

Wie können Schülerinnen und Schüler sachgerechtes Erklären lernen?

R. Berger & C. Helms

Überblick

- Einleitung
- Wissenschaftstheoretische Aspekte des Erklär-Begriffs
- Training zur Förderung der Erklär-Kompetenz
- Einige empirische Ergebnisse zur Wirksamkeit

Zwei Aspekte des Erklärens

- Beim *sachgerechten Erklären* steht die *Struktur* einer Erklärung im Vordergrund (fachliche Korrektheit, Vollständigkeit etc.)
- *Adressatengerechte Erklärungen* werden an den *Empfänger* angepasst (Berücksichtigung des Vorwissens, Veranschaulichungen etc.; Kulgemeyer, 2010)

Zusammenhang der Aspekte

Die beiden Aspekte sind nicht strikt zu trennen:

- Die notwendige „Erklärtiefe“ einer sachgerechten Erklärung hängt vom Vorwissen ab („Was ist erklärungsbedürftig?“)
 - Eine adressatengerechte Erklärung setzt voraus, dass sie sachgerecht ist.
- Fokussierung im Vortrag auf sachgerechte Erklärung („physikalische Erklärung“)

Operatoren im Kerncurriculum

- Operator „Erklären“ enthält beide Aspekte: „Einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich zum Ausdruck bringen mit Bezug auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten und Ursachen.“
 - Operator „Begründen“ fokussiert eher auf die Dimension „sachgerechtes Erklären“: „Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Beziehungen von Ursachen und Wirkung zurückführen.“
- Bildungsstandards Kompetenzbereich Kommunikation:
„Aussagen sachlich begründen“ (Anforderungsbereich II)

Unterschied zu Alltagserklärungen

Alltagserklärungen:

Unvertrautes (und damit Erklärungsbedürftiges) wird mit Vertrautem (und damit nicht Erklärungsbedürftiges) in Beziehung gesetzt (z.B. Wasserkreislauf als Analogie zum elektrischen Stromkreis)

Dieses Vorgehen hat seinen Wert zur (adressatengerechten) Veranschaulichung, stellt aber keine (sachgerechte) physikalische Erklärung dar, denn:

Ist einem Wüstenbewohner eine Wassersäule vertraut? Sind hydraulische Elemente (z.B. Wasserwiderstand) einem Schüler vertraut?

Eine physikalische Erklärung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie „auf eigenen Füßen steht.“ (Stephen Toulmin)

Physikalische Erklärungen ...

- ... stellen Alltagserklärungen (manchmal) „auf den Kopf“: Das Vertraute wird nicht selten erklärungsbedürftig, das Unvertraute hingegen nicht weiter hinterfragt!
- Beispiel: Das Abbremsen eines Gegenstands (vertraut!) ist im Theorierahmen von Newton erklärungsbedürftig, weil es von der (definitiv unvertrauten!) Trägheitsbewegung abweicht.

Warum tut uns die Wissenschaft das an?

- Im Theorierahmen von Aristoteles ist das (vertraute) langsamere Werden eine Grundbewegung und daher nicht erklärungsbedürftig.
- „Wenn wir immer darauf bestünden, das Unvertraute durch das Vertraute zu erklären, und nicht umgekehrt, dann hätten wir uns niemals von der aristotelischen Dynamik freimachen können.“
(S. Toulmin, 1981, S. 74)

Erklären als Zurückführen auf grundlegende Postulate

- Beschleunigung wird im Newtonschen Theorierahmen auf das zweite Newtonsche Gesetz zurückgeführt.
 - Elektrischer Strom bei Annäherung eines Magneten an eine Spule wird im Theorierahmen des Elektromagnetismus auf eine Maxwell-Gleichungen (das Induktionsgesetz) zurückgeführt.
- Diese Erklärungen sind dann *bezüglich des gewählten Theorierahmens* vollständig.

