

## Ist der Lernerfolg beim Experimentieren von Instruktion abhängig?

Hartmut Giest

*The field-study presented here investigates whether instructional measures are influencing the learning effects of scientific experimenting (action-regulation as well as the level of the conceptual representation of explanations for phenomena). Examined were third and fourth graders carrying out scientific experiments at semi-open experimental stations (in the extracurricular area). Results show a strong influence of the experiments' content and pre knowledge but only little effects on knowledge acquisition because instructional support was dominantly directed to hands-on-activities.*

### 1. Einleitung

Naturwissenschaftlich-technische Experimente durchzuführen – Experimentieren als naturwissenschaftliche Lernhandlung – ist ein beliebtes Angebot vieler außerschulischer Lernorte (Science Labs oder Science Centern). Ungeachtet der aus der Literatur bekannten, relativ geringen Lerneffekte werden sie gern von Lehrkräften und Schüler\*innen genutzt und öffentlich gefördert (Freericks 2011; Scharfenberg, Möller, Kaufmann & Bogner 2019). Aus diesem Grund sind im Rahmen zweier von den Stadtwerken Potsdam und der Telekom finanzierter Projekte 29 Experimentierstationen durch eine Projektgruppe an der Universität Potsdam (Professur Sachunterricht) entwickelt und im Feldversuch evaluiert worden (Evaluationsbericht 2016; Giest i.D.).

Neben der authentischen Lernbegegnung werden häufig jedoch auch die Abwechslung vom Schulalltag, das Machen neuer Erfahrungen, Novitätseffekte, Neugier und Spaß (Alberts & Giest 2011, 2012; Giest & Alberts 2010) mit diesen Lernorten in Verbindung gebracht. Ggf. leidet unter der „Freizeiterwartung“ eine für das Verstehen der in den Experimenten untersuchten Phänomene erforderliche Lernhaltung und Anstrengungsbereitschaft, wie auch das Ansehen eines Lernvideos nicht mit einem darauf bezogenen Lernhandeln gleichgesetzt werden kann. Deshalb haben wir versucht, durch instruktionale Angebote (tutorielle Hilfestellungen, Forscher\*innenhefte und z.T. Erklär-Videos) sowohl das *praktische Experimentierhandeln* als auch das auf ein *Verstehen* der erzeugten Phänomene *gerichtete Lernhandeln* zu unterstützen (Giest i.D.). In einer weiteren Studie wurde speziell die Wirkung der Erklär-Videos auf die *Handlungsregulation* und den *Lerneffekt beim Experimentieren an drei Experimentierstationen* differenziert untersucht (Giest i.E.). Die Wirkung der eingesetzten instruktionalen Angebote und Hilfen auf die untersuchten Lerneffekte war nicht zufriedenstellend, teilweise sogar negativ. Daher stellt sich die Frage, welche konkrete Rolle kann angebotene Instruktion spielen und was kann durch eine solche erreicht werden.

## 2. Problemstellung

Das Experimentieren ist eine wesentliche naturwissenschaftliche Lernhandlung und Erkenntnisweise bzw. -methode, von deren Beherrschung sowohl das Verstehen bzw. Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene als auch die emotional-motivationale Haltung gegenüber den Naturwissenschaften wesentlich abhängt (GDSU 2013; Hartinger 2020; Haider 2015; Koerber, Mayer, Osterhaus, Schwippert & Sodian 2015). Daher und wegen qualifikationsbedingter didaktisch-methodischer Defizite oder vermeintlich fehlender schulischer Bedingungen (z.B. Materialien) nutzen Lehrkräfte gern Experimentierangebote an außerschulischen Lernorten. Oft genug wird dabei verabsäumt, diese Angebote in den Unterricht zu integrieren (Guderian 2007). Auch unsere Projektgruppe hat während der Durchführung der genannten Projekte innerhalb von sechs Jahren und 27 Experimentiertagen in unserer Pädagogischen Werkstatt nicht ein einziges Mal erlebt, dass die durchgeführten Experimente durch Unterricht vor- oder nachbereitet wurden. Aber auch eine auf ein spezifisches Methodentraining ausgerichtete unterrichtliche Vorbereitung des Besuchs eines Science Centers erbrachte nur mäßige Lerneffekte (Albert & Giest 2012).

Sowohl innerhalb der Schulpraxis (z.B. die Lehrkräfte, die mit ihren Schulklassen an den beiden genannten Projekten teilnahmen) sowie aus theoretischer Sicht ist unstrittig, dass (lern-) erfolgreiches naturwissenschaftliches Experimentieren an instruktionale Unterstützung gebunden ist (Ramseger 2013). Unklar ist jedoch, wie in Praxissituationen instruktionale Stützung (u.a. kognitive Strukturierung und Aktivierung der Lernenden) beim Experimentieren so angeboten werden kann, dass die Handlungsregulation möglichst eigenständig erfolgt und sinnstiftendes Lernen (Sinnbildung) stattfinden kann (Bohrmann 2017; Bohrmann & Möller 2017). Denn nicht zu Unrecht wird aus Sicht der Praxis zum einen kritisiert, dass Kinder zu häufig ausschließlich manuell aktiv sind und zum anderen, dass sie zu „Handlangern“ gemacht werden (Elschenbroich 2005) und selbständiges Handeln zu kurz kommt (Murmans, Pech, Schomaker & Stiller 2019; Zahdeh & Peschel 2018; Michalik 2010; Waldenmaier, Köster & Müller 2013; Waldenmaier, Müller, Köster & Körner 2015; Kihm & Peschel 2021).

Instruktionsbefürworter argumentieren, dass durch instruktionale Stützung Lerngrenzen der Kinder überwunden werden können: „Wissenschaftliches Arbeiten erfordert eine der kindlichen Spontaneität geradezu entgegenlaufende Haltung“ (Ramseger 2013, 164); „Bei einer Aufgabebearbeitung sind Lernende je nach Lernausgangslage auf mehr oder weniger Unterstützung angewiesen [...], die den Experimentierprozess der Lernenden strukturiert“ (Stiller & Wilde 2021, o.S.); „[D]iscovery tasks, which require children to engage in unguided experimentation, typically do not reveal systematic skills in primary school“ (Osterhaus, Koerber & Sodian 2015, 56).

