

# **Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts**

**Brunhild Landwehr  
Ingelore Mammes  
Lydia Murmann  
(Hrsg.)**

## **Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule**

**Elementar bildungsbedeutsam und  
dennoch vernachlässigt?**

**GDSU e.V.**

**k linkhardt**

Landwehr / Mammes / Murmann  
**Technische Bildung im Sachunterricht  
der Grundschule**

**Forschungen zur Didaktik  
des Sachunterrichts  
Band 12**

Brunhild Landwehr  
Ingelore Mammes  
Lydia Murmann  
(Hrsg.)

# Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule

Elementar bildungsbedeutsam und  
dennoch vernachlässigt?

Verlag Julius Klinkhardt  
Bad Heilbrunn • 2021

**k**

Schriftenreihe der  
Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e.V.

Die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) e.V. ist ein Zusammenschluss von Lehrenden aus Hochschule, Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Schule. Ihre Aufgabe ist die Förderung der Didaktik des Sachunterrichts als wissenschaftliche Disziplin in Forschung und Lehre sowie die Vertretung der Belange des Schulfaches Sachunterricht.  
[www.gdsu.de](http://www.gdsu.de)

Dieser Titel wurde in das Programm des Verlages mittels eines Peer-Review-Verfahrens aufgenommen. Für weitere Informationen siehe [www.klinkhardt.de](http://www.klinkhardt.de).

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten  
sind im Internet abrufbar über <http://dnb.d-nb.de>.

2021.n. © by Julius Klinkhardt.

Druck und Bindung: AZ Druck und Datentechnik, Kempten.  
Printed in Germany 2021.  
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem alterungsbeständigem Papier.



*Die Publikation (mit Ausnahme aller Fotos, Grafiken und Abbildungen) ist veröffentlicht unter der Creative Commons-Lizenz: CC BY-NC-SA 4.0 International*  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ISBN 978-3-7815-5869-4 digital      [doi.org/10.35468/5869](https://doi.org/10.35468/5869)  
ISBN 978-3-7815-2430-9 print

## Inhaltsverzeichnis

<i>Brunhild Landwehr, Ingelore Mammes und Lydia Murmann</i> Editorial .....	7
<i>Andreas Schmitt und Tanja Fellensiek</i> „Windräder werden mit Strom betrieben, um Wind zu erzeugen ... oder umgekehrt!“ – Schülervorstellungen und Konzeptwechsel zum Thema Windenergie im Sachunterricht .....	11
<i>Stefan Fletcher und Anja Kleinteich</i> Vorstellungen von Grundschüler*innen zum Ende der Primarstufe über den grundsätzlichen Aufbau eines komplexen technischen Systems zur Energieerzeugung untersucht am Beispiel der Konstruktion eines Wasserkraftwerks aus vorgegebenen Teilsystemen .....	29
<i>Swantje Dölle</i> LERNnetze – Lernunterstützung im technischen Sachunterricht Erprobung kognitiv aktivierender und inhaltlich strukturierender Maßnahmen der Lernunterstützung und Überprüfung der Angebotsnutzung .....	51
<i>Victoria Adenstedt</i> Attributionen von Grundschulkindern zur Erklärung von Leistungsergebnissen bei technischen Alltagsaufgaben .....	73
<i>Svantje Schumann</i> Technische Ereignisse in Stummfilmen erschließen – eine Untersuchung der Bildungsprozesse von Kindern .....	95
<i>Lennart Goecke, Jurik Stiller und Julia Schwanewedel</i> Algorithmusverständnis in der Primarstufe – Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material .....	117
<i>Sabine Martschinke, Susanne Palmer Parreira und Ralf Romeike</i> Informatische (Grund-)Bildung schon in der Primarstufe? Erste Ergebnisse aus einer Evaluationsstudie .....	133

## 6 | Inhaltsverzeichnis

*Eva Gläser und Christina Krumbacher*

Ausstattung zur technischen Bildung mangelhaft?