Vollständigkeit hängt vom Theorierahmen ab

Beispiel:

Zunahme des Drucks in einem von der Sonne bestrahlten Fahrradreifen (bei ungefähr konstantem Volumen).

- Erklären durch Zurückführen auf das Allgemeine Gasgesetz ist im Rahmen der phänomenologischen Thermodynamik vollständig.
- In dem erweiterten Rahmen der statistischen Physik („Teilchenmodell“) wird das Allgemeine Gasgesetz selbst aber begründungsbedürftig.
- In dem Theorierahmen der Quantenphysik wird auch das Teilchenmodell begründungsbedürftig.
- ...

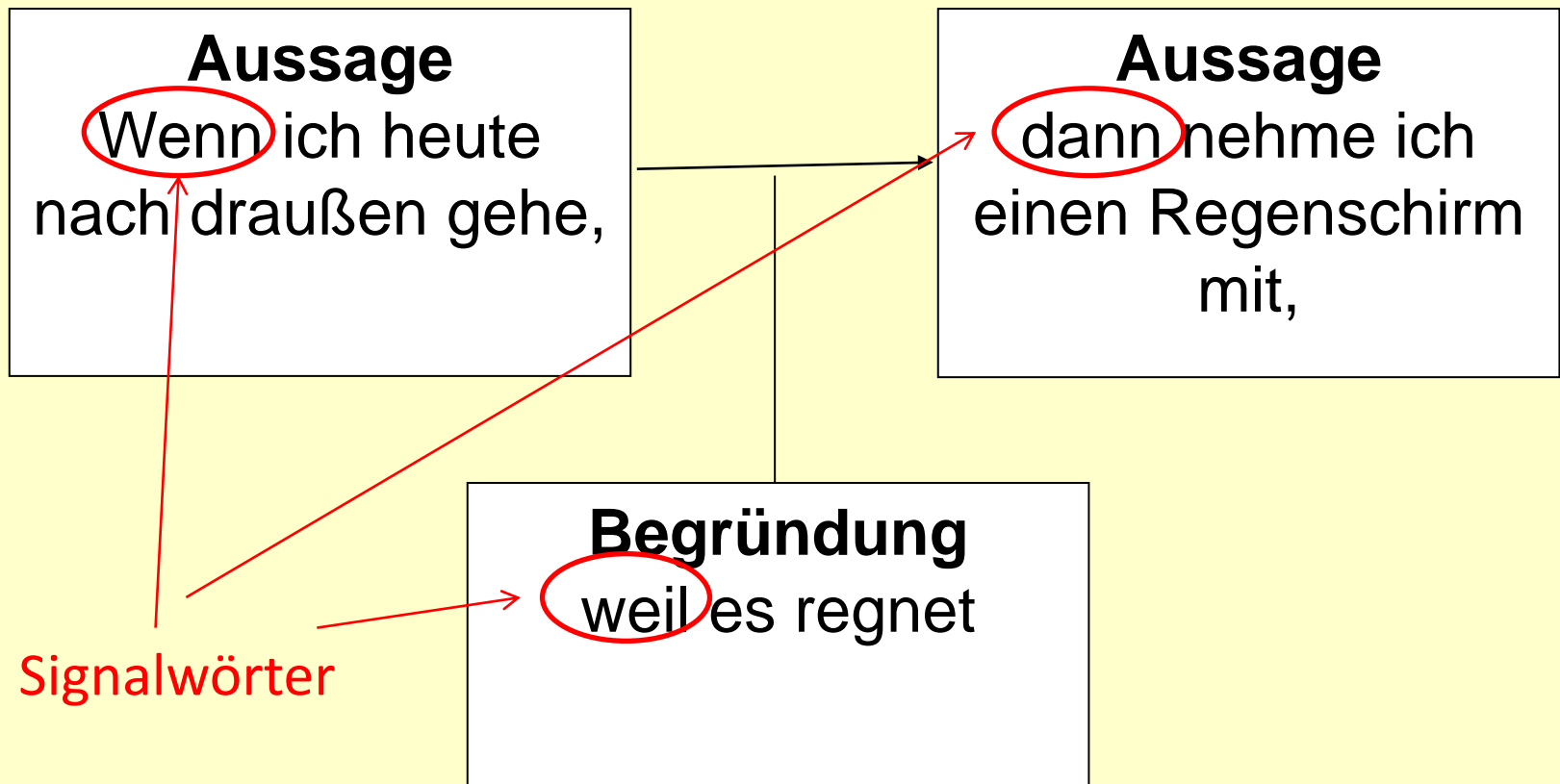
Zusammenfassung

1. Physikalische Erklärungen begründen Zusammenhänge mit grundlegenden physikalischen Gesetzen.
2. Begründungen hängen von der Art des gewählten Theorierahmens ab.