Die andere Seite betont, dass das Interesse der Kinder und die selbstgewählte Aktivität inklusive der dazu gehörenden Kinderfragen wichtiger für den Lernerfolg sind als das Erreichen von Instruktion abhängiger Lernziele: „[B]ei geöffneten Experimentierangeboten [ist] die Engagiertheit der Kinder signifikant höher“ (Waldenmeyer u.a. 2013, 140) und weiter (unter Bezug auf Deci & Ryan 1993, 238 und Bohl & Kucharz 2010, 61): „Im Gegenzug bewirkt die engagierte Aktivität des Selbst eine höhere Lernqualität und fördert zugleich die Entwicklung des individuellen Selbst“ (Waldenmeyer u.a. 2013, 145).

Das Gestalten einer Lernumgebung, die Kindern ohne fachkundige Unterstützung eine lernende Begegnung mit Natur- und Technikphänomenen gestatten soll, erscheint sowohl aus Sicht der Erkenntnisse naturwissenschaftsdidaktischer Forschung als auch aus Sicht eigener praktischer Erfahrungen und wissenschaftlicher Untersuchungen sowie der Evaluation von außerschulischen Lernorten (u.a. Science Centern – Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenenbaum 2011; Graf & Naschka-Roos 2009; Roth, McRobbie, Lucas & Boutonné 1997; Lewalter & Geyer 2005, 2009; Itzek-Greulich, Flunger, Vollmer, Nagengast, Rehm & Trautwein 2015) als problematisch. Daher müssen beim außerschulischen Lernen (z.B. in Science Labs oder im Museum) jüngeren Kindern entweder durch Erzieher\*innen oder durch Aufsichtspersonal (z.B. Student\*innen im Rahmen der Ausbildung) ausreichend Hilfen bzw. Orientierungen angeboten werden. Dieses Angebot schließt eine adaptive instruktionale Unterstützung ausdrücklich ein. Als eine wichtige Problemstellung ist dabei zu sichern, dass weder zu früh, noch zu spät Hilfen gegeben werden, weil Kinder dazu neigen, sich entsprechend ihrer Unterrichtserfahrungen zu verhalten und sich in die Abhängigkeit von der Lehrkraft begeben. Idealerweise sollten Problemsituationen entstehen (Sinnstiftung), bei denen die Hilfen sich in das Handeln der Kinder einfädeln und dieses nicht „abwürgen“. Von einer solchen instruktionalen Unterstützung ist ein hoher Lerneffekt zu erwarten. Eine solche Hilfestellung zu geben, war eine Aufgabe der in der nachfolgend beschriebenen Untersuchung einbezogenen studentischen Tutor\*innen.

### 3. Fragestellung

Unsere übergreifende Frage lautet: Inwiefern fördert Instruktion beim Experimentieren an Stationen im Rahmen außerschulischer Lernangebote den Lernerfolg? Im Einzelnen wurde gefragt:

- Inwiefern ist Instruktion vom Inhalt der Experimente abhängig (stationsspezifisch)?
- Wie hängen Vorwissen und Instruktion zusammen?
- Inwiefern beeinflusst Instruktion den Lernerfolg?
- Gibt es differenzielle Effekte (Gender, Klassenstufe)?
- Moderiert bzw. mediatisiert Instruktion die Lerneffekte?

Im Sinne einer quasiexperimentellen oder Laborstudie müsste man nach den Bedingungen fragen, unter denen Instruktion förderlich oder hinderlich auf den Lernerfolg wirkt. Diese Frage lässt sich jedoch im Rahmen unserer Feldstudie nicht beantworten, da Instruktion und Experimente hier nicht systematisch variiert werden konnten und eine saubere Randomisierung nicht möglich war, da einerseits die Lehrkräfte mitbestimmen konnten, welche Experimente angeboten wurden und andererseits ein halboffenes Experimentieren (freie Wahl der Stationen und der Verweildauer mit Angeboten für eine tutorielle Unterstützung und Nutzung von speziell entwickelten und erprobten Forscher\*innenheften sowie an einigen Stellen Erklär-Videos) durchgeführt wurde.

Unsere globale Hypothese lautet: Wenn Instruktion eine wesentliche Bedingung für erfolgreiches naturwissenschaftliches Lernen und Experimentieren ist, dann sollte sich instruktionale Unterstützung in den Lernergebnissen niederschlagen.

## 4. Methoden

Zur Beantwortung der Fragen wurden Daten aus den weiter oben erwähnten zwei Evaluationsstudien genutzt. In beiden Studien wurden Merkmale der Handlungsregulation und Effekte begrifflichen Lernens (Conceptual Change-Aspekt) beim halboffenen Experimentieren an Stationen untersucht. Da durch die zweite Studie eine lernförderliche Wirkung der Erklär-Videos nicht nachzuweisen war, ergibt eine Unterscheidung zwischen Stationen mit und ohne Videounterstützung hier wenig Sinn.

Die Evaluation der Experimentierstationen erfolgte im Rahmen von „Experimentiertagen“ in der Pädagogischen Werkstatt der Universität Potsdam. Dazu wurden Daten von 411 Jungen und 366 Mädchen, 554 aus Klasse drei und 223 aus Klasse vier erhoben.

Es wurde folgendes Forschungsdesign verwendet:

- Nach der Begrüßung und kurzen Einweisung erfolgte ein Pretest im Plenum („Quiz“ mit multiple Choice-Aufgaben zu jeder Station).
- Die Kinder besuchten die Stationen und begannen mit der Arbeit, wobei das Forscher\*innenheft genutzt werden konnte. Die Tutor\*innen an der Station halfen bei Bedarf. Während der Arbeit an den Stationen wurden die Kinder beobachtet (Beobachungskriterien siehe Tab. 2).
- Am Ende erfolgte ein Posttest mit identischen Aufgaben im Plenum.