Eine quantitative Studie zur Situation an Grundschulen ..... 151

**Verzeichnis der Autorinnen und Autoren ..... 167**

## Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule – elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt

*Brunhild Landwehr, Ingelore Mammes und Lydia Murmann*

### Editorial

Technische Entwicklungen prägen unsere Gesellschaft und unterliegen permanenten Innovationen. In zunehmend digitalisierten Umgebungen finden (schulische) Auseinandersetzungen mit Technik im Sinne des Erkennens von Funktionszusammenhängen und Verstehens von Wirkweisen im Rahmen technisch-praktischer Auseinandersetzung immer seltener statt. Konstruktive Mechanismen sind der Erfahrung kaum noch zugänglich. Spielzeuge sind zumeist verschlossene Produkte und bieten wenig Möglichkeit des eigenen Entdeckens; ein Auseinanderbauen ohne Zerstörung ist nicht möglich. Vollautomatisierte Produktionsprozesse sind den Endverbraucher\*innen nicht mehr einsehbar und können daher auch nicht nachvollzogen werden. Die zunehmende Digitalisierung, die den gesellschaftlichen Alltag von allen Menschen prägt (z. B. Fahrerlose Verkehrsmittel, Selbstscankassen in Supermärkten und öffentlichen Bibliotheken etc.) erschwert Verstehensprozesse von Vorgängen in technischen Prozessen. Digitalisierung ist „Alltag“ geworden, ohne dass die Funktionsweisen hinterfragt werden. Eine mündige Teilhabe an gesellschaftlichen Entwicklungen und eine individuelle Bewertungskompetenz ist aufgrund der Undurchschaubarkeit ohne Bildungsprozesse kaum mehr möglich.

Diese zunehmende Technisierung der Lebenswelt erfordert daher technische Bildung. Es muss darum gehen, eine technische Literalität anzustreben, um ein technikmündiges Individuum in einer technikorientierten Gesellschaft auszubilden.

Technische Literalität (Technological Literacy) meint die Fähigkeit Technik einzusetzen, zu verstehen, zu evaluieren und zu bewerten sowie technische Konzepte und Prozesse zu nutzen, um Probleme zu lösen. Damit ist nicht nur ein Kompetenzerwerb verbunden, sondern auch der Aufbau reflektierter Einstellungen, Überzeugungen und Haltungen, die nur in einer aktiven Auseinandersetzung mit Technik erworben werden können (Mammes 2014). Im Sinne einer Technikmündigkeit sind ebenso Prozesse der Technikbewertung aufzuzeigen. Technikbewertung zielt auf die Einschätzung technischer Lösungen etwa hinsichtlich ihrer Leistungen, Einsatzfähigkeiten, gesellschaftlicher Auswirkungen und künftigen Entwicklungspotenziale.

Frühe Bildungsprozesse gewinnen hierbei an Bedeutung, ermöglichen sie doch den Aufbau lebenslanger Interessen, der Entwicklung von Selbstwirksamkeitsüberzeugungen sowie erfahrungsgesättigter, realistischer Einstellungen und Haltungen gegenüber Technik.

### *Einführung in diesen Band*

Der Technischen Bildung im Sachunterricht ist von der GDSU ein relativ prominenter Platz in ihrer didaktischen Konzeption des Sachunterrichts, dargelegt im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2013) zugewiesen worden. Eine der fünf hervorgehobenen fachlichen Perspektiven, die dort in Form von konkretisierten Themenbereichen sowie kompetenzorientierten Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen des Sachunterrichts ausgeführt werden ist die „Technische Perspektive“.

Nichtsdestotrotz spielten Technische Bildung und Technik in den vergangenen Jahrzehnten seit Gründung der GDSU 1992 eine untergeordnete Rolle im sachunterrichtsdidaktischen Diskurs, insbesondere im Vergleich zur fachdidaktischen Auseinandersetzung mit Natur und Naturwissenschaft oder Fragen der Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung. Zur Technischen Bildung lassen sich kaum Beiträge in den Jahressbänden der GDSU finden, nur vereinzelt sind Forschungsprojekte dokumentiert, Arbeitsschwerpunkte in Forschung und Lehre im Bereich Technischer Bildung nennen nur wenige GDSU-Mitglieder.