Wichtige Forschungsergebnisse

- Häufige Fehler von Schülerinnen und Schülern
(Kronenberger & Souvignier, 2005; McNeill & Krajcik, 2007):
 - Erklärungen sind nicht lückenlos
 - Es werden keine Begründungen gegeben
- Erklären muss explizit gelehrt werden
(Erduran, Simon & Osborne, 2004)
- Eine Hilfe, um solche Fehler zu vermeiden, ist die Bildung einer „Erklärkette“ (Tschentscher, 2015)

Grundstruktur einer Erklärkette



Schülerinnen u. Schüler verstehen „wenn – dann“- Argumente (Braaten & Windschitl, 2011; von Aufschnaiter, Erduran, Osborne & Simon, 2008)

Aussage
Wenn ich heute
nach draußen
gehe,

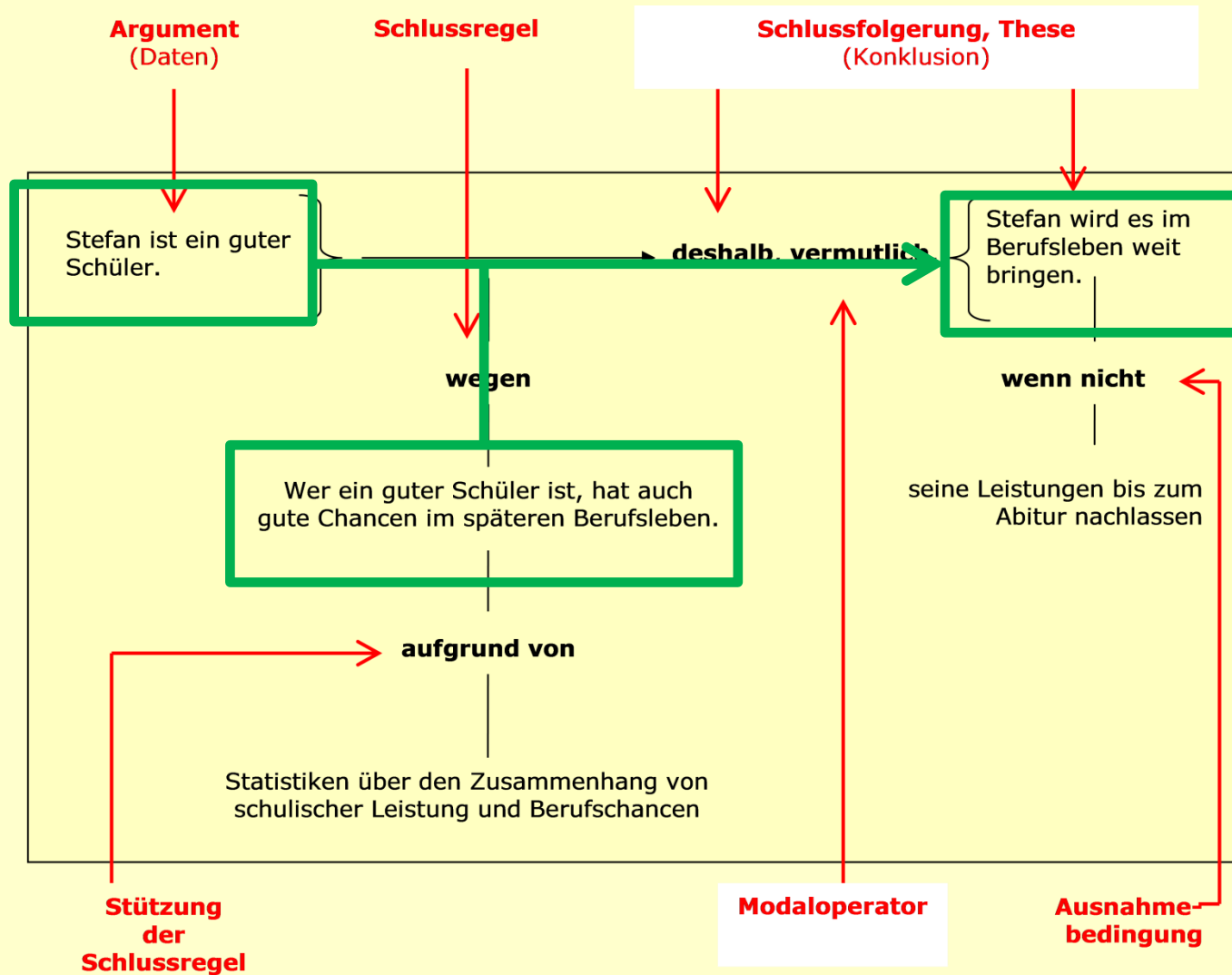
Aussage
dann / wenn
nehme ich
einen
Regenschirm
mit,

