

Experimentelle Fähigkeiten in der Grundschule diagnostizieren und individuell fördern

Rasmus Viefers*, Heike Theyßen*, Nico Schreiber*

*Universität Duisburg- Essen

rasmus.viefers@uni-due.de, heike.theysen@uni-due.de, nico.schreiber@uni-due.de

Kurzfassung

Bereits im Grundschulalter sollen Schülerinnen und Schüler experimentelle Fähigkeiten erwerben. Dazu gehört u. a. die Variablenkontrollstrategie (VKS). Untersuchungen konnten zeigen, dass die VKS bereits in der Grundschule vermittelbar ist. Allerdings sind der Erwerb und die Anwendung mit einer hohen kognitiven Belastung verbunden. Zur Reduzierung der kognitiven Belastung bieten sich als Unterstützungsangebote beispielsweise gestufte Lernhilfen oder Lösungsbeispiele an. Eine Gemeinsamkeit dieser Unterstützungsangebote ist, dass beide die Selbstregulationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler fördern. Unterschiede liegen insbesondere in dem Ausmaß der Autonomie, die die Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung der Unterstützungsangebote erleben können. Daher werden beide Unterstützungsangebote hinsichtlich ihrer Wirkung auf die individuelle Förderung experimenteller Fähigkeiten, differenziert nach Lernvoraussetzungen (z. B. Leseverständnis, Selbstregulationsfähigkeit, Vorwissen), in der Grundschule kontrastierend untersucht. Dafür wurde ein Testinstrument zur Erfassung der VKS bei Grundschulkindern entwickelt, das neben einem schriftlichen Teil auch einen hands-on Teil enthält.

1. Einleitung

Bereits in der Grundschule sollen die Schülerinnen und Schüler im Sachunterricht eigenständig Experimente planen und durchführen (GDSU, 2013, S. 40). Dabei sollen experimentelle Fähigkeiten erworben werden. Diese Fähigkeiten können in den Phasen der Planung, Durchführung und Auswertung verortet werden (z.B. Emden & Sumfleth, 2016). Damit sind unterschiedliche Konzepte verknüpft (Übersicht z.B. bei Vorholzer, von Aufschnaiter, & Kirschner, 2016). Ein zentrales Konzept ist die Variablenkontrollstrategie (VKS), die in allen drei Phasen relevant ist (z. B. Kalthoff, Theyßen & Schreiber, 2018). Insofern ist es wenig verwunderlich, dass das Konzept der VKS schon in der Grundschule erworben werden soll (s. GDSU, 2013, S. 40).

Der Erwerb der VKS ist allerdings mit Lernaufgaben verbunden, die häufig zu einer erhöhten kognitiven Belastung führen (Schwichow, 2015, S.86). Außerdem konnte gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler bis hinein in die Sekundarstufe I die VKS selten korrekt anwenden (Bullock & Sodian, 2003). Folglich sind beim Lernen der VKS Unterstützungsangebote wünschenswert, die die Schülerinnen und Schüler kognitiv entlasten und die Anwendung der VKS beim Experimentieren erleichtern. Diese Kriterien erfüllen z. B. das Lernen mit gestuften Lernhilfen und das Lernen mit Lösungsbeispielen. Beide Unterstützungsangebote werden bereits in der Primarstufe eingesetzt und sind Gegenstand der hier beschriebenen Studie.

2. Lernen mit gestuften Lernhilfen und Lösungsbeispielen - Grundlagen

Lösungsbeispiele zeigen zu einer Aufgabenstellung die einzelnen Lösungsschritte auf, die schließlich zur Lösung der Aufgabenstellung führen (Renkl, Gruber, Weber, Lerche & Schweizer, 2003, S.94). Dadurch soll deutlich werden, wie ähnliche Aufgabenstellungen von den Lernenden selbst gelöst werden können (ebd.). Zusätzliche Prompts fordern die Schülerinnen und Schüler zur Selbsterklärung auf, indem sie den Text des Lösungsbeispiels reflektieren und nochmals die wichtigsten Informationen in eigenen Worten wiedergeben sollen (Renkl, 2014).

Dagegen erhalten Lernende beim Lernen mit gestuften Hilfen neben der Aufgabenstellung nur gestufte Hilfekarten, die sie bei Bedarf selber auswählen müssen. Folglich entscheiden die Lernenden selbst über Zeitpunkt und Nutzung der Hilfekarten (Franke-Braun, Schmidt-Weingand, Stäudel & Wodzinski, 2008).

