

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/332142474>

Lernwirksamkeit unterschiedlich strukturierter Lernangebote zu Zahnrädern in der Grundschule

Chapter · April 2019

CITATIONS

2

READS

968

2 authors:



Timo Reuter

Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU)

23 PUBLICATIONS 61 CITATIONS

SEE PROFILE



Miriam Leuchter

RPTU - Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern Landau

94 PUBLICATIONS 513 CITATIONS

SEE PROFILE

Timo Reuter und Miriam Leuchter

Lernwirksamkeit unterschiedlich strukturierter Lernangebote zu Zahnrädern in der Grundschule

Technical learning is an important objective of early science education. Therefore, we aimed at developing a guided-discovery-based learning environment for primary school children in the domain of gears. We investigated children's concepts regarding turning direction and turning speed of connected gears and examined whether children were able to change these concepts through a short intervention. In this paper, we report the main results.

1 Technische Bildung am Beispiel von Zahnrädern

Einer frühen technischen Bildung kommt vor dem Hintergrund einer gegenwärtig und auch zukünftig hochtechnisierten Umwelt eine große gesellschaftliche Relevanz zu. Dies spiegelt sich u.a. im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2013) wider. Demnach gelten die Anbahnung technischer Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen sowie die Vermittlung von grundlegendem technischem Inhaltswissen als wichtige Ziele der technischen Perspektive im Sachunterricht (GDSU 2013). Dabei spielen Lernumgebungen, die eigenaktives Handeln und schülergesteuertes Entdecken ermöglichen, eine bedeutsame Rolle (GDSU 2013; Lucas, Hanson & Claxton 2014). Zahnräder bieten sich als Unterrichtsgegenstand sowohl für den Aufbau eines basalen technischen Inhaltswissens als auch zur Anbahnung technischer Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen an. Darüber hinaus ermöglichen Zahnradbausätze ein eigenaktives Handeln der Schülerinnen und Schüler. Inhaltlich gehen mit Zahnrädern einerseits reichhaltige und aufeinander aufbauende physikalisch-technische Konzepte wie Kraft, Hebel, Drehmoment, mechanische Arbeit und Energie einher, was das Thema Zahnräder auch anschlussfähig für die Sekundarstufe macht. Zudem sind die inhaltlichen Phänomene der Drehrichtung und -geschwindigkeit direkt zu beobachten, so dass bereits Grundschulkindern diese grundlegenden physikalisch-technischen Zusammenhänge mit entsprechenden Bausätzen handelnd erleben und erkunden können.

Jedoch haben Grundschul Kinder häufig wissenschaftlich nicht haltbare Prä-Konzepte zur Drehrichtung und -geschwindigkeit (Lehrer & Schauble 1998). So sind beispielsweise die unzutreffenden Vorstellungen verbreitet, dass sich Zahnräder immer in die gleiche Richtung oder unabhängig von ihrem Radius immer gleich schnell drehen (a.a.O.). Mit Blick auf die Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen können darüber hinaus wichtige technische Prozessfertigkeiten angebahnt werden, wie etwa das Erfassen (einfacher) technischer Aufgabenstellungen und Probleme sowie das Entwerfen von Lösungsansätzen, das Skizzieren, Konstruieren, Erproben, Beurteilen, Optimieren und Kommunizieren.

In der aktuellen Studie wird das Inhaltswissen untersucht, die Denk- Arbeits- und Handlungsweisen rücken erst in einer Folgestudie in den Fokus.

2 Guided Discovery/Play

Zahlreiche empirische Studien zeigen, dass ein rein entdeckendes Lernen (Pure Discovery Learning) häufig nicht zum gewünschten Wissensaufbau führt (Mayer 2004), da es u.a. eine unnötig hohe kognitive Belastung der Lernenden mit sich bringen kann (Kirschner, Sweller & Clark 2006). Um lernwirksam zu sein, braucht entdeckendes Lernen daher Anleitung und Strukturierung durch die Lehrperson (Lazonder & Harmsen 2016). Im Rahmen solcher als Guided Discovery oder – im Vor- und Grundschuleingangsalter – als Guided Play (Weisberg, Kittredge, Hirsh-Pasek, Golinkoff & Klahr 2015) bezeichneten Angebote stellt die Lehrperson strukturierte Lernumgebungen mit hohem Wahlangebot für die Kinder bereit und lenkt das Handeln der Kinder zusätzlich mit Interaktionen, deren Potential an kognitiver Aktivierung als hoch eingeschätzt wird. Das Angebot wird zwar von der Lehrperson initiiert und zielt auf bestimmte Lerninhalte; es zeichnet sich jedoch durch eine hohe Kindsteuerung aus, indem es den Kindern zum Beispiels Wahlfreiheiten sowie Raum für die Steuerung des Lernprozesses lässt und Kooperationsmöglichkeiten eröffnet (Leuchter 2013). Dabei ist immer eine angemessene Balance von Kindsteuerung und Strukturierung durch die Lehrperson erforderlich (Clark 2009). Bislang liegen jedoch nur wenige Studien vor, die systematisch den Grad der Strukturierung variieren und deren Lernwirksamkeit überprüfen.