Aussage
dann komme
ich trocken an
meinem Ziel an

Begründung
weil es regnet

Begründung
weil der
Regenschirm
mich vor Regen
schützt

Erklärungskonzeption nach Toulmin



Einschätzung durch Schüler

Vollständigkeit: „Also ich finde das Prinzip so im Allgemeinen echt gut, weil es bei mir zumindest oftmals in Klausuren oder auch Aufgaben daran scheitert, wenn ich irgendetwas erklären soll, dass ich [...] halt Sachen vergesse“.

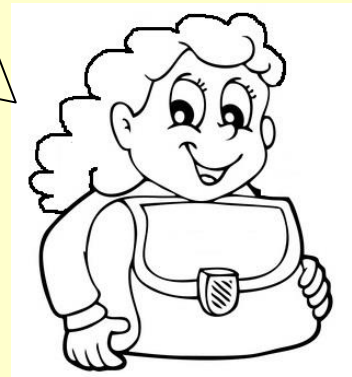


Hilfe zum Formulieren: „Ich denke, für das Formulieren ist es wirklich einfach mit so einer Erklärkette, einfach weil man eine klare Struktur hat“.



Gedankliche Strukturierung:

„Also ein Vorteil, wenn man das auf diese Weise macht, ist, glaube ich einfach, dass es anschaulicher ist für einen selber auch, und dass man halt ein bisschen einen Überblick darüber gewinnt, was man überhaupt erklären möchte“.