Zur Analyse genutzte Daten sind:

- der *Wert des Pretests* = Vorwissen (Begriffsniveau)
- der *Posttestwert* (Begriffsniveau)

Das begriffliche Niveau der Antworten auf die Fragen des Wissenstests (Quiz zum Begriffsniveau – in der Regel fünf Multiple-Choice-Aufgaben – z.B. „Warum kann ein Insekt auf der Wasseroberfläche stehen, ein Vogel aber nicht?“) wurde durch Zuordnung zu Niveaustufen erhoben (Tab. 1):

**Tabelle 1:** begriffliche Niveaustufen

begriffliches Niveau	Beispiel	Pkt.
sinnlich konkret (Benennung des Phänomens)	„...weil Vögel untergehen, Insekten aber nicht“	1
abstrakt	„...weil Wasser eine dünne Haut bildet, auf der Insekten gerade noch stehen können, Vögel aber nicht“	2
geistig-konkret (Erklärung des Phänomens durch Theorieaussage)	„...weil die Wasserteilchen nur zum Wasser hin angezogen werden, bilden sie so etwas wie eine Haut, die Insekten trägt, Vögel aber nicht“	3
fake – Phänomen- und Theorieebene falsch verbunden [„wissenschaftlich klingender Unsinn“]	„...weil die Wasserteilchen eine Haut bilden“	0

- *Lerneffekt*

Dieser errechnet sich aus der Differenz zwischen Post- und Pretestwerten.

- *Instruktion*

Die Kinder wurden beim Experimentieren an den Stationen von Studierenden beobachtet, wobei die beobachteten Aktivitäten hinsichtlich folgender Items der Eigenständigkeit der Handlungsregulation (Fragebogen) beurteilt wurden (Tab. 2):

**Tabelle 2:** Items zur Bewertung der Eigenständigkeit der Handlungsregulation

Merkmal der Handlungsregulation	Item	Punktwert
Orientierung – Arbeitsaufnahme	zielgerichtet	3
	durch Nutzung des Forscher*innenheftes	2
	<b>durch Tutor*innen instruiert</b>	1
	ohne	0
explizite Instruktion	ja	1
	nein	2
Hilfe	ohne/ selbständig/ von anderen Kindern	3
	durch Forscher*innenheft	2
	<b>durch Erwachsene</b>	1
Handlung	selbstständig	4
	miteinander	3
	durch Nachmachen	2
	durch Zusehen	1
Experimentieren <sup>1</sup>	Experiment	3
	Versuch	2
	Exploration	1
Handlungsverlauf	sicher	4
	<b>sicher mit Instruktion</b>	3
	unsicher	2
	<b>unsicher mit Instruktion</b>	1
	ohne	0
Kooperation	allein/Paar	3
	Gruppe	2
	anders	1
	ohne	0
Handlungshilfe	von Kindern/ohne	3
	durch Forscher*innenheft	2
	<b>durch Erwachsene</b>	1
Kontrolle	ja	1
	nein	0
Kontrolle/Feedback durch	Kinder	3
	Forscher*innenheft	2
	<b>Erwachsene</b>	1
	ohne	0

Die Prüfung der Reliabilität der Beobachtungsdaten (10 Items) ergab knapp zufriedenstellende Werte (Cronb.- $\alpha$  zwischen 0,511 und 0,701), die stichprobenartig erhobene Interraterreliabilität war leider nicht immer zufriedenstellend (Coh.- $\kappa$  zwischen 0,4 und 0,5). Bei der Bewertung der Ergebnisse der Reliabilitätsprüfung ist zu beachten, dass anders als bei klassischen Fragebogenerhebungen nicht Wissen aus dem Gedächtnis der Befragten geprüft/ abgefragt wird, sondern Bewertungen visuell wahrgenommener Merkmale des Handelns anderer Personen. Häufig

<sup>1</sup> Es wurden – entsprechend Giest & Marquardt-Mau 2013 – drei Entwicklungsniveaus des Experimentierens als Lernhandlung (Exploration, Versuch, Experiment) unterschieden. Die Unterscheidung bezieht sich darauf, ob und auf welchem Niveau eine Antizipation der Theorieausage erfolgt, die im Experiment zu prüfen ist: *Exploration* (es wird lediglich das Erzeugen eines Effekts angestrebt), *Versuch* (es wird eine mit Alltagswissen erklärte Vermutung geprüft) und *Experiment* (es wird eine mit Theoriewissen erklärte Vermutung=Hypothese geprüft). Hartinger (2020) bezieht die Unterscheidung zwischen Experimentieren, Versuchen, Laborieren und Explorieren darauf, ob jeweils Fragestellung und Vorgehensweise vorhanden/ bekannt bzw. nicht vorhanden/ unbekannt sind.

treten jedoch mehrere Merkmale beim Handeln unterschiedlich dominant auf, wechseln sich ab, konkurrieren miteinander. Daher besteht die Gefahr, dass die Dominanz eines Merkmals von verschiedenen Beobachter\*innen unterschiedlich wahrgenommen und interpretiert wird. Die ermittelten Werte lassen sich deshalb nicht zu Messzwecken inhaltlich nutzen, sondern sind nur in ihrer relativen Höhe im Sinne eines mehr oder weniger eigenregulierten Handelns zu interpretieren.

Zur Datenanalyse wurden die fett/kursiv markierten Items der instruktionalen Stützung aus den Beobachtungsdaten zur Handlungsregulation zusammengefasst und als Variable Instruktion geprüft. Im Falle, dass diese Merkmale vorhanden waren, wurde Instruktion mit 1, sonst mit 0 kodiert. Der Konstruktion der Variablen entsprechend müsste sich ein negativer Zusammenhang mit der Handlungsregulation ergeben: Kinder mit hoher Eigenregulation müssten weniger Instruktion in Anspruch nehmen. Und in der Tat korrelieren beide Variablen negativ: Spearman's- $\rho = -0,534$ ;  $p < 0,001$ .

Als moderierende Variablen sind zu prüfen:

- *Station* (bzw. Inhalt der Station)
- *Gender, Klassenstufe* (drei bzw. vier)

Moderationsanalysen erfolgen mit linearer Regression (Residuen normalverteilt, ansonsten Bootstrapping) und Mediationsanalysen mit einem entsprechenden Verfahren JASP 0.14.1. Moderation bedeutet hier, dass der Effekt einer unabhängigen Variablen X auf eine abhängige Variable Y für verschiedene Werte einer dritten Moderator-Variablen unterschiedlich ist. Mediation bedeutet, dass der Effekt einer Variablen X auf eine Variable Y (partiell) indirekt ist: er wird auch durch eine dritte Variable M verursacht.