3 Aktuelle Studie und Forschungsfragen

In der aktuellen Studie wurde ein Lernangebot zu Zahnrädern für Grundschul Kinder entwickelt und erprobt, in dessen Mittelpunkt das eigenaktive Handeln der Schülerinnen und Schüler mit altersgerechten Zahnradbausätzen stand. Dabei

zielte das Lernangebot zum einen auf die Förderung technischer Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen wie Konstruieren, Überprüfen, Bewerten, Optimieren etc., die jedoch erst in einer Folgestudie analysiert werden. Zum anderen sollten inhaltliche Kompetenzen zur Drehrichtung und -geschwindigkeit aufgebaut werden. Diese werden im Folgenden berichtet.

Das Lernangebot wurde dahingehend variiert, dass die Grundschul Kinder die bereitgestellten Zahnradbausätze entweder zum freien Entdecken (Pure Discovery) erhielten oder aber ihr Handeln mit Aufgabenkärtchen angeleitet wurde (Guided Discovery). Die Aufgaben unterschieden sich in Anlehnung an Grygier und Hartinger (2012) in ihrem Vorstrukturierungsgrad: Entweder war nur die Vorgehensweise („Versuchen“), nur die Fragestellung („Experimentieren“) oder beides („Laborieren“) vorgegeben. Dadurch lagen vier unterschiedlich stark strukturierte Lernangebote vor. Tabelle 1 gibt einen Überblick.

Tab. 1: Strukturierung des Lernangebots in Anlehnung an Aufgaben nach Grygier und Hartinger (2012)

	Fragestellung nicht vorhanden	Fragestellung vorhanden
Vorgehensweise nicht vorgegeben	„Explorieren“ <i>Pure Discovery</i> – keine Strukturierung	„Experimentieren“ <i>Guided Discovery</i> – mittlere Strukturierung
Vorgehensweise vorgegeben	„Versuchen“ <i>Guided Discovery</i> – mittlere Strukturierung	„Laborieren“ <i>Guided Discovery</i> – hohe Strukturierung

Folgende Forschungsfragen standen im Mittelpunkt:

- (1) Welche Vorstellungen haben Grundschul Kinder zur Funktionsweise von Zahnrädern hinsichtlich Drehrichtung und -geschwindigkeit und verändern sie wissenschaftlich nicht haltbare Vorstellungen durch das Lernangebot?
- (2) Welche Strukturierung ist effektiver? Es wurde erwartet, dass die Strukturierung durch Aufgabenkärtchen allgemein zu einem größeren Lernerfolg führt als die freie Exploration. Vorab wurde jedoch keine Annahme über die Effektivität der unterschiedlichen Strukturierungen durch die Aufgabenkärtchen getroffen.

4 Methode

4.1 Studiendesign und Stichprobe

Insgesamt nahmen 76 Grundschul Kinder mit einem Durchschnittsalter von 8,14 Jahren ($SD=0,860$) an einer 60-minütigen Lerneinheit über Zahnräder teil, in der sie in Partnerarbeit oder alleine mit altersgerechten Zahnradbausätzen hantierten. Dabei wurde ein experimentelles Prä-Posttest-Design mit vier experimentelle Bedingungen (EB) umgesetzt. Die Kinder wurden zufällig der EB 1: Explorieren ($n=22$), EB 2: Experimentieren ($n=16$), EB 3: Versuchen ($n=18$) oder EB 4: Laborieren ($n=20$) zugewiesen. In den EB 2, 3 und 4 bearbeiteten die Kinder Aufgabenkärtchen, die entweder durch eine vorgegebene Vorgehensweise (EB 2), eine Fragestellung (EB 3) oder durch beides (EB 4) strukturiert waren. Abhängige Variablen waren die Vorstellungen der Grundschul Kinder hinsichtlich der Drehrichtung und -geschwindigkeit von Zahnrädern in Getrieben.