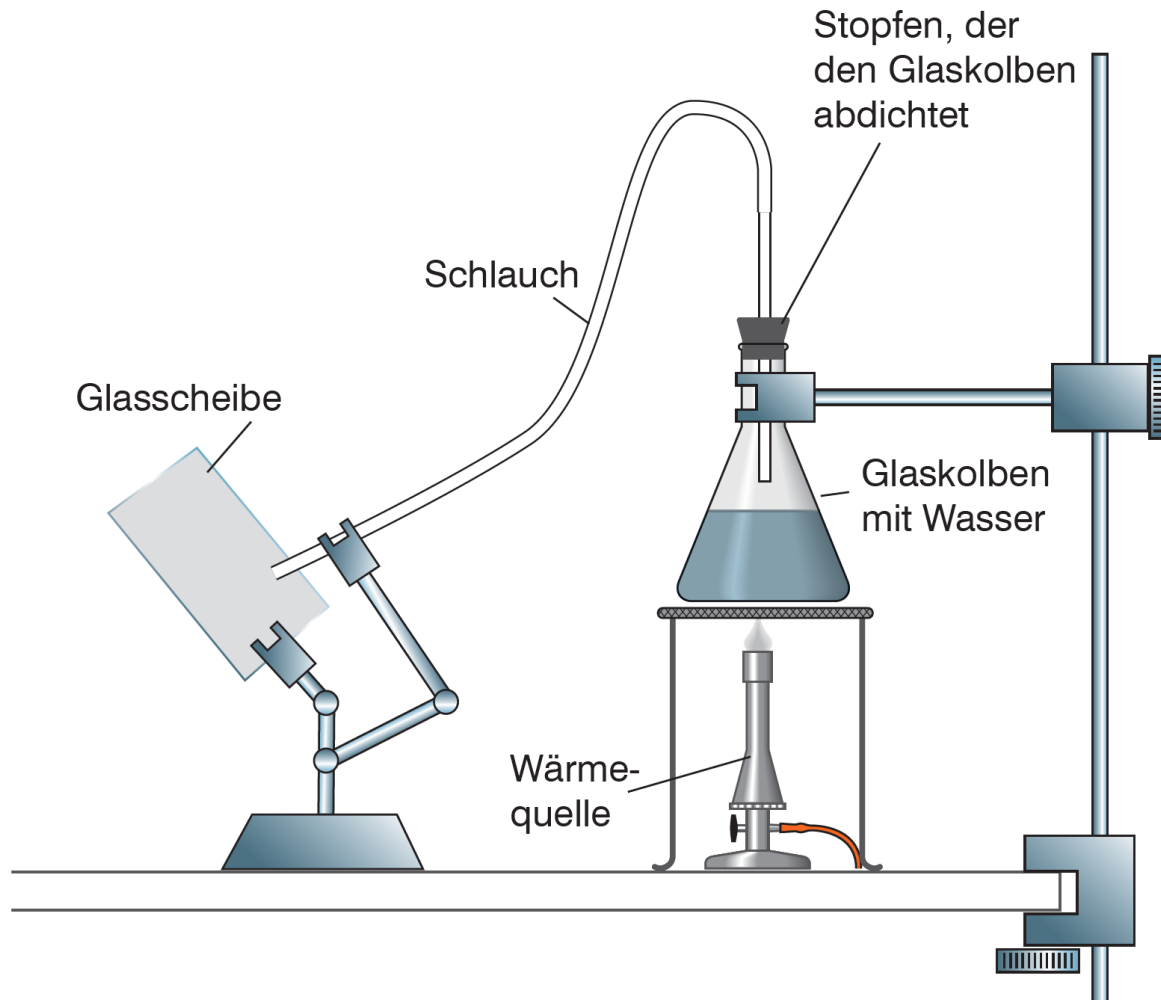
Schüler-Training zur Erklärkette

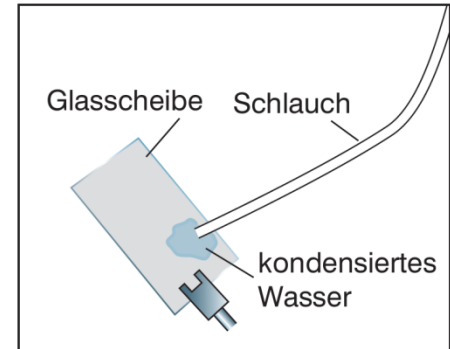
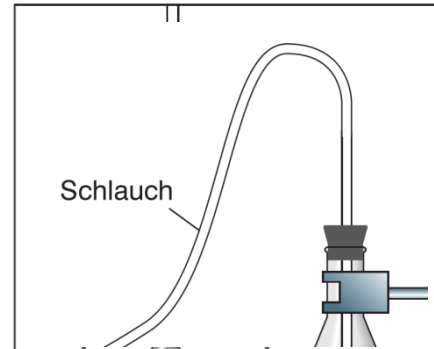
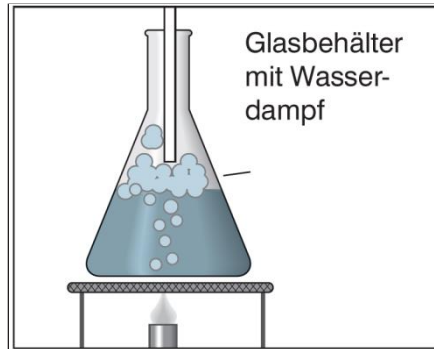
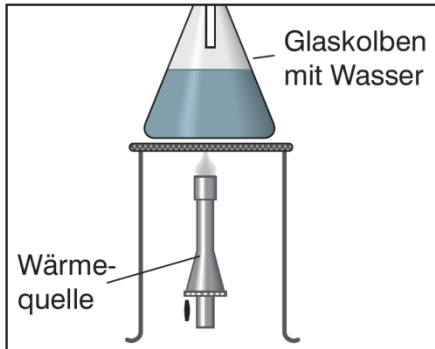
Abschnitt	Zeit (ca.)	Inhalt
1	4 min.	Bekanntgabe des Ziels und der Idee des Unterrichtskonzepts, Hinweise auf verschiedene Schwierigkeiten in Erklärungen
2	7 min.	Vorstellen der Idee der Erklärkette
3	6 min.	Aufzeigen der Vorteile
4	8 min.	Anwenden der Erklärkette auf einen Versuch zur Wärmelehre, schriftliches Formulieren einer Erklärung mithilfe der Erklärkette
5	7 min.	Zusammentragen der Ergebnisse

Anwendung der Erklärkette

Bild 1 zeigt einen Versuch aus dem Bereich der Wärmelehre:

Unter einem mit Wasser gefüllten Glaskolben befindet sich eine Wärmequelle. Die Öffnung des Glaskolbens ist mit einem Stopfen abgedichtet. Auf der Öffnung des Glaskolbens sitzt ein Schlauch. Vor der Öffnung des Schlauchs befindet sich eine Glasscheibe.





Wenn Wasser in dem Glaskolben erhitzt wird, ...

... dann/wenn ...
... wird es gasförmig

... dann/wenn ...
... gelangt es durch den Schlauch auf die Scheibe

... dann beschlägt die Glasscheibe.