Beide Unterstützungsangebote wurden in verschiedenen Studien mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I untersucht (Lösungsbeispiele: vgl. z.B. Baumann, 2014; Koenen, 2014; Schmidt-Bocherding, Hänze, Wodzinski & Rincke, 2013; gestufte Lernhilfen: vgl. z.B. Franke- Braun, 2008; Schmidt-Bocherding et al., 2013). Dabei zeigte sich, dass die Unterstützungsangebote durch ihre Struktur und ihren Aufbau zu einer Reduzierung der kognitiven Belastung beitragen (Lösungsbeispiele: vgl. z.B. Niegemann, Hessel, Hein, Hupfer & Zobel, 2008, S.47; gestufte Lernhilfen: vgl. z.B. Franke- Braun,

2008, S.74). Außerdem kann im Kontext des Experimentierens ein Lernzuwachs durch das Arbeiten mit gestuften Lernhilfen und Lösungsbeispielen nachgewiesen werden, allerdings kein Unterschied im Lernzuwachs zwischen beiden Unterstützungsangeboten (Schmidt-Borcherding et al., 2013). Ein Grund dafür könnte sein, dass bei der Analyse die verschiedenen Lernvoraussetzungen der Lernenden unberücksichtigt geblieben sind. Denn unterschiedliche Lernvoraussetzungen können einen Einfluss auf den Lernerfolg, z. B. beim Lernen mit Lösungsbeispielen, haben.

Ein Beispiel dafür ist der expertise reversal effect, der in mehreren Studien nachgewiesen werden konnte (s. z. B. Kalyuga, 2007; Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003; Spanjers, Wouters, van Gog, van Merriënboer, 2011). So vergleichen Kalyuga & Sweller (2004) den Lernerfolg in gut geführten Lösungsbeispielen und eher offenen Problemlöseaufgaben unter Berücksichtigung des Vorwissens der Lernenden. Das Ergebnis zeigt, dass Lernende mit geringerem Vorwissen eher von den geführten Lösungsbeispielen, Lernende mit höherem Vorwissen eher von den Problemlöseaufgaben profitieren.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Lösungsbeispielen und gestuften Lernhilfen ist der Grad der Führung der Lernenden. Beim Arbeiten mit Lösungsbeispielen werden den Lernenden der Lösungsweg und die Lösung der Aufgabenstellung weitestgehend vorgegeben. Beim Arbeiten mit gestuften Lernhilfen müssen die Lernenden selbstständig die Lösung erarbeiten und dazu, wenn nötig, auf Hilfekarten zurückzugreifen.

Es lässt sich vermuten, dass der unterschiedliche Grad an Führung beider Unterstützungsangebote sich in der Autonomie und in dem notwendigen Maß an Selbstregulation, welches für ein erfolgreiches Lernen mit dem Arbeitsmaterial nötig ist, niederschlägt.

Fazit: In der Grundschule soll das Konzept der VKS gefördert werden. Als Unterstützungsangebote bieten sich gestufte Lernhilfen und Lösungsbeispiele an. Deren Lernwirksamkeit hängt potenziell von den Lernvoraussetzungen der Kinder ab. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund heterogener Lerngruppen relevant, in denen beispielsweise manche Lernende von der Autonomie beim Arbeiten mit gestuften Lernhilfen überfordert und andere Lernende bei der Bearbeitung von Lösungsbeispielen unterfordert sein könnten. Folglich sind die Unterstützungsangebote in Abhängigkeit von den Lernvoraussetzungen zu unterbreiten.

3. Ziel und Fragestellung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist zu zeigen, dass Schülerinnen und Schüler durch die Unterstützungsangebote gestufte Lernhilfen und Lösungsbeispiele unterschiedlich stark beim Erwerb der VKS geför-

dert werden können, in Abhängigkeit von ihren Lernvoraussetzungen. Um das Ziel zu erreichen, wird die folgende Fragestellung bearbeitet: „Wie wirkt das Lernen mit gestuften Lernhilfen und Lösungsbeispielen auf den Erwerb der VKS unter Berücksichtigung unterschiedlicher Lernvoraussetzungen in der Grundschule?“

4. Studiendesign

Der Fragestellung soll mit einer Interventionsstudie mit zwei Interventionsgruppen im Prä-Post Design nachgegangen werden (s. Abb. 1).

| Vortest (90 Minuten) | | |
|--|--|---|
| Variablenkontrollstrategie (schriftlich/ hands-on) | | KV 1 |
| Intervention (2 x 90 Minuten) | | Prozessdaten |
| Lösungsbeispiele zu Experimenten mit VKS | gestufte Lernhilfe zu Experimenten mit VKS | Nutzung Motivation cognitive load |
| Nachtest (90 Minuten) | | |
| Variablenkontrollstrategie (schriftlich/ hands-on) | | KV 2 |

Abb. 1: Übersicht über das Studiendesign (Ablauf, Interventionen und Variablen; KV1 und KV2: Kontrollvariablen, Details siehe Text)

