denken aus solchen Gründen, hier fließt genau so viel wie hier. Ist es für Dich überzeugend, das mit den Nadeln?*

S: *Ja.*

4c) Paraphrasierung

10 Schüler wurden wegen alternativen Gesprächsverlaufs nicht zur Wiedergabe in eigenen Worten aufgefordert.

Bei einer Schülerin deutet sich eine Zweizuführungsvorstellung an. Ein Schüler greift auf eine Verbrauchsvorstellung zurück, lässt sich aber davon abbringen. Das verwendete Argument (gleiche Helligkeit der in Reihe geschalteten Lämpchen – siehe nachfolgenden Gesprächsauszug) wurde auch von anderen Schülern vorgebracht bzw. akzeptiert.

I: *Also überall fließt gleich viel Elektrizität?*

S: *Nee, ich glaube doch, in dem einen ist ein bisschen mehr und in dem weniger.*

I: *Und warum?*

Fachdidaktische Informationen Akzeptanzbefragungen

S: *Weil es im Kreis geht, glaub' ich.*

I: *Deshalb ist es weniger?*

S: *Ja, weil die Lampe etwas verbraucht!*

I: *Gut, dann schauen wir uns noch mal zwei Lämpchen hintereinander an. Wie müsste denn die zweite Lampe aussehen, wenn die erste etwas verbraucht?*

S: *Nun, dann wird sie dunkler.*

I demonstriert: *Du siehst, beide Lämpchen leuchten gleich hell. Fließt in dem ersten Lämpchen gleich viel Elektrizität wie in dem zweiten Lämpchen?*

S: *Ja! (Bestätigt auch für Kabel und Batterie)*

Alle übrigen Schüler (12 von 14) geben die Information zur konstanten Stromstärke weitgehend korrekt wieder.

4d) Überprüfung (Reihenschaltung)

6 Schülern wurde diese Frage wegen alternativer Gesprächsführung nicht vorgelegt. Die hierzu befragten Schüler wenden zu 62% recht sicher die Stromkreis- und Stromerhaltungsvorstellung an. Für zwei weitere ist dies bezüglich Kabel und Lämpchen ebenfalls klar, allerdings nicht für die Batterie. Dort ist bzw. fließt im Sinne eines Elektrizitätsspeichers mehr Elektrizität als z.B. in den Lämpchen. Diese Auffassung findet sich an anderer Stelle auch noch bei weiteren Schülern.

Ein Schüler benutzt zunächst eine Zweizuführungsvorstellung um zu begründen, dass im Kabel zwischen den beiden Lämpchen weniger Elektrizität fließt als in den beiden direkt von der Batterie ausgehenden Zuleitungen, in denen die Elektrizität zu den Lämpchen fließt.

5 Schüler (24%) äußern Verbrauchsvorstellungen, teilweise kombiniert mit einer Verteilungs- oder einer Schwellenvorstellung:

S4 hat gerade für den Fall eines Lämpchen gesagt, dass zum Lämpchen genau so viel Elektrizität hinfließt wie dahinter zur Batterie zurück. Bei der Reihenschaltung mit zwei Lämpchen sagt sie:

S: *Hier ist es auch halt wieder genau so. Da geht aus der Batterie dieser Strom bis zum Lämpchen, bis zum anderen Lämpchen weiter und dann wieder zurück.*

I: *Hmhm, und hier vor dem ersten fließt genau so viel wie hier zwischen den beiden?*

S: *Nein, ...*

I: *Hier kommt was an. Fließt dann hier (Kabel zwischen beiden Lämpchen) mehr, weniger oder gleich viel?*

S: *Weniger.*

I: *Und hinter dem zweiten Lämpchen, wenn du das mit dem vor dem zweiten Lämpchen vergleichst?*

S: *Kommt wieder weniger.*

Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

I: *Hmhm, also hier fließt viel weniger als hier vorn. Und bei dem einen Lämpchen war's vor und hinter gleich?*

S: *Ja!*

I: *Es ist also ein Unterschied, ob ein Lämpchen oder zwei Lämpchen da sind?*

S: *Ja!*

I: *Das find' ich sehr interessant, dass du da einen Unterschied machst. Kannst du das begründen?*