weil ...
... das Wasser bei 100 Grad siedet

weil ...
... Gas sich ausbreitet

weil ...
... das Wasser bei Abkühlung kondensiert

Studie zum Erklärtraining

(C. Tschentscher, 2015; C. Erfmann, 2015)

Gruppe SEh (N=131)	Basistraining zur SEh (1 Std.)	Unterrichtseinheit zur elektromagnetischen Induktion mit SEh (6 Std.)	Gruppenpuzzle (2 Std.)
Gruppe BEh (N=142)		Unterrichtseinheit zur elektromagnetischen Induktion mit BEh (6 Std.)	Gruppenpuzzle (2 Std.)

Strukturelle Erklärhilfe (SEh):

Strukturieren Sie Ihre Erklärung mithilfe einer Erklärkette.

Wenn sich die
Brems Scheibe dreht,

...

dann *ändert* sich der
magnetische Fluss in
der von der Spule
eingeschlossenen Fläche,

weil sich die Anzahl der
Feldlinien, die die einge-
schlossene Fläche durch-
stoßen, ständig ändert,

dann entsteht ein
elektrisches Feld im
Leiter

weil dies die
Induktionsregel besagt,

dann werden *Elektronen*
entlang des Leiters
verschoben,

weil elektrische Felder
auf Elektronen eine
Kraft ausüben,

...

Begriffliche Erklärhilfe (BEh):

Verwenden Sie für Ihre Erklärung die Begriffe
*magnetischer Fluss, Änderung, elektrisches
Feld* und *Elektronenverschiebung*.