Seit Gründung der Arbeitsgruppe „Technische Bildung“ der GDSU auf der Mitgliederversammlung in Weingarten im März 2017 haben allerdings in Kooperation mit CETE (Center of Excellence for Technology Education) und in Kooperation mit den Initiator\*innen der Leipziger Werkzeuge jährlich Tagungen stattgefunden, die den wissenschaftlichen Diskurs um Technische Bildung im Sachunterricht belebt haben und auf denen Forschungsvorhaben zur Technischen Bildung vorgestellt und diskutiert wurden. Hiervon ausgehend hat der Vorstand der GDSU beschlossen, dem Thema einen eigenen Forschungsband zu widmen und die Herausgeber\*innen haben in einem offenen Call for Papers Beiträge zu Technischer Bildung im Sachunterricht sowie außerschulischen und vorschulischen Kontexten eingeladen. Die eingereichten Beiträge reichten über die Tagungsbeiträge hinaus und dokumentieren ein breites Spektrum an Fragestellungen und Forschungsmethoden. Angenommen wurden Beiträge, die eine fokussierte Forschungsfrage zur Technischen Bildung in der Primarstufe methodisch nachvollziehbar verfolgten und zumindest soweit fortgeschritten waren, dass erste Ergebnisse vorliegen. Keiner der eingereichten Beiträge fokussierte auf die Frühe Bildung, keiner der Beiträge adressierte explizit Aspekte außerschulischer Technischer Bildung, dennoch ergibt sich ein heterogenes Bild.

Der Anspruch des vorliegenden Bandes ist es insbesondere, einen Einblick in aktuelle Forschungsfragestellungen und -erkenntnisse zu geben, den sehr heterogenen Zugängen und Schwerpunktsetzungen im Bereich der Technischen Bildung in der Primarstufe ein gemeinsames Forum zu bieten und sie dadurch für den Diskurs zum Sachunterricht sichtbar und anknüpfbar zu machen.

### **Zu den Beiträgen:**

Die überwiegende Anzahl der eingereichten Beiträge beschäftigt sich mit den Fragen nach Vorwissen, Interessen und Problemlösefähigkeiten von Kindern sowie den Effekten unterschiedlicher Gestaltung von Unterricht. Weitere Beiträge berichten über Forschungserkenntnisse zum informatischen Lernen. Darüber hinaus gibt es einen Beitrag zur momentanen Situation der Technikausstattung an Schulen.

Die ersten fünf Beiträge beschäftigen sich mit Effekten technischer Bildung im Unterricht.

**Andreas Schmitt** und **Tanja Fellensiek** gehen in ihrer Pilotstudie zum einen der Frage nach, welches Vorwissen die Schüler\*innen zu erneuerbaren Energien (mit dem Schwerpunkt Windenergie) besitzen und zum anderen, ob und inwiefern bestehende Konzepte der Schüler\*innen durch eine kurze Unterrichtssequenz verändert werden können.

**Stefan Fletcher** und **Anja Kleinteich** analysierten mit der Erhebungsmethode der Strukturlegetechnik die Lösungsansätze von Grundschulkindern zur Rekonstruktion eines Wasserkraftwerks. Sie wollten auch herausfinden, welche häufig vorkommenden, vom fachwissenschaftlichen Konzept abweichende Vorstellungen im Sinne naiver Theorien oder Präkonzepten in den Vorstellungen der Kinder zu identifizieren sind. Die Lösungsansätze von 206 Kindern wurden vier Kategorien zugeordnet, die von funktionsfähigen Gesamtsystemen bis hin zu „sinnfreien“ und nicht funktionierenden Energieflusssystemen reichen.

**Swantje Dölle** bezieht sich in ihrer Studie auf Unterricht zur technischen Analyse eines Kurbelkarussells. Das theoriegeleitet entwickelte Unterrichtskonzept zeichnet sich durch vernetzte Phasen sowie gezielt eingesetzte, lernunterstützende Maßnahmen der inhaltlichen Strukturierung und der kognitiven Aktivierung aus. Diese Maßnahmen variieren zwischen impliziter, moderat expliziter bis hin zu intensiv expliziter Lernunterstützung und werden diesbezüglich sowie hinsichtlich der beobachtbaren Angebots-Nutzungs-Struktur evaluiert.