S: *Weil da eben zwei Lämpchen sind, und die brauchen mehr.*

I: *Aber dann würde ich denken, auch ein Lämpchen braucht etwas.*

S: *Nee.*

I: *Hm, das finde ich interessant, wenn ich zwei hintereinander nehme, dann brauchen sie was (S: Ja.), und wenn ich eines nehme, dann braucht's nichts.*

S: *Hm, ein kleines bisschen.*

Unter dem Druck des Gesprächs akzeptiert S nun auch bei einem Lämpchen einen Strom- bzw. Elektrizitätsverbrauch, aber ein „bisschen“ ist eigentlich nicht erwähnenswert.

Ähnlich auch bei einer anderen Schülerin, die sich vor und hinter dem 1. Lämpchen gleich viel Elektrizität, vor und hinter dem 2. Lämpchen aber wegen des Verbrauchs ungleiche Elektrizitätsmengen vorstellte.

In den folgenden Äußerungen zeigt sich neben dem „Nimm“-Schema (jedes Lämpchen nimmt sich, was es braucht) und dem Teilen-Schema auch die Vorstellung, dass aus einer Batterie unabhängig von den angeschlossenen Bauelementen immer die gleich Elektrizitätsmenge herausfließt.

S: *... aber weil zwei (Lämpchen) sind, und dann wieder so verbunden sind, weil sie sich den Strom teilen müssen, ist dann wieder schwächer (d.h. die Lämpchen leuchten schwächer), aber die Batterie ist genau so stark, ...*

I: *... Wie könntest Du Dir vorstellen, wie sie sich den Strom teilen?*

S: *Auf der einen Lampe ist etwas Strom, und dann geht's da durch und da auch wieder Strom.*

I: *D.h. in dem ersten Kabel ist nicht so viel Elektrizität wie in diesem Kabel (zwischen den beiden Lämpchen)?*

S: *Als in diesem, ja, ...*

I: *Angenommen ... das erste (Lämpchen) nimmt sich was, wie müsste das zweite aussehen? Wie leuchtet, das zweite Lämpchen dann? Genau so oder anders?*

S: *Ja, genau so.*

Fachdidaktische Informationen Akzeptanzbefragungen

I: *Warum genau so? Weil da wäre doch schon was weg?*

S: *Ja, davon ist was weg. Aber dann fließt doch der andere Strom, von dem es sich was weggenommen hat, wieder weiter und es (das Lämpchen) nimmt sich dann und der restliche Strom läuft hier durch.*

I: *Ja, ist es aber nicht anders? Müsste das Lämpchen nicht anders aussehen?*

S: *Nee, find' ich nicht!*

I: *Also ganz kapiere ich's nicht! Erkläre es mir noch mal.*

S: *Dieser Strom läuft hier durch, dass sich das Lämpchen was nimmt und so weiter Strom durchläuft, hier das Lämpchen nimmt sich, der Strom läuft weiter durch. ...D.h. die beiden Lämpchen sind gleich groß und Watt, und sie nehmen sich genau das Gleiche, die gleiche Menge.*

Man sieht an diesem Beispiel recht gut, vor welche Schwierigkeiten man im Klassenunterricht bei einer solchen Argumentation gestellt wird, wenn man sich als Ziel gesetzt hat, die Schüler zur Akzeptanz von Stromkreisvorstellung und der Vorstellung von Nichtverbrauch der Elektrizität zu bringen.

Das Teilen-Schema – neben dem Verbrauchsschema – benutzt z.B. auch ein anderer Schüler:
„... Hier müsste eigentlich ein bisschen mehr fließen, denn das Lämpchen verbraucht ja auch noch mehr und dann fließt hier ja auch noch weniger. Die beiden teilen sich das und das hat dann mehr“.