Die Gesamtdauer der Erhebungen beträgt vier Doppelstunden. Dabei entfällt jeweils eine Doppelstunde auf den Vor- bzw. Nachtest. Hier werden neben einem Test zur VKS mehrere Kontrollvariablen zur Erhebung der Lernvoraussetzungen erfasst. Diese werden verteilt auf Vor- und Nachtest:

Im Vortest (KV 1):

- Alter
- Selbstkonzept (adaptiert nach Brell, 2008)
- Selbstregulationsfähigkeit (gekürzter/ adaptierter FSL-7 Test; Ziegler, Stöger & Grassinger, 2010)

Im Nachtest (KV 2):

- Lesefähigkeit (Teilskalen des ELFE Leseverständnistests; Lenhard & Schneider, 2006)

Die anderen beiden Doppelstunden entfallen auf die Intervention. In der Intervention arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Partnerarbeit entweder mit Lösungsbeispielen oder mit gestuften Lernhilfen. Bei der Bearbeitung des Materials werden mit Kurzskalen Prozessdaten zur situationalen Motivation und zur kognitiven Belastung erhoben. Auch diese Variablen werden zur Beschreibung der Lernvoraussetzungen der Lernenden genutzt.

4.1. Interventionen

Folgt man Chen & Klahr (1999) und Schwichow (2015), umfasst die VKS vier Facetten:

- Die *Planung* variablenkontrollierter Experimente,
- die *Interpretation* von Daten aus variablenkontrollierten Experimenten,
- die *Identifikation* von variablenkontrollierten Experimenten und

- das *Verständnis* der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente.

Durch die Interventionen sollen diese vier Facetten gefördert werden. Dazu haben die Schülerinnen und Schüler in beiden Interventionsgruppen die Möglichkeit, schriftliche Aufgaben und Experimentieraufgaben zur VKS in Partnerarbeit zu bearbeiten. Dabei werden ihnen verschiedene Aufgaben gestellt, die die verschiedenen Facetten der VKS fördern.

Die Aufgaben und Experimente sind eingebettet in vier Themen: Marmelbahnen, Federn, Brausetabletten und Schaukeln. Bei jedem Thema können drei Variablen verändert werden (vgl. Tabelle 1). In dem Arbeitsmaterial zu den Themen werden jeweils zwei dieser Variablen explizit auf ihren Einfluss auf das Experiment untersucht.

| Thema | Mögliche Variablen |
|-----------------|---|
| Marmelbahnen | Höhe der Bahn* Boden der Bahn* Größe der Marmel |
| Federn | Länge der Feder* Breite der Feder* Größe des angehängten Gewichts |
| Brausetabletten | Temperatur des Wassers* Menge des Wassers* Art der Tablette |
| Schaukeln | Länge des Seils* Masse des angehängten Gewichts* Größe der Auslenkung |

Tabelle 1: Variablen der Experimente (* in Arbeitsmaterial untersucht)

Im Folgenden wird dargestellt, wie die Intervention in Abhängigkeit vom Unterstützungsangebot – Lösungsbeispiel (4.1.1) und gestufte Lernhilfe (4.1.2) – gestaltet wurde.

4.1.1. Lösungsbeispiele

Für jedes Thema wurden die Aufgaben und Experimente in ein Lösungsbeispiel integriert. Die Gestaltung der Lösungsbeispiele orientiert sich an bekannten Gestaltungskriterien (Nummern vgl. Abb. 2):

- Coverstory mit Identifikationsmöglichkeiten (1)
- Verknüpfen von Textinhalten und Bildstrukturen (2)
- Farbliches Hervorheben zentraler Begriffe (3)
- Zusammenfassung der Handlungsschritte durch Protagonisten (4)
- Anregung zur Selbsterklärung durch Prompts (5)
- Einteilung in Sinnabschnitte (Einteilung des Experiments in verschiedene Sinnabschnitte. Je Abschnitt eine neue Seite)

(Übersicht nach Schübler, 2017 basierend auf u.a. Kölbach, 2011; Mayer, 2009; Renkel, 2014)

Die Umsetzung der Gestaltungskriterien ist der folgenden, exemplarischen Abbildung 2 zu entnehmen.

Tom: „Okay, wir wissen jetzt, dass die Marmel schneller das Ende einer Bahn erreicht, wenn der Boden glatt ist und wenn die Bahn hoch ist. Hätten wir das nicht auch mit einem einzigen Vergleich herausfinden können? Wir hätten direkt eine niedrige Bahn mit welligem Boden und eine hohe Bahn mit glattem Boden vergleichen können.“ (1)



Suse: „Das ist keine gute Idee! Überlegen wir mal zusammen! Was hättest du bei deinem Vergleich beobachtet?“ (2)

Tom: „Ich hätte beobachtet, dass die Marmel auf der glatten hohen Bahn schneller das Ende der Bahn erreicht.“