**Victoria Adenstedt** untersucht in ihrem Beitrag die Frage, wie Mädchen und Jungen sich im Grundschulalter ihre Leistungsergebnisse bei technischen Alltagsaufgaben erklären und greift dafür auf sozialpsychologisch geprägte Attributionstheorien zurück. Ihr Fokus liegt auf der Identifikation von selbstwertschützenden und selbstwertbedrohenden Attributionstilen.

**Svantje Schumann** stellt die Sprache als Erschließungsmoment für das Verstehen von Technik in den Focus ihres Forschungsprojektes. Kinder sehen sich Stummfilme zu verschiedenen alltagsrelevanten Technikobjekten an, die das Original und /oder Animationen zeigen. Die zwischen den Kindern zu den Filmen geführten Dialoge werden sowohl akustisch wie filmisch festgehalten und mit Hilfe der objektiven Hermeneutik analysiert. Die Bedeutung von Sprechaktivitäten kann in dieser Studie auf mehreren Ebenen festgestellt werden.

Informatische Bildung ist Anlass und Gegenstand der folgenden beiden Beiträge. **Lennart Goecke, Jurik Stiller** und **Julia Schwanewedel** beschäftigen sich in ihrem Forschungsprojekt mit der Frage der informatischen Bildung von Kindern in der Grundschule. Ausgehend von einer explorativen Studie zur Frage „Wie verstehen Kinder Algorithmen?“ soll ein Testinstrument entwickelt werden, das dann in der Lage ist, das Konstrukt „Algorithmusverständnis“ zu messen. Der Beitrag diskutiert nicht nur die Stellung des Sachunterrichts im Rahmen der Informatischen Bildung sondern will vor allem einen Beitrag zur Abgrenzung und Theoriefundierung der Begriffe Computational Thinking und Algorithmusverständnis leisten.

**Sabine Martschinke, Susanne Palmer Parreira** und **Ralf Romeike** erheben in ihrem Beitrag zum einen informatische Kompetenzen, die Grundschulkindern als Lernvoraussetzung für den Unterricht mitbringen und prüfen zum anderen mit einer Evaluationsstudie Effekte eines Projekts zur informatischen Grundbildung und wenden sich damit der Informationstechnologie zu. Dabei ermitteln sie günstige Auswirkungen auf das informatikspezifische Selbstkonzept von Grundschulkindern.

Der Band schließt ab mit einem Beitrag, der die Voraussetzungen für eine technische Bildung an den Schulen untersucht.

**Eva Gläser** und **Christina Krumbacher** widmen sich in ihrem Beitrag der Ausstattungssituation an deutschen Grundschulen zur Umsetzung technischer Bildung und stellen die Ergebnisse ihrer Befragung vor. Dabei wird in der Erhebung neben der handwerklichen auch die digitale Ausstattung erfasst. Ihr Fazit beschreibt eine nachbesserungswürdige Ausstattungssituation.

*Andreas Schmitt und Tanja Fellensiek*

## **„Windräder werden mit Strom betrieben, um Wind zu erzeugen ... oder umgekehrt!?“ – Schülervorstellungen und Konzeptwechsel zum Thema Windenergie im Sachunterricht**