Gruppenpuzzle (Beispiel: Mikrofon)

Mikrofon Experten

Mikrofone begegnen uns in unserem Alltag in verschiedenen Bereichen, wie z.B. beim Telefon, auf einem Konzert oder als Spielzeug. Bei einem sogenannten Tauchspulenmikrofon spielt hierbei die Induktion eine große Rolle.

Ziel dieser Station:

Die Funktionsweise eines Mikrofons erklären.

In der Abbildung 1 sehen Sie den schematischen Aufbau eines Tauchspulenmikrofons. Die Spule ist bei einem solchen Mikrofon mit der Membran verbunden.

An dem aufgeschnittenen Mikrofon, das Sie an Ihrer Station finden, können Sie den Aufbau eines echten Mikrofons nachvollziehen.

Aufgabe 1

Machen Sie sich mit den wenigen zentralen Bauteilen eines Mikrofons vertraut, indem Sie die Spule, den Magnet und die Membran im aufgeschnittenen Mikrofon identifizieren.

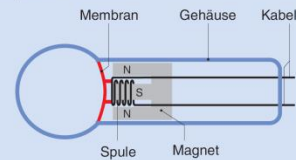


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Mikrofons

Um einen möglichst großen Aufbau eines Mikrofons zu haben, verwenden wir einen Lautsprecher und benutzen diesen in umgekehrter Richtung als Mikrofon.

Ein Mikrofon und ein Lautsprecher sind vom prinzipiellen Aufbau gleich. Der Lautsprecher ist gewissermaßen das Gegenstück zum Mikrofon. Mit einem Lautsprecher werden Schallwellen erzeugt. Es wird also elektrische Energie in Bewegungsenergie umgewandelt.

Aufgabe 2

Der aufgebaute Versuch verdeutlicht das Funktionsprinzip eines Mikrofons.

- Identifizieren Sie die Bauteile Spule, Membran, Magnet und elektrischer Signalempfänger (Oszilloskop) im Versuchsaufbau.
- Verbinden Sie (durch Linien) in den folgenden Abbildungen die Bauteile des Mikrofons mit den entsprechenden Bauteilen des Versuchsaufbaus.