Suse: „Genau! Und wie würdest du dann unsere erste Frage beantworten? Bestimmt der Boden, wie schnell eine Marmel das Ende der Bahn erreicht?“

Tom: „Ja, die Marmel ist auf der Bahn mit dem glatten Boden schneller unten.“ (3)

Suse: „Das kann aber auch daran liegen, dass die Bahn höher ist. Wir haben doch bei unserem zweiten Vergleich herausgefunden, dass die Marmel bei einer höheren Bahn schneller das Ende der Bahn erreicht.“

Tom: „Stimmt. Dann weiß ich ja gar nicht, ob die Höhe auch wichtig ist.“

Suse: „Genau. Deshalb müssen wir zwei Vergleiche machen. Einmal muss man den Boden der Bahn untersuchen. Dazu muss die Höhe bei beiden Bahnen gleich sein. Die Böden der Bahnen müssen sich aber unterscheiden. Und einmal muss man die Höhe der Bahn untersuchen. Dazu müssen die Böden der Bahnen gleich sein. Die Höhe der Bahnen muss sich aber unterscheiden.“ (4)

Aufgabe:

Begründe, warum Suse findet, dass Toms Idee nicht gut ist! Was Tom und Suse oben besprochen haben, hilft dir bei der Antwort. (5)

Suse findet Toms Idee nicht gut, weil...

Abb. 2: Beispielsseite aus dem Lösungsbeispiel Marmelbahnen (Nummern verweisen auf Gestaltungskriterien; vgl. Text)

4.1.2. Gestufte Lernhilfen

Wie bei den Lösungsbeispielen wurden die Aufgaben und Experimente in Lernmaterial mit gestuften Lernhilfen integriert. Hierbei wurde auf eine möglichst große Passung zwischen den beiden Angeboten geachtet. Zum einen sind die zu bearbeitenden Aufgaben dieselben. Zum anderen wurden die Aufgaben ebenfalls in eine Coverstory mit passenden Bildstrukturen eingebettet. Im Gegensatz zu der Intervention „Lösungsbeispiele“ wird dadurch aber kein Hinweis gegeben, wie die Aufgabe zu lösen ist.

Für die Bearbeitung der Aufgaben und Experimente erhalten die Schülerinnen und Schüler gestufte Hilfefkarten. Bei der Gestaltung der Hilfefkarten wurden folgende Kriterien berücksichtigt (Nummern vgl. Abb. 3):

- Paraphrasieren der Aufgabe (1)
- Fokussierung auf wichtige Textstellen (2)
- Visualisierung des Erarbeiteten (3)
- Elaborierung von Unterzielen (4)
- Aktivierung von Vorwissen (wenn dies mit Rückbezug auf bereits gelöste Aufgaben möglich ist)

(Hänze, Schmidt-Weigand. & Stäudel, 2010; Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008)

Die Umsetzung der Gestaltungskriterien ist der folgenden, exemplarischen Abbildung 3 zu entnehmen.

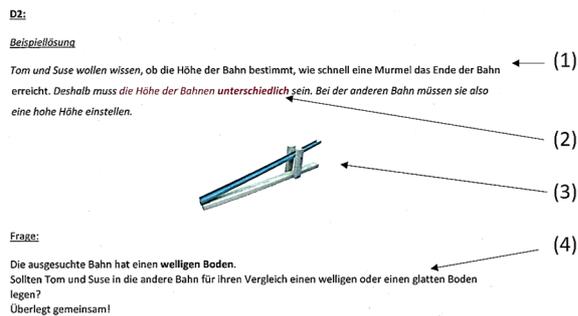


Abb. 3: Exemplarische Hilfefkarte zu Murmelbahnen (Nummern verweisen auf Gestaltungskriterien; vgl. Text)

Wenn die Aufgaben und Experimente beendet wurden, sind die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, ihre Lösung mit Hilfe einer Musterlösung zu überprüfen. Die Musterlösung erhält alle Informationen, die auch im Lösungsbeispiel enthalten sind. Dadurch soll sichergestellt werden, dass alle Schülerinnen und Schüler unabhängig von ihrer Interventionsgruppenzugehörigkeit dieselben Informationen zur VKS erhalten.

4.2. VKS- Test

Der Test zur Erfassung der VKS sollte alle in 4.1 beschriebenen Facetten der VKS abdecken. Zudem sollte er neben schriftlichen Anteilen auch hands-on Anteile enthalten, um die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler zur Umsetzung der VKS im praktischen Handeln zu erfassen (insb. Facette der Planung). Des Weiteren sollte der VKS Test für die Testung von Dritt- und Viertklässlern geeignet sein und eine gewisse Passung zu der von uns geplanten Intervention aufweisen.

In einer Literaturrecherche konnten einige Tests zur Erfassung der VKS identifiziert werden (z. B. Bullock & Sodian 2003; Bohrmann 2017; Chen & Klahr, 1999; Schwichow, 2015; Vorholzer 2016).