Zu 5) Zusatzinformation: Ablenkung von Magnetnadeln

Fast alle Schüler bezeichnen die Argumentation mit Hilfe der magnetischen Wirkung auf Magnetnadeln als einsichtig und überzeugend, einige sind von dem Zusatzargument sehr angetan:
„Au ja, das ist so ein Test, damit man weiß, das ist gleich viel!“

Das nachfolgende Gesprächsbeispiel zeigt recht gut die Auseinandersetzung eines Schülers, der eine Zweizuführungsvorstellung geäußert hatte, mit der Zusatzinformation:

I demonstriert und erläutert die magnetische Wirkung (bei unterschiedlich starken Batterien und beim Vertauschen der Anschlüsse) auf eine Kompassnadel. Eine zweite Kompassnadel wird auf die andere Seite des Lämpchens gestellt.

I: *Was glaubst Du, passiert mit den beiden Kompassnadeln?*

S: *Bewegen sich wie vorher, aber das nach da und das nach da.*

I: *Also in verschiedene Richtungen?*

S: *Ja.*

I: *Warum denkst Du das?*

S: *Ja, von Plus geht's da lang zur Lampe und auch von Minus zur Lampe (zeigt Zweizuführungsvorstellung).*

Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

I: *Schlagen die auch gleich weit aus oder verschieden weit?*

S: *Gleich weit ... Weil in beiden genau so viel Strom drin ist.*

I: *Gut, schauen wir es uns an. Was passiert?*

S: *Sie bewegen sich doch in die gleiche Richtung.*

I: *und schlagen gleich weit aus. Warum schlagen die Kompassnadeln in die gleiche Richtung aus?*

S: *Ah ja, weil die Elektrizität geht dann so (zeigt Stromkreis)*

I: *Im Kreis?*

S: *Ja!*

Ein anderes Beispiel war schon unter 4b) zitiert worden.

Zu 6) Abschlussüberprüfung
6a) Stromkreisvorstellung

Von 26 Schülern gaben 24 (92%) eine physikalisch akzeptable Beschreibung des Elektrizitätsflusses, z.B.:

S: *Ok, um so stärker die Batterie ist, um so mehr Elektrizität fließt durch, und um so heller tun auch die Lämpchen leuchten. Und die Elektrizität läuft auch überall immer gleich durch, weil sie immer im Kreis läuft.*

I: *Also hier in dem Kabelstück -*

S (unterbricht): *Ist genau so viel wie in dem da, oder in dem oder in dem.*

I: *und in den Lämpchen?*

S: *Fließt genau so viel.*

Zwei Schüler greifen noch immer auf eine Zweizuführungsvorstellung zurück. Einer davon bleibt bis zum Schluss skeptisch gegenüber der angebotenen physikalischen Sicht:

S: *Geht aus beiden raus und die geht dann immer durch die ganzen Lämpchen durch. Aber immer laufend.*

I: *Du sagst, aus beiden raus, also so (zeigt Zweizuführungsvorstellung)?*

S: *Ja!*

I: *Also geht es aus beiden raus und geht dann so (zeigt)?*

S: *Ja, nee, das würde nicht gehen.*

Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

I: *Was würde denn nicht gehen?*

S: *Ja, wenn es von beiden kommt, dann würde es hier zusammenstoßen.*

I: *Das gefällt Dir nicht so?*

S: *Nee! Ja ja, vielleicht kommt's ja nur –*

I: *Ja, überleg' einfach mal laut weiter.*

S: -

I: *Total verwirrt? Also, die Idee, dass es aus einem Anschluss rauskommt, hier so durchgeht und hier wieder reinkommt, das scheint Dir nicht so einzuleuchten.*

S: *Na ja, es sind ja zwei (Anschlüsse) da. Dann würde ja praktisch nur die eine (Batterie-Lasche) benutzt werden.*

I: *Ähm. Wenn ich mal weiter spekuliere, was Du denkst: Wenn es nur hier rauskäme, dann bräuchte man das zweite (Kabel) gar nicht.*

S: *Aber dann geht's aber auch nicht.*

I: *Hmhm, und weil man das braucht, ist es für Dich einleuchtend, dass aus beiden etwas herauskommt.*

S: *Ja ja, muss eigentlich so, weil das –*

I: *Man kann sich das so vorstellen, dass die Batterie wie eine Pumpe das im Kreis laufen lässt, und da muss es auch wieder hier (Batterie) reinkommen.*

(Auf Nachfrage bestätigt S. dass die Stromkreisvorstellung nicht plausibel ist.)