Folgende Stationen wurden in die Analyse einbezogen:

- *Smog* (Rauch steigt nicht nach oben, wenn ein Teelicht in einem Glas über einer Räucherkerze angebracht wird);
- *E-Magnet* (Eisen vom Müll mit Hilfe eines Stab- und Elektromagneten trennen, Vorteil des Elektromagneten erkennen);
- *Nuss* (eine Nuss anzünden, um zu erkennen, dass sie brennt sowie Licht und Wärme abgibt – erneuerbare Energie);
- *Schwimmen* (Knetrolle zum Boot umformen und dadurch zum Schwimmen bringen);
- *Klärwerk* (mechanische Reinigungsstufen experimentell erkunden);
- *Boot* (Wessen Boot aus Papier trägt am meisten Steine?);
- *Tanzender-Stern* (Elektrostatik: ein Papierstern „tanzt“, wenn ein mit einem Tuch geriebener Stab an ihn gehalten wird);
- *Papier* (Papierrecycling – Papier schöpfen);
- *Wasserhaut* (Oberflächenspannung – eine Büroklammer kann auf der Wasseroberfläche liegen);
- *Wagen* (Rollreibung – Reibungseffekt auf verschiedenen Untergründen erkunden);
- *T-Winkel* (den Toten Winkel an einem Fahrzeugmodell erforschen).

## 5. Ergebnisse

*F1: Ist Instruktion abhängig vom Inhalt der Experimente (stationsspezifisch)?*

*H1: Da die Handlungsanforderungen vor allem inhaltlich bestimmt sind, sollten sich hier deutliche Unterschiede zeigen.*

Ergebnis:

**Tabelle 3:** Datenübersicht zur Variablen *Instruktion*

Station N (Mädchen/Jungen)	Instruktion			
	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.
Smog 78 (34/44)	0,630	0,210	0,167	0,917
E-Magnet 123 (60/63)	0,615	0,223	0,083	0,917
Nuss 29 (15/14)	0,589	0,269	0,167	0,917
Schwimmen 73 (30/43)	0,553	0,223	0,000	0,917
Klärwerk 98 (46/52)	0,553	0,243	0,000	0,917
Boot 65 (30/35)	0,486	0,256	0,000	0,917
T-Stern 31 (15/16)	0,484	0,297	0,000	0,917
Papier 61 (31/30)	0,460	0,168	0,167	0,750
Wasserhaut 137 (67/70)	0,457	0,282	0,000	0,917
Wagen 49 (22/27)	0,406	0,221	0,000	0,833
T-Winkel 33 (16/17)	0,343	0,252	0,000	0,917

Die Unterschiede hinsichtlich der Mittelwerte der Variablen *Instruktion* zwischen den elf Stationen (Tab. 3) sind hochsignifikant – Kruskal-Wallis-Test:  $H(10,766) = 72.363$ ;  $p < 0,001$ ; Cohen's  $d = 0,6$ .

Berücksichtigt man die Tatsache, dass Observierungswerte, die sich auf das Handeln beziehen, vor allem Hands-on-Aktivitäten, d.h. das (visuell wahrnehmbare) praktische Umgehen mit dem Experimentiergeräten erfassen, unterscheiden sich die Stationen erheblich dadurch, wie selbsterklärend oder erfahrungsgesättigt sie mit Blick auf das kindliche Handeln sind bzw. wie viel Hilfe die Kinder benötigen, um mit dem (praktischen) Experimentieren zu beginnen.

H1 kann nicht widerlegt werden. Das Wahrnehmen von instruktionalen Hilfen weist eine deutliche inhaltliche Komponente auf, die sich vor allem darauf bezieht, wie selbsterklärend die Experimente sind.

*F2: Wie hängen Vorwissen und Instruktion zusammen?*

*H2: Plausibel erscheint die Annahme, dass bei mehr Vorwissen eher eigenreguliert gehandelt, also weniger nach Instruktion gesucht wird und umgekehrt.*

Ergebnis:<sup>2</sup>

**Tabelle 4:** Datenübersicht zur Variablen *Vorwissen*

Station N (Mädchen/Jungen)	Vorwissen			
	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.
T-Winkel 33 (16/17)	2,656	0,628	1	3
Papier 61 (31/30)	2,459	0,673	0	3
Nuss 29 (15/14)	2,411	0,963	0	3
Smog 78 (34/44)	1,808	0,927	0	3
Wagen 49 (22/27)	1,786	0,913	0	3
E-Magnet 123 (60/63)	1,717	1,034	0	3
Wasserhaut 137 (67/70)	1,549	1,214	0	3
T-Stern 31 (15/16)	1,355	1,074	0	3
Boot 65 (30/35)	1,108	1,062	0	3
Schwimmen 73 (30/43)	0,945	0,970	0	3

Zunächst ist festzustellen, dass das *Vorwissen* zum Inhalt der einzelnen Stationen (Tab. 4) hochsignifikant unterschiedlich ist:  $H(9,665) = 98.881$ ;  $p < 0,001$ ; Cohen's  $d = 0,798$ . Auffällig ist, dass Wissen auf der Phänomenebene besser repräsentiert ist als auf einer unanschaulichen oder Modell-Ebene (Dichte [Schwimmen], Teilchen- bzw. Ladungsebene).