Diese Tests erfüllten die von uns gestellten Kriterien jeweils nur teilweise.

Einige der Tests wurden für eine andere Zielgruppe konzipiert (Schwichow, 2015; Vorholzer 2016). Bei anderen Tests fehlten die von uns gewünschte Passung zu der Intervention (Bullock & Sodian, 2003; Chen & Klahr, 1991).

Auch der Test von Bohrmann (2017) konnte nicht herangezogen werden, da er zu kurz vor dem Beginn der Hauptstudie publiziert wurde. Die gefundenen Tests enthielten zudem keine, nur teilweise oder nicht zur Intervention passende hands-on Anteile. Daher wurde ein neuer VKS Test konzipiert, der die genannten Kriterien erfüllt.

Bei der Konzeption der Items orientierten wir uns an den in 4.1. vorgestellten vier Facetten. Für die schriftlichen Items lehnten wir uns an den Test von Schwichow (2015) an, der sprachlich an die Ziel-

gruppe (3./ 4. Jahrgangsstufe) und an die Kontexte der Intervention angepasst wurde. Die hands- on Items wurden neu entwickelt. Im Folgenden werden die Überlegungen zur Testentwicklung dargestellt und an jeweils einem exemplarischen Item verdeutlicht.

Der Test enthält zu zwei Themengebieten (Murmeln, Stromkreise) jeweils sechs schriftliche und drei hands- on Items, also insgesamt 18 Items. Am Ende jedes Items sollen die Schülerinnen und Schüler angeben, ob sie sich bei ihrer Antwort (bei den schriftlichen Items) oder bei ihrem experimentellen Aufbau (hands-on Items) sicher oder unsicher sind. Diese angegebene Sicherheit kann in der Auswertung als zusätzliches Kriterium herangezogen werden.

4.2.1. Schriftliche Items

Bei schriftlichen Items wird zwischen zwei Typen unterschieden (Typ 1 und Typ 2). Beide werden im Folgenden vorgestellt.

Schriftliche Items Typ 1

In diesen Items erhalten die Schülerinnen und Schüler im Itemstamm eine Frage, z. B.: „Bestimmt die Höhe einer Bahn, wie schnell eine Murmel rollt?“ Darunter finden sie vier unterschiedliche Vergleichsexperimente. Ein Vergleichsexperiment besteht aus zwei Aufbauten. An beiden Aufbauten soll das Experiment gleichzeitig durchgeführt und beobachtet werden. Die Schülerinnen und Schüler haben die Aufgabe, das Vergleichsexperiment auszuwählen, mit dem die Frage beantwortet werden kann. Um diese Items richtig zu lösen, muss von den Schülerinnen und Schülern das passende Vergleichsexperiment ausgewählt werden (Facette *Identifikation*) und sie müssen verstanden haben, dass konfundierte Experimente keine Beantwortung der Frage zulassen (Facette *Verständnis*).

In Abb. 4 ist ein exemplarisches Item dargestellt.

Neben einer richtigen Antwortmöglichkeit existieren drei Distraktoren, die in folgender Systematik konstruiert sind:

- Ein einfach konfundierter Vergleich, hier ist neben der unabhängigen Variable eine weitere verändert.
- Ein zweifach konfundierter Vergleich, hier sind neben der unabhängigen Variable zwei weitere Variablen verändert.
- Ein Vergleich, mit dem eine andere Variable als die unabhängigen Variable untersucht werden kann.

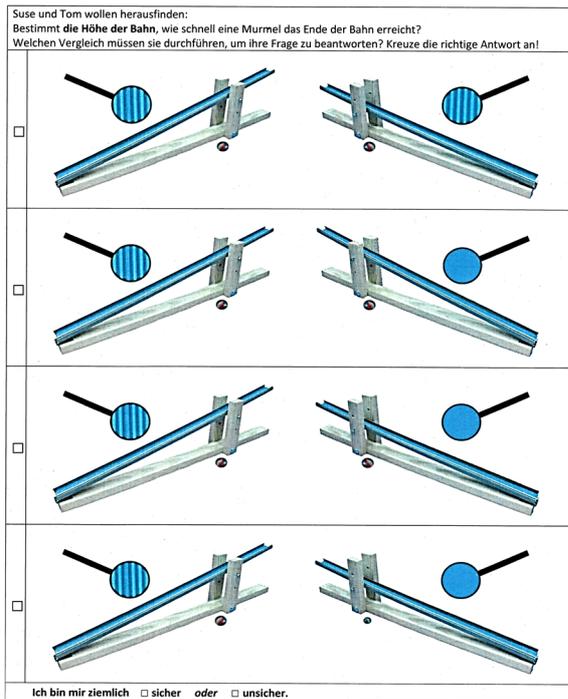


Abb. 4: Beispiel für ein schriftliches Item Typ 1

Schriftliche Items Typ 2

Bei diesen Items erhalten die Schülerinnen und Schüler das Bild eines Vergleichsexperiments, in dem eine Beobachtung gemacht werden kann (s. Beispiel in Abb. 5).