4.2 Erhebungsinstrument

Die Vorstellungen zur Drehrichtung und -geschwindigkeit wurden mittels eines bildbasierten Interviews erhoben. Die Kinder sahen Abbildungen einfacher Getriebe (Items). Sowohl bei der Drehrichtung (Skala mit 7 Items) als auch bei der Drehgeschwindigkeit (Skala mit 6 Items) zeigten die Abbildungen jeweils ein Antriebsrad (Zahnrad mit Kurbel), das mit bis zu maximal drei weiteren Zahnrädern direkt oder über eine Kette verbunden war. Bei den sieben Items zur Drehrichtung gab ein Pfeil am Antriebsrad die Drehrichtung vor. Für das oder die anderen Zahnräder mussten die Kinder die Drehrichtung einzeichnen. Daraus resultierten 11 Antworten. Bei den sechs Items zur Drehgeschwindigkeit mussten die Kinder jeweils nur für ein Zahnrad im Getriebe bestimmen, ob es sich bei einer Umdrehung des Antriebsrads weniger, auch oder mehr als einmal gedreht hat (6 Antworten). Die interne Konsistenz der Skalen wurde nach der Kuder-Richardson-20-Formel für dichotome Daten bestimmt. Für die Skala zur Drehrichtung zeigte sich eine gute interne Konsistenz ($\rho_{KR20 \text{ Prätest}} = .736$; $\rho_{KR20 \text{ Posttest}} = .711$). Die lediglich moderate interne Konsistenz bei der Drehgeschwindigkeit ($\rho_{KR20 \text{ Prätest}} = .513$; $\rho_{KR20 \text{ Posttest}} = .502$) lässt auf einen hohen Rateanteil in den Antworten schließen.

4.3 Intervention und Durchführung

Beim Explorieren erhielten die Kinder als Material eine Anzahl an Zahnrädern, jedoch keine Aufgabenkärtchen. Beim Versuchen, Experimentieren und Laborieren erhielten die Kinder zum Material dazu Aufgabenkärtchen. Die Aufgabenkärtchen zum Versuchen zeigten (1) die benötigten Bauteile, (2) eine schrittweise Bauanleitung und (3) Aufforderungen (z.B. „Drehe das Antriebsrad in Richtung des Pfeils.“). Die Kärtchen zum Experimentieren zeigten kleine Comics, in denen

Comifiguren Behauptungen aufstellten (z.B. „Wenn ich Zahnräder miteinander verbinde, drehen sie sich immer in die gleiche Richtung!“). Die Kinder mussten die Behauptung überprüfen („Stimmt das? Finde es heraus! Du kannst alle Teile aus dem Baukasten nutzen.“). Die Kärtchen zum Laborieren glichen denen zum Versuchen, enthielten zusätzlich aber eine Fragestellung (z.B. „Wie herum dreht sich das andere Zahnrad?“). Die Kinder konnten aus jeweils zehn Kärtchen mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad (leicht, mittel, schwer) immer eines auswählen und selbst bestimmen, wie viele Kärtchen sie bearbeiteten.

Hinzu kamen Antwortkärtchen. Beim Experimentieren sollten die Kinder darauf notieren oder zeichnen, was sie versucht hatten. Beim Versuchen, Experimentieren, Laborieren sollten sie festhalten, was sie a) beobachtet und b) herausgefunden hatten. Die Versuchsleiterinnen und -leiter führten ein, dass die Kärtchen leichtere, mittlere und schwerere Aufgaben enthielten, die Kinder konnten selber wählen, welche Kärtchen sie bearbeiten wollten. Die Versuchsleiterinnen und -leiter unterstützten zudem die Aufgabebearbeitungen mit Fragen (z.B. „Schau mal genau hin, kannst Du noch mehr beobachten?“) oder Ermunterungen (z.B. „Was kannst Du noch versuchen?“). In der Explorieren-Gruppe beschränkte sich die Unterstützung auf Hilfestellungen beim Umgang mit den Bauteilen.

Die Studie wurde von Bachelor-Studierenden bei einem Klassenbesuch im Rahmen eines Seminars zu Projekten im Sachunterricht durchgeführt. Zunächst führten die Studierenden mit jeweils einem Kind den Prätest durch (ca. 15 min). Anschließend wurden die Aufgaben an Gruppentischen bearbeitet oder frei konstruiert (60 min). Unmittelbar im Anschluss erfolgte der Posttest (ca. 15 min). Die gesamte Durchführung wurde videographiert, um einen Manipulationscheck zu ermöglichen.