Vorwissen und Instruktion korrelieren schwach negativ (Spearman's- $\rho = -0,09$ ;  $p = 0,02$ ). Hohes Vorwissen hängt mit geringerer Inanspruchnahme instruktionaler Hilfen signifikant zusammen, wenngleich der Effekt klein ist und durch einige Stationen gestört wird (Smog, E-Magnet, Nuss – hier war allein durch die Versuchsanordnung nicht sofort zu erkennen, was wie gemacht werden muss). Nimmt man diese Stationen aus der Auswertung heraus, so ist der Effekt sehr signifikant: Spearman's- $\rho = -0,175$ ;  $p < 0,001$ . Bei Schwimmen, Boot, Tanzender Stern und Wasserhaut ist das Vorwissen hinsichtlich der Erklärung des Phänomens relativ gering (unanschaulich, Modellebene), aber es ist leicht zu erfassen, was an den Stationen zu machen ist, daher ist der Instruktionwert relativ niedrig. Die Wechselwirkung zwischen Station und Vorwissen lässt keine Voraussage (Moderation) der Inanspruchnahme von Instruktion zu, eine indirekte Wirkung (Mediation) durch den Faktor Station auf die Beziehung zwischen Vorwissen und Instruktion war auch nicht festzustellen.

H2 trifft tendenziell zu, wobei zu beachten ist, dass sich die Inanspruchnahme von Instruktion wohl eher auf Hands-on-Aktivitäten bezieht, weshalb nicht unbedingt zu erwarten ist, dass hier Instruktion zu hohen Lerneffekten führt (s.u.). Beobachtungen aus Voruntersuchungen legen den Schluss nahe, dass die Kinder das „Verstehen eines Experiments“ mit dem Wissen darüber gleichsetzen, was gemacht werden soll (Giest & Alberts 2010, 170f.). Daher dürfte sich die Inanspruchnahme der Instruktion auf diesen Aspekt beziehen.

<sup>2</sup> Die Analyse der Werte für Vorwissen, Pre- und Posttest erfolgt ohne Klärwerk, weil die Wissenswerte hier nicht vergleichbar sind.



*F3: Wie beeinflusst Instruktion den Lernerfolg?*

*H3: Eigentlich sollte davon auszugehen sein, dass Instruktion zu Wissenszuwachs führt. Beim Experimentieren an Stationen ist Instruktion allerdings notgedrungen vor allem auf das praktische Vollziehen der Experimentierhandlungen gerichtet, da den Tutoren an den Stationen natürlich zuerst auffällt, wenn Kinder nicht wissen, was sie tun sollen. Hilfe bzw. Instruktion bezieht sich dann genau auf diesen Aspekt. Unklar ist jedoch, ob sich Instruktion auch positiv auf die Lernwerte auswirkt.*

Ergebnis:

**Tabelle 5:** Datenübersicht zur Variablen *Posttestwert*

Station N (Mädchen/Jungen)	Posttestwert			
	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.
T-Winkel 33 (16/17)	2,438	0,948	0,000	3
E-Magnet 123 (60/63)	2,332	0,888	0,000	3
Papier 61 (31/30)	2,156	0,906	0,000	3
Wagen 49 (22/27)	1,898	0,946	0,000	3
Smog 78 (34/44)	1,801	1,218	0,000	3
Nuss 29 (15/14)	1,732	0,908	0,000	3
Boot 65 (30/35)	1,697	1,186	0,000	3
Wasserhaut 137 (67/70)	1,365	1,257	0,000	3
T-Stern 31 (15/16)	1,016	0,398	0,000	2
Schwimmen 73 (30/43)	0,911	1,052	0,000	3

Zunächst ist auch hier darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse des Posttests eine starke inhaltliche Komponente aufweisen (Tab. 5): Die Unterschiede bezüglich der untersuchten Stationen sind hochsignifikant:

*Posttestwert* – H (9,666) = 113.300;  $p < 0,001$ ; Cohen's  $d = 0,87$ .

Wie beim Vorwissen auch fallen die Werte ab, sobald es unanschaulich wird oder um eine Modellebene geht.

**Tabelle 6:** Datenübersicht zur Variablen *Lerneffekt*

Station N (Mädchen/Jungen)	Lerneffekt			
	$\bar{x}$	SD	Min.	Max.
E-Magnet 123 (60/63)	0,615	1,252	-2	3
Boot 65 (30/35)	0,574	1,494	-3	3
Wagen 49 (22/27)	0,112	0,948	-3	1,5
Smog 78 (34/44)	-0,006	1,373	-2,5	3
Schwimmen 73 (30/43)	-0,034	1,524	-3	3
Wasserhaut 137 (67/70)	-0,184	1,430	-3	3
T-Winkel 33 (16/17)	-0,219	0,933	-3	1,5
Papier 61 (31/30)	-0,303	1,085	-3	2,5
T-Stern 31 (15/16)	-0,339	1,179	-3	2
Nuss 29 (15/14)	-0,679	1,107	-3	1,5

Auch die Lerneffekt-Werte weisen eine starke inhaltliche Komponente auf (Tab. 6): Die Unterschiede bezüglich der untersuchten Stationen sind hochsignifikant:

*Lerneffekt* – H (9,666) = 53.998;  $p < 0,001$ ; Cohen's  $d = 0,482$ .

Auch hier fallen die Werte ab, sobald es unanschaulich wird oder um eine Modellebene geht.

Die Posttest-Werte korrelieren insgesamt nicht signifikant mit der Inanspruchnahme von Instruktion. Die Beziehung zwischen Instruktion und Posttestwerten wird aber indirekt (negativ) durch das Vorwissen beeinflusst (Mediation): i.E. = -0,119 ( $z = -2,270$ ;  $p = 0,023$ ); d.E. = 0,204; t.E. = 0,085.<sup>3</sup>

Lerneffekt und Instruktion korrelieren schwach aber signifikant (Spearman's- $\rho = 0,084$ ;  $p = 0,035$ ). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass sich dieser Zusammenhang vor allem bei geringem Vorwissen nachweisen lässt, denn der Lerneffekt wird durch die Niveaustufen gedeckelt: bei hohem Vorwissen kann auch durch Instruktion bedingt nicht mehr viel dazugelernt werden.

H3 ist mit Blick auf die Lernergebnisse zurückzuweisen. Instruktion scheint vor allem auf das praktische Handeln ausgerichtet zu sein. Der unterschiedliche Inhalt der Stationen spiegelt sich aber klar in den Wissenswerten (Vorwissen, Posttestwert, Lerneffekt) wider, daher sind die Wirkung der Interaktion von Instruktion und Vorwissen bzw. Inhalt der Stationen auf die Lernwerte sowie indirekte Effekte der Instruktion bzw. des Inhalts der Stationen auf die Beziehung zwischen Vorwissen und Lernwerten bzw. die Beziehung zwischen Instruktion und Lernwerten speziell zu untersuchen (siehe Frage 5).