Aus dieser Beobachtung sollen sie geeignete Schlüsse ziehen. Dazu finden die Schülerinnen und Schüler unter dem Bild drei mögliche Schlussfolgerungen zur Auswahl. Als vierte Möglichkeit kann ausgewählt werden, dass keine der genannten Schlussfolgerungen aus der Beobachtung gezogen werden kann. Es existieren für jedes Themengebiet drei Subtypen dieser Items, je nachdem welches Vergleichsexperiment gezeigt wird:

- Variablenkontrolliertes Vergleichsexperiment: Hier kann eine Schlussfolgerung gezogen werden. Es ist die richtige Schlussfolgerung auszuwählen (Facette *Interpretation*).
- Konfundiertes Vergleichsexperiment: Hier muss erkannt werden, dass keine Beobachtung gemacht werden kann (Facette *Verständnis*).
- Vergleichsexperiment, bei dem beide Aufbauten identisch sind. Auch hier muss erkannt werden, dass keine Schlussfolgerung gezogen werden kann (Facette *Verständnis*).

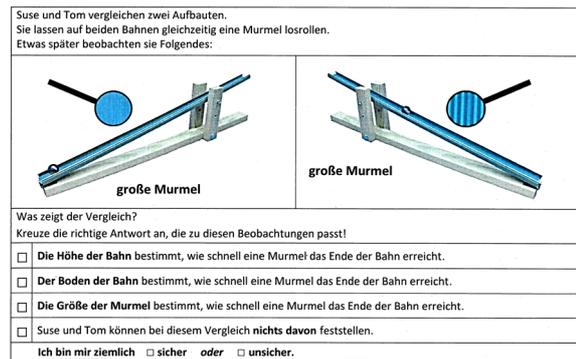


Abb. 5: Beispiel für ein schriftliches Item Typ 2

4.2.2. hand- on Items

Bei den hands-on Items sollen die Schülerinnen und Schüler ein Vergleichsexperiment aufbauen, mit dem eine vorgegebene Vermutung überprüft werden kann (s. Beispiel in Abb. 6), und dieses Experiment durchführen.

Die Hälfte des Vergleichsexperiments ist vorgegeben und bereits aufgebaut. In dem Beispiel wäre dies eine Murmelbahn auf einer bestimmten Höhe mit festgelegtem Boden und Murmel. Die Schülerinnen und Schüler sollen nun eine zweite Murmelbahn so aufbauen, dass sie damit die in dem Item vorgegebene Vermutung durch einen Vergleich überprüfen können. Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler das Vergleichsexperiment durchführen.

Als Ergebnis geben sie an, welche Beobachtung sie gemacht haben. Ausgewertet wird nur die Berücksichtigung der Variablenkontrolle beim Vergleich (Facette *Planung*)¹. Dazu werden die für den Vergleich ausgewählten Materialien und die aufgebaute Anordnung von Testleiterinnen und Testleitern in einer Tabelle erfasst und fotografiert.

Suse und Tom vermuten:

„Der Boden der Bahn bestimmt, wie schnell eine Murmel das Ende der Bahn erreicht.“

Sie möchten ihre Vermutung mit einem Vergleich überprüfen. Eine Murmelbahn haben sie schon aufgebaut.

Aufgabe:



Hilf Tom und Suse!
Baue den Vergleich vollständig auf. Nutze die Materialien aus der Box! Führe dann den Vergleich durch!

Abb. 6: Beispiel für ein hands-on Item

¹ Die Richtigkeit der Beobachtung wird nicht ausgewertet, weil hier durch falsche Berücksichtigung der VKS Folgefehler entstehen können. Deshalb wird auch nicht verlangt, dass die Schülerinnen und Schüler Schlussfolgerungen aus der Beobachtung ziehen.

5. Pilotierung

Intervention und VKS Test wurden pilotiert. Die Pilotierungen werden im Folgenden beschrieben und die Pilotierungsergebnisse berichtet.