5 Ergebnisse

Lösungsraten. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden sowohl für die Items zur Drehrichtung als auch zur -geschwindigkeit die Anzahl der richtigen Antworten summiert und Mittelwertscores gebildet. Der resultierenden Mittelwerte liegen zwischen 0 und 1 und drücken die Lösungsrate in Prozent aus. Tabelle 2 zeigt die Lösungsraten im Prä-Posttestvergleich für Drehrichtung und -geschwindigkeit nach Aufgabentypen. Varianzanalysen mit dem Messzeitpunkt (Prä-Posttest) als messwiederholtem Faktor und dem Aufgabentyp (EB 1 bis 4) als Gruppierungsfaktor ergaben signifikante Haupteffekte des Messzeitpunkts sowohl bei der Drehrichtung ($F(1,71)=5.467$, $p=.022$, partielles $\eta^2=.071$) als auch bei der Drehgeschwindigkeit ($F(1,72)=33.799$, $p<.001$, partielles $\eta^2=.319$). Bei der Drehrichtung zeigte das Modell entgegen der Erwartung jedoch keinen Interaktionseffekt des Messzeitpunkts mit dem Aufgabentyp, was darauf hindeu-

ret, dass sich die Lösungsrate bei allen Aufgabentypen gleichermaßen verbesserte. Bei der Drehgeschwindigkeit fiel die Interaktion hingegen signifikant aus ($F(3,72)=5.572$, $p=.002$, partielles $\eta^2=.188$). Post-hoc Vergleiche zeigten unter Berücksichtigung eines nach Bonferroni korrigierten Signifikanzniveaus, dass sich die Lösungsraten beim Experimentieren ($t(15)=3.882$, $p=.001$, $d=1.24$), beim Versuchen ($t(17)=4.780$, $p<.001$, $d=1.39$) und beim Laborieren ($t(19)=2.699$, $p=0.15$, $d=0.53$) verbesserten. Beim Explorieren gab es keinen überzufälligen Zuwachs in der Lösungsrate.

Tab. 2: Lösungsraten (M , SD) im Prä-Posttestvergleich

	Drehrichtung		Drehgeschwindigkeit	
	Prä	Post	Prä	Post
Explorieren (n=22)	.77 (.177)	.85 (.133)	.63 (.262)	.63 (.300)
Experimentieren (n=16)	.73 (.215)	.81 (.190)	.48 (.210)	.70 (.185)
Versuchen (n=18)	.80 (.188)	.85 (.157)	.49 (.271)	.81 (.183)
Laborieren (n=20)	.75 (.280)	.79 (.278)	.60 (.293)	.74 (.226)

Konsistenz der Antworten. In einem weiteren Analyseschritt wurden die Antwortmuster der Kinder auf Konsistenz geprüft. Als Kriterium für ein konsistentes Antwortmuster wurde die Anzahl gleichartiger Antworten festgelegt, für deren Zustandekommen allein durch Raten die Wahrscheinlichkeit gemäß Binomialverteilung weniger als 10% beträgt. Bei den Items zur Drehrichtung waren dies neun von elf Antworten ($P_{n,1/2}(X=9) < 10\%$), bei den Items zur Drehgeschwindigkeit vier von sechs Antworten ($P_{n,1/3}(X=4) < 10\%$). Konsistent richtiges Antworten deutet darauf hin, dass das Kind die wissenschaftlich zutreffende Vorstellung hat, konsistent falsches Antworten deutet auf eine wissenschaftlich unzutreffende Vorstellung hin. Ist kein konsistentes Antwortmuster erkennbar, kann davon ausgegangen werden, dass das Kind keine (stabile) Vorstellung aufweist. In Bezug auf die Drehrichtung stieg der Anteil an Kindern, die konsistent richtig geantwortet haben, von 53% im Prä- auf 71% im Posttest, wohingegen der Anteil an Kindern ohne konsistentes Antwortmuster von 45% auf 28% sank. Der Anteil an Kindern mit konsistent falschen Antworten blieb auf sehr geringem Niveau annähernd gleich (3% vs. 1%). Bei der Drehgeschwindigkeit stieg der Anteil konsistent richtig antwortender der Kinder von 46% im Prä- auf 68% im Posttest. Umgekehrt verringerte sich der Anteil an Kindern mit konsistent falschen Antworten von 28% auf 8%. Der Anteil an Kindern ohne konsistentes Antwortmuster blieb mit 26% vs. 24% weitestgehend gleich groß. Aufgrund der geringen Fallzahl erfolgte keine Prüfung getrennt nach Aufgabentypen.