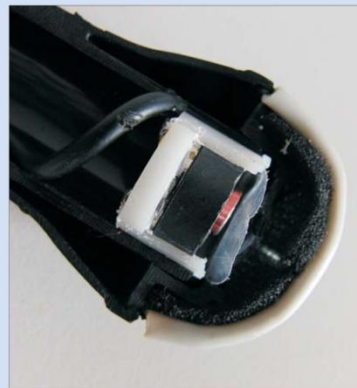
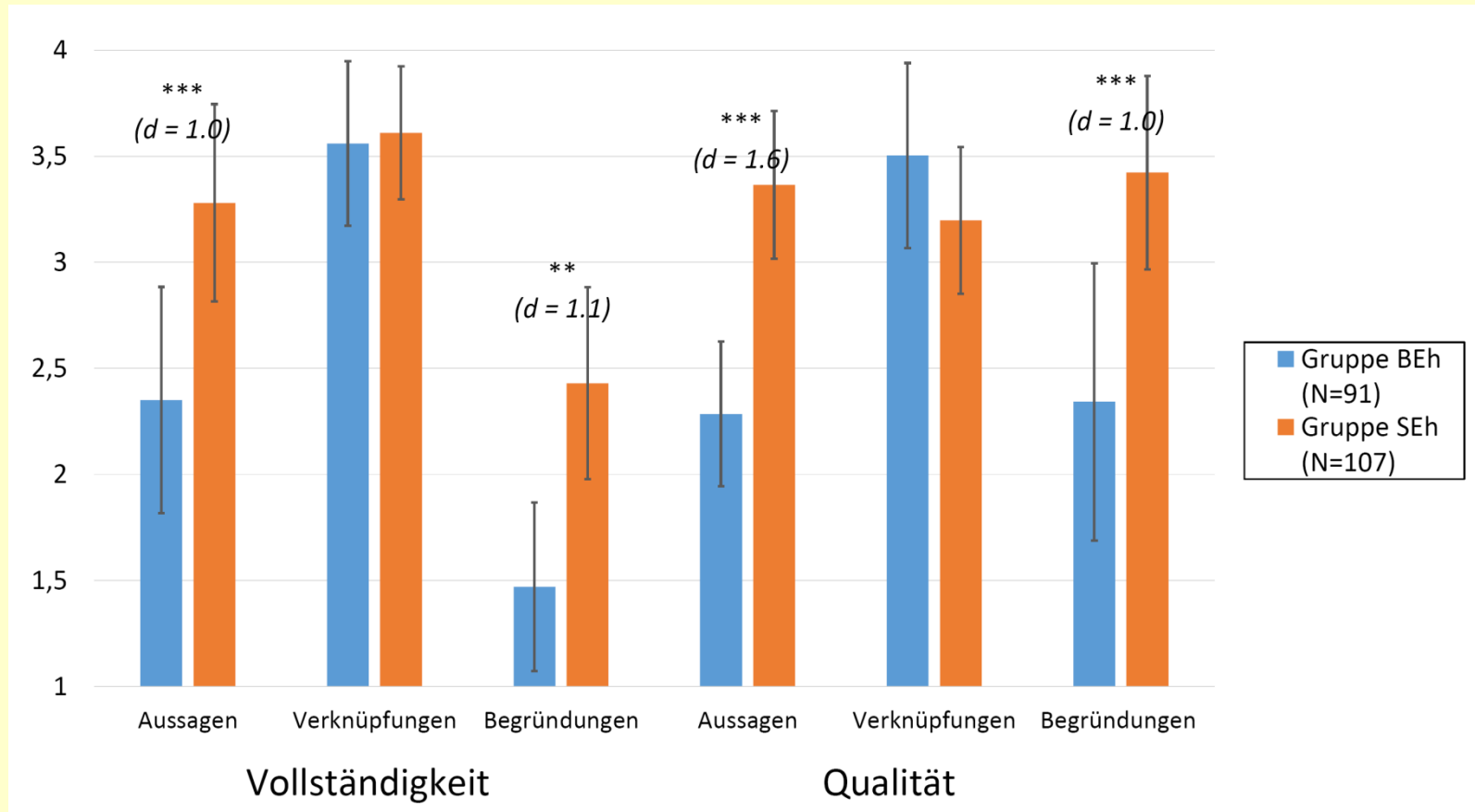


Abb. 2: aufgeschnittenes Mikrofon



Abb. 3: Versuchsaufbau

Analyse der Erklärungen im Gruppenpuzzle



Durch ein Training kann insbesondere die Vollständigkeit und Qualität der Begründungen mit großer Effektstärke verbessert werden.

Unterrichtspraktische Empfehlungen

- *Explizit* behandeln, was eine gute Erklärung ausmacht („Natur der Naturwissenschaften“).
- Trainieren von sachgerechten Erklärungen.
- Erklärungen auch in schriftlichen Prüfungen verlangen.

Ausgewählte Literatur

- **Wissenschaftstheoretische Vertiefung:**
 - Toulmin, S. (2003). *The Uses of Argument*. Cambridge Univ. Press
 - Bartelborth, T. (2007). *Erklären*. De Gruyter. (auch im WWW!)
- **Beschreibung des Erklärtrainings:**

C. Tschentscher & R. Berger (2016). Wie kann man gute Erklärungen mit lernenden trainieren? *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 2 / 16, S. 15-21.

Trainingsmaterialien unter www.physikdidaktik.uni-osnabrueck.de

- **Unterrichtseinheit zur Induktion:**

C. Erfmann & R. Berger (2015). Ein elementarer Zugang zur Induktion. *Praxis der Naturwissenschaften*, 2 / 64, S. 13-25.

Materialien unter www.physikdidaktik.uni-osnabrueck.de