I: *Wenn wir noch mal an die Kompassnadeln denken?*

S: *Na ja, eigentlich schon.*

I: *Aber so richtig überzeugend findest Du es nicht.*

S: *Na ja, es geht so.*

Eine Schülerin korrigiert ihre Zweizuführungsvorstellung nach Hinweis auf die gleiche Helligkeit aller drei Lämpchen von selbst.

6b) Konstante Stromstärke

25 Kinder wurden nach der Stromstärke gefragt. Eine Schülerin (S23) benutzte zunächst eine asymmetrische Zweizuführungsvorstellung, korrigierte sich dann selbst.

3 Schüler verwenden eine Verbrauchsvorstellung, von denen 2 auch nach erneuter Diskussion nicht sehr überzeugt schienen.

Fachdidaktische Informationen

Akzeptanzbefragungen

Der folgende Schüler ist ein schönes Beispiel für die ernsthafte Auseinandersetzung. Seiner Meinung nach fließen in den Anschlusskabeln an der Batterie unterschiedlich starke Ströme:

I: *Hmhm, also das mit den Magneten scheint Dich doch nicht so überzeugt zu haben.*

S: *- Doch zuerst –*

I: *Aber jetzt doch nicht mehr?*

S: *Nee, nicht mehr.*

I: *Was würde Dich denn überzeugen? Was müsste ich denn machen, damit Du das glaubst?*

S: *Ein paar von denen (Magneten) hier hinstellen (entlang der Reihenschaltung).*

I: *Also für Dich ist es wirklich ein Unterschied, ob es ein Lämpchen ist oder drei sind?*

S: *Hmhm, ja!*

I: *Wir können es ja mal probieren (Demonstration), Also ich denke, so etwa gleich weit ist es bei allen. Es ist tatsächlich so, dass es überall gleich stark ablenkt, und deshalb gleich viel fließt. Kannst Du es jetzt glauben?*

S: *Ja!*

Spontan geben 84% an, dass die Stromstärke überall gleich groß ist.

Fachdidaktische Informationen
Akzeptanzbefragungen

3.2 Auftreten von Zweizuführungs- und Verbrauchsvorstellungen insgesamt

Überprüft man das Auftreten der beiden verbreitetsten Lernschwierigkeiten in der gesamten Befragung ergibt sich folgendes:

Verbrauchs- und/oder Zweizuführungsvorstellung genannt:	14 (52%)
Zweizuführungsvorstellung genannt:	7 (26%)
Verbrauchsvorstellung genannt:	9 (33%)

Obwohl von Seiten der Interviewer alles vermieden wurde, was Fehlvorstellungen aktivieren könnte, wurden von der Hälfte der Schüler solche Vorstellungen irgendwo in der Befragung vertreten. Bei der Abschlussüberprüfung äußern noch 5 Schüler (19%) eine Zweizuführungsvorstellung (2) oder eine Verbrauchsvorstellung (3). Bis auf einen skeptisch bleibenden Schüler gehen sie aber auf Grund einer weiteren Diskussionsphase oder Hinweise auf vorangegangene Informationen davon ab. Diese 5 Schüler haben bereits in den Befragungsabschnitten 3 und 4 solche Vorstellungen geäußert, und zwar bis auf eine Ausnahme diejenigen, die sie auch bei der Endüberprüfung zeigten.

9 der 14 Schüler, die an irgendeiner Stelle die unphysikalischen Vorstellungen zu erkennen gaben, tun dies in der Endüberprüfung nicht. Es sind also deutliche Lernfortschritte zu erkennen.

Bei den Paraphrasierungen wird bis auf wenige Ausnahmen die von den Interviewern gegebene Information korrekt wiedergegeben, trotz unmittelbar vorher geäußelter Einwände. D.h., die angebotenen physikalischen Vorstellungen sind für Grundschulkinder durchaus verständlich, wenn auch nicht die für sie einleuchtendste Möglichkeit.