5.1. Erste Pilotierung

Die erste Pilotierung diente der Erprobung der Interventionen und der schriftlichen Tests im Prä-Post Design. In der hier eingesetzten Version enthielt der Test noch Items zu vier Themengebieten (Schaukeln, Marmelbahnen und Federn als Themengebiete der Intervention und als nicht behandeltes Themengebiete Stromkreise), die auf zwei Testheftversionen aufgeteilt wurden (vgl. Tabelle 2). Für jedes Themengebiete existierten, wie in der Hauptstudie, drei schriftliche Items Typ 1 und drei schriftliche Items Typ 2.

| Thema | Testheft A | Testheft B |
|--------------|------------|------------|
| Schaukeln | x | x |
| Stromkreise | x | x |
| Marmelbahnen | x | - |
| Federn | - | x |

Tabelle 2: Verteilung der Themen auf Testhefte (x: in Testheft enthalten)

Die Testdauer betrug, wie in der Hauptstudie, zwei Doppelstunden, die Interventionsdauer ebenfalls zwei Doppelstunden (s. Abb. 1). Die Stichprobe umfasste 81 Schülerinnen und Schüler der dritten Klasse kurz vor den Sommerferien, von denen 56 vollständige Datensätze gewonnen werden konnten.

Die Bearbeitungszeit wurde sowohl in der Intervention als auch in dem Test eingehalten. Während der Bearbeitung wurden wenige Rückfragen oder Verständnisfragen geäußert.

Für die Berechnung der Testergebnisse wurde ein Item dann als richtig angesehen, wenn die Antwort richtig war. Die Sicherheit wurde nicht berücksichtigt. Die Testergebnisse zeigen keine Boden- oder Deckeneffekte und die Reliabilitäten sind für beide Testhefte und für Prä- und Posttest zufriedenstellend (Prä: $a > .78$ / Post: $a > .87$). Auch die statistische Analyse zeigte einen signifikanten Lernzuwachs. Eine genauere Übersicht findet sich in Abbildung 7.

Auch eine Auswahl von Items zeigt bereits zufriedenstellende Reliabilitäten. Daher wurde zur Reduzierung der Testzeit für die zweite Pilotierung und die Hauptstudie ein Testheft zusammengestellt, das nur die Items zu den Themengebieten Stromkreise und Marmelbahnen enthält. Mit dem Thema Stromkreise ist ein Thema vertreten, das in der Intervention nicht behandelt wird und somit eine Transferleistung erfordert. Das Thema Marmelbahnen wurde ausgewählt, weil es in der Intervention von allen Schülerinnen und Schüler bearbeitet worden sein sollte und die Details der Experimente in der foto-

grafischen Darstellung besonders gut erkennbar sind.

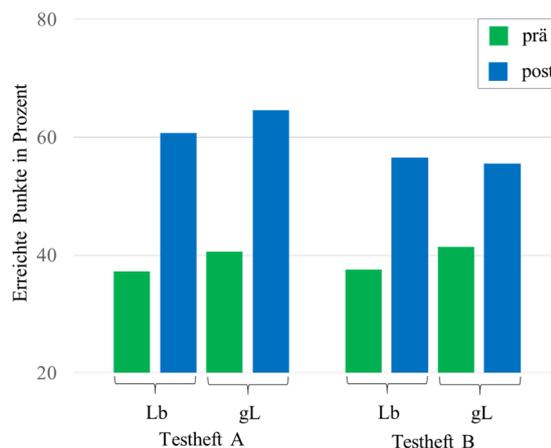


Abb. 7: Erreichte Punktzahl in Prozent (Mittelwerte) getrennt nach Testheften, Interventionen (Lb: Lösungsbeispiele, gL: gestufte Lernhilfen) sowie Prätest und Posttest

5.2. Zweite Pilotierung

In der zweiten Pilotierung wurde der vollständige VKS Test eingesetzt: der hands-on Anteil sowie der auf zwei Themen reduzierte schriftliche Anteil. Die zweite Pilotierung diente primär der Erprobung des hands-on Anteils und der damit verbundenen Logistik. Die Testdauer betrug eine Doppelstunde. Die Stichprobe umfasste dieselben 81 Schülerinnen und Schüler wie in der ersten Pilotierung, die inzwischen nach den Sommerferien die vierte Klasse besuchten. Es konnten 65 vollständige Datensätze gewonnen werden. Auch hier wurde die angegebene Sicherheit nicht in die Auswertung aufgenommen.

Auch bei dieser Pilotierung traten keine Decken- oder Bodeneffekte auf und bei der Durchführung gab es wenige Nachfragen. Die Reliabilität des Gesamttests ist mit $a = .86$ zufriedenstellend (Pilotierung II: schriftlicher Teil: $a = .87$; hands-on Teil: $a = .72$).

5.3. Fazit der Pilotierungen

Durch die Pilotierung konnte gezeigt werden, dass sowohl durch das Lernen mit gestuften Lernhilfen als auch durch das Lernen mit Lösungsbeispielen eine Förderung der VKS in der Grundschule möglich ist. Die Ergebnisse untermauern die Ergebnisse der Studie von Schmidt-Borcherding et al. (2013), die ebenfalls eine Lernwirksamkeit der beiden Unterstützungsangebote feststellen konnten und keinen Unterschied der Lernwirksamkeit zwischen den Unterstützungsangeboten.