### **Abstract**

Das Thema Energiewende im Kontext des Klimawandels durchdringt mittlerweile alle Gesellschaftsschichten und auch Schülerinnen und Schüler bringen sich in die Diskussion ein, wie die aktuellen „Fridays-for-Future“ Demonstrationen zeigen. Um den Lernenden eine aktive Teilnahme an diesem Diskurs zu ermöglichen, sollte das Interesse und Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aufgegriffen und die fachlichen Grundlagen durch eine Auseinandersetzung im Unterricht vertieft werden. Forschungen aus dem Bereich der Energiebildung haben gezeigt, dass Kinder zwar durchaus über rudimentäre Vorstellungen zum Energiebegriff verfügen, es ihnen jedoch schwerfällt, wissenschaftlich anschlussfähige Konzepte zu entwickeln (Crossley & Staraschek 2010; Reimer & Pahl 2016). Es stellt sich die Frage, inwiefern der Themenbereich der erneuerbaren Energien ähnliche Probleme aufwirft. Obwohl der Perspektivrahmen Sachunterricht unter der technischen Perspektive das Thema explizit vorsieht, fehlt es bisher an Forschungsergebnissen zu Schülervorstellungen und möglichen Unterrichtskonzepten.

Die vorliegende Studie geht daher zum einen der Frage nach, welches Vorwissen die Schüler zu erneuerbaren Energien (mit dem Schwerpunkt Windenergie) besitzen und zum anderen, ob und inwiefern bestehende Konzepte verändert werden können.

In einer Prä-Post-Design-Studie wurden mittels offenen und geschlossenen Fragen sowohl die Präkonzepte der Kinder einer vierten Klasse erhoben, als auch der durch einen anschließenden Unterricht zum Thema Windenergie initiierte Konzeptwechsel untersucht. Die Ergebnisse geben erste Hinweise zu den Vorstellungen der Kinder, zur Zugänglichkeit des Themenfeldes, und zur methodischen Vorgehensweise für weiterführende Studien.

## 1 Erneuerbare Energien im Kontext der technischen Bildung

Das Thema erneuerbare Energien eignet sich nicht nur aufgrund seiner hohen Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung, sondern insbesondere durch die Verflechtung der Bereiche Umwelt, Wissenschaft, Technik und Gesellschaft für die vielperspektivische Konzeption des Sachunterrichts. Daher ist es nur folgerichtig, dass der Perspektivrahmen Sachunterricht eine Auseinandersetzung mit regenerativen und nicht-regenerativen Energiequellen und deren Vor- und Nachteilen explizit vorsieht (GDSU 2013, 71). Genauer heißt es dort:

„Die Schülerinnen und Schüler können: nicht regenerative (z. B. Kohle, Erdöl, Erdgas) und regenerative (z. B. Wasser, Wind, Sonne, Geothermie, Biomasse) Primärenergien unterscheiden sowie unterschiedliche Antriebe kennenlernen und realisieren (z. B. beim Bau von Wind- und Wasserrädern oder eines Solarofens)“ (ebd.)

Es steht also nicht nur die bloße Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Ressourcen im Vordergrund, sondern insbesondere die technische Realisierung mit einem Fokus auf den beteiligten Energieumwandlungsprozessen. Die Kinder sollen dadurch in die Lage versetzt werden, Argumente der aktuellen Diskussion zur Energiewende einzuordnen und in einem ganzheitlichen Kontext zu betrachten. Während die Energienutzung vor allem in den Industrienationen stetig zunimmt, gewinnen Fragen des nachhaltigen Umgangs und einer effizienteren Energienutzung und -speicherung zunehmend an Bedeutung. Eine Auseinandersetzung mit technischen Fragestellungen ist daher unbedingt erforderlich. Diese Auseinandersetzung beschränkt sich nicht nur auf die aktuelle Lebenswelt, sondern lässt insbesondere den Blick auf die technikhistorische Entwicklung der Nutzung von Wind-, Wasser- und Sonnenenergie zu.