*F4: Gibt es differenzielle Effekte (Gender, Klassenstufe)?*

*H4: Obwohl die Effekte, der Erkenntnislage (Bos, Wendt, Köller, Selter, Schwippert & Kasper 2016) entsprechend gering ausfallen sollten, könnten Unterschiede bei Mädchen und Jungen (bedingt durch Interessen und Lernentwicklung) dennoch zu erwarten sein. Einen größeren Einfluss dürfte die Klassenstufe wegen eines ggf. unterschiedlichen Vorwissens mit Vorteil der Klasse vier aufweisen.*

Ergebnis:

- *Gender*

Nur hinsichtlich der Instruktion gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen Mädchen und Jungen (Mann-Whitney-Test:  $U(1,775) = 67,657$ ;  $p = 0,015$ ; Cohen's  $d = 0,174$ ): Mädchen nehmen mehr Instruktion in Anspruch, der Effekt ist aber klein. (Bei den anderen Variablen erreichen Mädchen tendenziell auch höhere Werte.)

Mediationseffekte des Faktors Gender auf die Beziehungen zwischen Vorwissen und Instruktion bzw. Instruktion und Posttestwerten/ Lerneffekt sowie Effekte der Moderation (Interaktion von Vorwissen und Gender bzw. Instruktion und Gender) mit Blick auf Instruktion bzw. Lernwerte als abhängige Variablen konnten nicht festgestellt werden.

---

<sup>3</sup> Erläuterung der Abkürzungen: d.E. – direkter Effekt; i.E. – indirekter Effekt; t.E. – totaler Effekt.

**Tabelle 7:** Signifikante Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen (Faktor Stationen)

	T-Winkel	Wagen
Instruktion	J>M*	M>J***
Vorwissen		J>M*
Posttest	M>J*	
Lerneffekt		

Die wenigen und sehr kleinen Effekte, die bezüglich der einzelnen Stationen festgestellt werden konnten (Tab. 7), folgen dem Muster: bei mehr Vorwissen wird weniger Instruktion beobachtet und Wissen ist z.T. interessenspezifisch (Rollenstereotype).

- *Klassenstufe*

<i>Instruktion:</i>	U(1,777)=79.344,5; p<0,001; d=0,457: Klasse 3>Klasse 4
<i>Vorwissen</i> (ohne Klärwerk):	U(1,674)=30.881,0; p<0,001; d=0,339: Klasse 4>Klasse 3
Posttest (ohne Klärwerk):	U(1,674)=41.562,5; p=0,019; d=0,253: Klasse 4>Klasse 3
<i>Lerneffekt</i> (ohne Klärwerk):	U(1,674)=53.325,5; p=0,003; d=0,279: Klasse 3>Klasse 4

Eine Moderationsanalyse (ohne Klärwerk) weist darauf hin, dass die Interaktion von Instruktion und Klassenstufe den Lerneffekt signifikant vorhersagen lässt, wobei der Effekt klein ist:  $\Delta R^2 = 1\%$ ;  $f(1,673) = 6,556$ ;  $p = 0,011$ ; 95 % CI [-2,103; -0,277].

Eine entsprechende Mediationsanalyse zeigt, dass die Beziehung zwischen Instruktion und Posttestwert (d.E. = 0,189) durch den Faktor Klassenstufe indirekt beeinflusst wird (i.E. = -0,104;  $z = -2,644$ ;  $p = 0,008$ ) und zu einem totalen Effekt von (t.E. = 0,085) führt; beim Lerneffekt analog: d.E. = 0,383; i.E. = 0,113 ( $z = 2,504$ ;  $p = 0,012$ ), t.E. = 0,496.

Der Einfluss des Vorwissens auf die Instruktion wird durch die Klassenstufe ebenfalls mediatisiert: d.E. = -0,010; i.E. = -0,011 ( $z = -3,795$ ;  $p > 0,001$ ); t.E. = -0,021.

Einzelne, ebenfalls kleine differenzielle Effekte (Tab. 8) folgen dem Muster: Klasse 3 benötigt mehr Instruktion und verfügt über weniger Wissen.

**Tabelle 8:** Signifikante Unterschiede zwischen den Klassenstufen (Faktor Station)

sign. 3/4	E-Magnet	Papier	Smog	Wagen	Klärwerk
Instruktion	3>4***		3>4***	3<4*	3>4***
Vorwissen		3<4*	3<4*		
Posttest		3<4*			
Lerneffekt					

H4 bestätigend – und den aus der Literatur bekannten Erkenntnissen entsprechend – hat der Faktor Gender lediglich bei der Inanspruchnahme von Instruktion, aber ansonsten wenig, der Faktor Klassenstufe einen deutlicheren Einfluss auf die Inanspruchnahme von Instruktion, Vorwissen und Lernwerte. Die Interaktion von Instruktion und Klassenstufe sagt den Lerneffekt voraus und der Faktor Klassenstufe beeinflusst indirekt die Beziehung zwischen Instruktion und Posttestwert/ Lerneffekt sowie Vorwissen und Instruktion, wobei dies vor allem durch die Unterschiede im Vorwissen bedingt ist. Diese Zusammenhänge lassen sich auch bei einzelnen Stationen beobachten.

*F5: Moderiert bzw. mediatisiert Instruktion die Lerneffekte?*

*H5: Instruktion ist oben als abhängige Variable (abhängig von Vorwissen, Inhalt der Station, Klassenstufe, Gender) untersucht worden. In Frage 3 wurde die Hypothese einer lernbeeinflussenden Wirkung der Instruktion (als unabhängige Variable) falsifiziert. Dennoch könnte Instruktion über die Wechselwirkung mit weiteren Variablen (Moderation – Vorwissen, Station, Klassenstufe, Gender – siehe Frage 4) bzw. indirekt (Mediation) die Lerneffekte beeinflussen.*

Ergebnis:

Die Interaktion zwischen *Instruktion und Vorwissen* sagt die Lernwerte signifikant voraus (Moderation), wenngleich die Effekte klein sind:

*Posttestwert* –  $\Delta R^2 = 0,8 \%$ ;  $f(1,672) = 6,126$ ;  $p = 0,014$ ; 95 % CI[-0,663; -0,076];

*Lerneffekt* –  $\Delta R^2 = 0,6 \%$ ;  $f(1,672) = 6,062$ ;  $p = 0,014$ ; 95 % CI[-0,660; -0,074].