Aufgrund der zufriedenstellenden Testkennwerte wurde entschieden, den VKS-Test der zweiten Pilotierung für die Hauptstudie zu nutzen.

6. Ausblick

In der zurzeit laufenden Hauptstudie wird die Wirkung der Intervention unter Berücksichtigung der Lernvoraussetzungen im Prä-Post Design durch den VKS-Test untersucht. Insgesamt wird eine Stichprobe von ca. 200 Schülerinnen und Schülern der vierten Klasse angestrebt. Mit dieser vergrößerten Stichprobe erhoffen wir uns nicht nur Aussagen über die Lernwirksamkeit der Unterstützungsangebote machen zu können, sondern auch den Zusammenhang der unterschiedlichen Lernvoraussetzungen mit der Wirksamkeit der Angebote näher untersuchen zu können, um die eingangs formulierte Fragestellung zu beantworten.

7. Literatur

- Baumann, S. (2014). *Selbständiges Experimentieren und konzeptuelles Lernen mit Beispielaufgaben in Biologie* (Biologie lernen und lehren, Bd. 8). Diss.-Universität Duisburg-Essen, 2013. Berlin: Logos.
- Bohrmann, M. (2017). *Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 235). Berlin: Logos.
- Brell, C. (2008). *Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 74). Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2007. Berlin: Logos.
- Bullock, M. & Sodian, B. (2003). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In W. Schneider & F. E. Weinert (Hrsg.), *Entwicklung, Lehren und Lernen. Zum Gedenken an Franz Emanuel Weinert* (1. Aufl., S.75-92). Göttingen u.a.: Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG.
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal. Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70 (5), 1098-1120.
- Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). Assessing students' experimentation processes in guide inquiry. *International Journal of Science an Mathematics Education* (14), 29-54.
- Franke-Braun, G. (2008). *Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 88). Univ., Diss.-Kassel, 2008. Berlin: Logos.
- Franke-Braun, G., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L. & Wodzinski, R. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen- ein besonderes Aufgabenformat zu kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und zur Intensivierung der sachbezogenen Kommunikation. In *Lernumgebungen auf dem Prüfstand. Zwischenergebnisse aus den Forschungsprojekten* (Lehren - Lernen - Literacy, Bd. 2, S.27-42). Kassel: Kassel Univ. Press.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller (Hrsg.), *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen* (Pädagogik, S.63-73). Weinheim u.a.: Beltz.
- Kalthoff, B., Theyßen, H. & Schreiber, N. (2018). Explicit Promotion of Experimental Skills. And What About the Content- Related Skills? *International Journal of Science Education*.
- Kalyuga, S. (2007). Expertise Reversal Effect and Its Implications for Learner-Tailored Instruction. *Educational Psychology Review*, 19 (4), 509-539.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The Expertise Reversal Effect. *Educational Psychologist*, 38 (1), 23-31
- Kalyuga, S. & Sweller, J. (2004). Measuring Knowledge to Optimize Cognitive Load Factors During Instruction. *Journal of Educational Psychology*, 96 (3), 558-568.
- Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 171). Univ., Diss.--Duisburg-Essen, 2014. Berlin: Logos.
- Kölbach, E. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 123). Zugl.: Duisburg-Essen, Univ., Diss., 2011. Berlin: Logos.
- Lenhard, W. & Schneider, W. (2006). *Ein Leseverständnistest für Erst- und Sechstklässler. ELFE 1-6*: Hogrefe Göttingen.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (Second edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38 (1), 1-37.
- Renkl, A., Gruber, H., Weber, S., Lerche, T. & Schweizer, K. (2003). Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17 (2), 93-101.
- Schmidt-Borcherding, F., Hänze, M., Wodzinski, R. & Rincke, K. (2013). Inquiring scaffolds in la-

- laboratory tasks. An instance of a “worked laboratory guide effect”? *European Journal of Psychology of Education*, 28 (4), 1381-1395.
- Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G. & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Eine Studie zur kooperativen Bearbeitung von Aufgaben in den Naturwissenschaften. *Unterrichtswissenschaft*, 36 (4), 365-384.
- Schüßler, K. (2017). *Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen; Berlin: Logos.
- Schwichow, M. (2015). *Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht*. Dissertation, Universität Kiel.
- Spanjers, I. A.E., Wouters, P., van Gog, T. & van Merriënboer, J. J.G. (2011). An expertise reversal effect of segmentation in learning from animated worked-out examples. *Computers in Human Behavior*, 27 (1), 46-52.
- Vorholzer, A. S. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 197). Berlin: Logos.
- Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. von & Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22 (1), 25-41.
- Ziegler, A., Stöger, H. & Grassinger, R. (2010). Diagnostik selbstregulierten Lernens mit dem FSL-7. *Journal für Begabtenförderung*, 10 (1), 24-33.