6 Diskussion und Ausblick

Vorstellungen zur Drehrichtung und -geschwindigkeit. Die Konsistenz der Antworten lässt darauf schließen, dass mehr als die Hälfte der untersuchten Grundschul-kinder offenbar bereits vor der Intervention die zutreffende Vorstellung bezüglich der Drehrichtung von Zahnrädern und nur sehr wenige Kinder ein unzutreffendes Konzept hatten. Jedoch fand sich bei fast jedem zweiten Kind kein konsistentes Antwortmuster, was vermuten lässt, dass bislang weder eine unzutreffende noch die zutreffende Vorstellung zur Drehrichtung vorherrschte. Zur Drehgeschwindigkeit hatte auch in etwa die Hälfte der Kinder die zutreffende Vorstellung. Jedoch war mit mehr als jedem vierten Kind der Anteil an offenbar unzutreffenden Vorstellungen deutlich höher als bei der Drehrichtung. Dieses Ergebnis stimmt mit Lehrer und Schauble (1998) überein, die bei Fünftklässlern häufiger Fehlvorstellungen zur Drehgeschwindigkeit als zur -richtung fanden. Bei Kindern ohne stabiles Antwortmuster bleibt allerdings offen, ob sie tatsächlich noch keine Vorstellungen haben, oder aber bereits inertes, nicht zugängliches Wissen vorhanden ist, das durch eine Intervention aktiviert werden kann.

Veränderung unzutreffender Vorstellungen durch das Lernangebot. Die Ergebnisse des Prä-Posttest-Vergleichs deuten darauf hin, dass ein Lernangebot von lediglich 60 Minuten bereits zutreffende Vorstellungen zur Drehrichtung und -geschwindigkeit aufbauen und wissenschaftlich nicht haltbare Konzepte bei Grundschulkindern korrigieren kann. Dies gelang insbesondere bei der Drehrichtung. Entgegen der Annahme spielte die Strukturierung der Lernumgebung dabei keine Rolle. Womöglich lag bei vielen Kindern die zutreffende Vorstellung bereits inert vor und konnte unabhängig von der Strukturierung des Lernangebots leicht aktiviert werden, da die Drehrichtung gut wahrgenommen werden kann. Hingegen trat bei der Drehgeschwindigkeit eine Verbesserung wie erwartet nur in den durch Aufgabenkärtchen strukturierten Gruppen ein. Dies mag daran liegen, dass die Geschwindigkeit weniger salient für Grundschul-kinder ist und die Aufmerksamkeit gezielt darauf gelenkt werden muss. Dies gelang offenbar unabhängig davon, ob die Kinder Strukturierung in Hinblick auf die Vorgehensweise, auf die Fragestellung oder auf beides erhielten. Offen bleibt jedoch, ob die Vorstellungen zur Drehgeschwindigkeit bei einer längeren Interventionszeit auch durch freies Explorieren hätten verbessert werden können.

Ausblick. Aktuell sind Studien geplant, die (1) anhand größerer Stichproben (2) auch jüngere Kinder (Vor- und Grundschuleingangsalter) in den Blick nehmen und dabei (3) die Interventionszeit verlängern und (4) Merkmale der Kinder wie zum Beispiel deren allgemeine kognitive Fähigkeiten kontrollieren.

Literatur

- Clark, R. E. (2009): How Much and What Type of Guidance is Optimal for Learning from Instruction? In: Tobias, S. & Duffy, T. M. (Hrsg.): *Constructivist instruction. Success or failure?* London, S. 158-183.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn.
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2012): *Gute Aufgaben Sachunterricht*. Berlin.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006): Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. In: *Educational Psychologist*, 41, Nr. 2, 75-86.
- Lazonder, A. W. & Hamsen, R. (2016): Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning. In: *Review of Educational Research*, 86, Nr. 3, 681-718.
- Lehrer, R. & Schauble, L. (1998): Reasoning about structure and function. Children's conceptions of gears. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 35, Nr. 1, 3-25.
- Leuchter, M. (2013): Die Bedeutung des Spiels in Kindergarten und Schuleingangsphase. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 59, Nr. 4, 575-592.
- Lucas, B., Hanson, J. & Claxton, G. (2014): *Thinking like an engineer. Implications for the education system*. London.
- Mayer, R. E. (2004): Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. In: *The American psychologist*, 59, Nr. 1, 14-19.
- Weisberg, D. S., Kittredge, A. K., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M. & Klahr, D. (2015): Making play work for education. In: *Phi Delta Kappan*, 96, Nr. 8, 8-13.