Auch die Interaktion von *Instruktion und Station* lässt die Lernwerte vorhersagen:

*Posttestwert* –  $\Delta R^2 = 1,6 \%$ ;  $f(1;672) = 11,055$ ;  $p < 0,001$ ; 95 % CI[-0,304;-0,078];

*Lerneffekt* –  $\Delta R^2 = 0,9 \%$ ;  $f(1;672) = 6,078$ ;  $p = 0,014$ ; 95 % CI[-0,298;0,034].

Indirekte Effekte der Instruktion auf die Beziehung zwischen Vorwissen und Posttestwert/Lerneffekt sind nicht signifikant klein. Es konnte aber ein kleiner signifikanter Mediations-effekt des Faktors Station auf die Beziehung zwischen Instruktion und Lernwerten festgestellt werden:

*Posttestwert* – i.E. = 0,085 ( $z = 2,541$ ;  $p = 0,011$ ); d.E. = 0,001; t.E. = 0,086;

*Lerneffekt* – i.E. = 0,096 ( $z = 2,463$ ;  $p = 0,014$ ); d.E. = 0,403; t.E. = 0,496.

H5 ist hinsichtlich der moderierenden Wirkung der Instruktion (in Wechselwirkung mit dem Vorwissen und dem Inhalt der Stationen) anzunehmen, eine indirekte Wirkung der Instruktion auf die Beziehung zwischen Vorwissen und Lernwerten war jedoch nicht wahrscheinlich zu machen.

## 6. Fazit

Instruktion ist deutlich vom Inhalt der Experimente an den Stationen abhängig und hängt mit dem Vorwissen der Lernenden zusammen, wird daher auch durch den Faktor Klassenstufe moderiert, hat aber kaum Auswirkungen auf den Wissenserwerb. Offenbar bezieht sich die untersuchte direkte Instruktion, wie die Erfahrungen aus teilnehmender Beobachtung und Videoaufzeichnungen belegen, nahezu ausschließlich auf die Anleitung zum praktischen Handeln an den Experimentierstationen, welches vor allem darauf gerichtet war, die zu untersuchenden Phänomene zu erzeugen. Daher zeigt die instruktionale Unterstützung an den Stationen (am außerschulischen Lernort), vor allem die direkte Ansprache durch Tutor\*innen, lediglich eine Wirkung hinsichtlich der Hands-on Aspekte aber keine oder nur eine geringe hinsichtlich des Niveaus des Erwerbs begrifflichen Wissens.

Es müsste speziell weiter untersucht werden, wie Instruktion (verbal-direkt durch Tutor\*innen, durch schriftliches Arbeitsmaterial – z.B. Forscher\*innenhefte – oder digitale Medien – z.B. Erklär-Videos) das auf die Inhalte der Experimente (Erklärung der in ihnen erzeugten Phänomene) gerichtete Lernen unterstützen kann. Gleichfalls sollte auch speziell untersucht werden, ob der außerschulische Lernort von den Kindern ggf. vorrangig als Erlebnisort, als Gegensatz und Abwechslung zur Schule, aufgefasst wird, bei dem handelndes Erkunden und Erleben dem systematischen Lernen vorgezogen werden.

Andererseits muss auf die Grenzen der angewandten Beobachtungsmethode hingewiesen werden. Die Beobachtung erfasst notgedrungen vor allem sichtbare Aktivitäten und daher umfasst die Bewertung der Handlungsregulation und hier inbegriffen der Inanspruchnahme von Instruktion überwiegend Hands-on-Aktivitäten. Für die Bewertung mentaler Aktivitäten müsste ein anderes Instrument entwickelt werden, welches ggf. interaktiv Informationen über Denkschritte und Urteile protokolliert. Dafür könnte sich eine interaktive App (auf Tablets installiert) eignen.

## Literatur

- Alberts, S. & Giest, H. (2011): Es hat Spaß gemacht. Über das Lernen in Science Centern. In: Giest, H., Kaiser, A. & Schomaker, C. (Hrsg.): Sachunterricht – auf dem Weg zur Inklusion. Bad Heilbrunn, S. 151-156. (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 21).
- Alberts, S. & Giest, H. (2012): Lernen an Experimentierstationen im Science Center. In: Giest, H., Heran-Dörr, E. & Archie, C. (Hrsg.): Lernen und Lehren im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, S. 79-86. (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 22).
- Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, N.J. & Tenenbaum, H.R. (2011): Does discovery-based instruction enhance learning? In: *Journal of Educational Psychology*, 103, 1-18.
- Bohl, T. & Kucharz, D. (2010): Offener Unterricht heute. Konzeptionelle und didaktische Weiterentwicklung. Weinheim und Basel.
- Bohrmann, M. (2017): Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Berlin.
- Bohrmann, M. & Möller, K. (2017): Welcher Magnet ist stärker? – Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im Sachunterricht der dritten Klasse. In: Giest, H., Hartinger, A. und Tänzer, S. (Hrsg.): Vielperspektivität im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, S. 91-99. (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 27).
- Bos, W., Wendt, K., Köller, O., Selter, C., Schwippert, K. & Kasper, D. (2016): TIMSS 2015: Wichtige Ergebnisse im Überblick. In: Wendt, H., Bos, W., Selter, C., Köller, O., Schwippert, K. & Kasper, D. (Hrsg.): TIMSS 2015: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster u.a., S. 13-30.
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238.
- Elschenbroich, D. (2005): Weltwunder. Kinder als Naturforscher. München.
- Evaluationsbericht (2016): Erstellt von Giest, H., Egbert, B., Heiden, S., Lachmann, F. & Wandel, K. Unveröffentlichtes Material. Potsdam.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU] (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn.
- Giest, H. & Alberts, S. (2010): Explorieren und Experimentieren im Science Center: Ein Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung im Primarbereich? In: Arnold, K.-H., Hauenschild, K., Schmidt, B. & Ziegenmeyer, B. (Hrsg.): Zwischen Fachdidaktik und Stufendidaktik. Wiesbaden, S. 169-172. (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 14).
- Giest, H. (i.D.): Handeln und Lernen an Experimentierstationen. Erscheint in [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de).
- Giest, H. (i.E.): Unterstützen Erklär-Videos beim Experimentieren an Lernstationen?

- Giest, H. & Marquardt-Mau, B. (2013): Anschlussfähigkeit sichern – Übergänge gestalten. In: Grundschulunterricht/ Sachunterricht, 2, 4-7.
- Graf, B. & Noschka-Roos, A. (2009): Stichwort Lernen im Museum oder: Eine Kamerafahrt mit der Besucherforschung. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 12, 1, 7-27.
- Freericks, R. (2011): Außerschulische Lernorte: Typologie und Entwicklungsstand. In: Freericks, R. & Brinkmann, D. (Hrsg.): Zukunftsfähige Freizeit. Analysen – Perspektiven – Projekte. 1. Bremer Freizeitkongress Hochschule Bremen; Dokumentation der Fachtagung 12./13. November 2010. Bremen: Institut für Freizeitwissenschaft und Kulturarbeit, S. 11-22.
- Guderian, P. (2007): Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Diss. Berlin HU.
- Haider, M. (2015): Physikalische Aspekte. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Miller, S. & Wittkowske, S. (Hrsg.): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. (2. Aufl.). Bad Heilbrunn, S. 122-128.
- Hartinger, A. (2020): Experimente und Versuche. In: Reeken, D. v. (Hrsg.): Handbuch Methoden im Sachunterricht. Band 3: Dimensionen des Sachunterrichts. Baltmannsweiler, S. 73-80.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M. & Trautwein, U. (2015): Effects of a science center outreach lab on school students' achievement – Are student lab visits needed when they teach what students can learn at school? In: Learning and Instruction, 38, 43-52.
- Kihm, P. & Peschel, M. (2021): Demokratielernen durch Experimentieren?! – Aushandlung eines selbstbestimmten Vorgehens beim Offenen Experimentieren im Sachunterricht. In: Simon, T. (Hrsg.): Demokratie im Sachunterricht – Sachunterricht in der Demokratie. Beiträge zum Verhältnis von Demokratie(lernen) und Sachunterricht(sdidaktik). Wiesbaden, S. 195-205.
- Koerber, S., Mayer, D., Osterhaus, C., Schwippert, K. & Sodian, B. (2015): The development of scientific thinking in elementary school. A comprehensive inventory. In: Child Development, 86, Nr. 1, 327-336.
- Lewalter, D. & Geyer, C. (2005): Evaluation von Schulklassenbesuchen im Museum. In: Zeitschrift für Pädagogik, 51, Nr. 6, 774-785.
- Lewalter, D. & Geyer, C. (2009): Evaluation von Schulklassenbesuchen im Museum. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 3, 775-785.
- Michalik, K. (2010): Didaktische Konzepte für die naturwissenschaftliche Grundbildung von Kindern im Elementarbereich. In: Fischer, H.-J., Gansen, P. & Michalik, K. (Hrsg.): Sachunterricht und frühe Bildung. Bd. Heilbrunn, S. 93-108.
- Murmann, L., Pech, D., Schomaker, C. & Stiller, J. (2019): „Aus der Perspektive von Kindern“ – Inwiefern kann der Forschungsansatz der Phänomenographie ein Impuls für die Beschreibung kindlicher Lernentwicklung und die Formulierung von Kompetenzniveaus sein? In: GDSU-Journal, Heft 9, 82-94.
- Osterhaus, C., Koerber, S. & Sodian, B. (2015): Children's understanding of experimental contrast and experimental control: an inventory for primary school. In: Frontline Learning Research, 3, Nr. 4, 56-94.
- Ramseger, J. (2013): Prozessbezogene Qualitätskriterien für den naturwissenschaftlichen Unterricht – zehn Kriterien für wirksames didaktisches Handeln im Elementar- und Primarbereich. In: Stiftung Haus der kleinen Forscher: Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Bd. 5. Schaffhausen, S. 147-171.
- Roth, W.-M., McRobbie, C.J., Lucas K.B. & Boutonné, S. (1997): The Logical Production of Order in Traditional Science Laboratories: A Phenomenological Analysis. In: Learning and Instruction, 7, Nr. 2, 107-136.
- Scharfenberg, F.-J., Möller, A., Kaufmann, K. & Bogner, F.X. (2019): Schülerlabore und Lehr-Lern-Labore. In: Groß, J., Hammann, M., Schmiemann, P. & Zabel, J. (Hrsg.): Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis. Berlin, S. 229-249.
- Stiller, C. & Wilde, M. (2021): Einfluss gestufter Lernhilfen als Unterstützungsmaßnahme beim Experimentieren auf den Lernerfolg im Biologieunterricht. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 24, 743-763.
- Waldenmaier, C., Müller, B., Köster, H. & Körner, H.-D. (2015): Engagiertheit und Motivation in unterschiedlichen Experimentiersituationen im Sachunterricht. In: Fischer, H.-J., Giest, H. & Michalik, K. (Hrsg.): Bildung im und durch Sachunterricht. Bad Heilbrunn, S. 87-92. (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 25).

- Waldenmaier, C., Köster, H. & Müller, B. (2013): Unterschiede bezüglich der Engagiertheit von Kindergruppen bei geöffneten und geschlossenen Experimentierangeboten im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht. In: Fischer, H., Giest, H. & Pech, D. (Hrsg.): Der Sachunterricht und seine Didaktik. Bad Heilbrunn, S. 137-146. (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 23).
- Zadeh, M.V. & Peschel, M. (2018): SelfPro – Entwicklung von Selbstkonzepten beim Offenen Experimentieren. In: Franz, U., Giest, H., Hartinger, A., Heinrich-Dönges, A. & Reinhoffer, B. (Hrsg.): Handeln im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, S. 83-190.