Die Komplexität des Themas stellt dabei nicht nur die Kinder vor eine große Herausforderung. So ist der Ausdruck „erneuerbare Energie“ für sich genommen schon eine unklare Bezeichnung (vgl. Watter 2015). Die Alltagssprachliche Vermengung unterschiedlicher physikalischer und technischer Termini trägt ebenfalls zu einer unklaren Bedeutung bei. Je nach Kontext sind mit erneuerbaren Energien die eigentlichen Energieträger (Energiespeicher, z. B. Biomasse oder Wind), die technischen Anlagen zur Energiegewinnung (Energiewandler, z. B. Windkraftwerke, Photovoltaikanlagen) oder aber die daraus gewonnene Energie (Energieformen, z. B. elektrische Energie aus Windkraftanlagen) gemeint. In Abgrenzung zu den erneuerbaren Energieträgern wird dagegen oft der Begriff „fossile Energieträger“ gebraucht, wodurch jedoch die nuklearen Energieträger außer Acht gelassen werden, obwohl auch diese im Kontext der Energiewende eine entscheidende Rolle spielen. Die fossilen Energieträger beruhen wiederum selbst auf Biomasse und können daher strenggenommen als erneuerbar betrachtet werden – wenn auch in sehr großen Zeiträumen. Umgekehrt impliziert der Be-

griff „erneuerbar“ eine prinzipielle Erzeugbarkeit oder Wiederverwertung der Ressourcen. Dies trifft zwar auf Biogasanlagen teilweise zu, lässt sich aber kaum mit der Nutzung von Wind-, Wasser- und Sonnenenergie verbinden. Als Kompromiss könnte man die regenerativen Energien dadurch abgrenzen, dass sie sich „von selbst und innerhalb menschlicher Zeitmaßstäbe erneuern“ (Wesselak u. a. 2013, 109). Jedoch bleibt auch hierbei offen, was unter menschlichen Zeitmaßstäben zu verstehen ist und ob der kultivierte Anbau von Energiepflanzen ebenso unter diese Auffassung fällt (vgl. Hüfner u. a. 2016).

Als Hauptgründe für die Energiewende in Deutschland werden vor allem die Reduktion von Kohlenstoffdioxidemissionen und die Vermeidung von radioaktivem Abfall genannt (vgl. WBGU 2011). Erneuerbare Energieträger und Anlagen zur Umsetzung dieser gespeicherten Energie in andere „nutzbare“ Energieformen kennzeichnen sich also dadurch, dass sie eben diesen Zielen gerecht werden. Durch diesen Fokus lassen sich im unterrichtlichen Kontext die Probleme der ungenauen Bezeichnung umgehen. Um klarzustellen, dass der Begriff „erneuerbar“ nicht wörtlich aufgefasst werden soll, bieten sich als exemplarische Themen insbesondere die Wind-, Wasser- und Sonnenenergie an, da diese eher im Sinne als „immer vorhanden“ oder „immer wiederkehrend“ zu verstehen sind, anstatt einem aktiven Erneuerungsprozess zu unterliegen.

## 2 Schülervorstellungen zur erneuerbaren Energie

Aufgrund der großen Präsenz des Themas in den Medien und der Allgegenwärtigkeit von Windkraft- und Photovoltaikanlagen ist anzunehmen, dass die Schülerinnen und Schüler bereits vor dem Unterricht Kontakt mit dem Begriff der erneuerbaren Energien und den entsprechenden technischen Anlagen haben. Die unscharfe Bezeichnung ist dabei nur eine Quelle für ein sehr heterogenes Bild an Vorwissen und Schülervorstellungen. Dabei ist das Wissen um und das Aufgreifen von Schülervorstellungen im Unterricht ein entscheidender Faktor für gelingende Lernprozesse, wie insbesondere Forschungen im Bereich des *Conceptual Change* und *Conceptual Growth* aufgezeigt haben (vgl. Carey 1985; Möller 2015). Versteht man „Wissenserwerb als *aktive* Konstruktion auf der Basis vorhandener Vorerfahrungen“ (Möller 2001, 20), so reicht es nicht aus, die Schülerinnen und Schüler nur mit neuen Wissensbeständen zu konfrontieren. Stattdessen müssen Lernanlässe geboten werden, die den Lernenden zunächst ihre bisherigen Vorstellungen selbst aufzeigen, um dann in der bewussten Auseinandersetzung, Gelegenheit zu bieten, die eigenen Konzepte stückweise zu erweitern, anzupassen oder zu verwerfen, um sie durch anschlussfähigere Konzepte zu ersetzen. Dies gilt insbesondere, da die bisherigen Vorstellungen der Lernenden weitestgehend auf eigenen Erfahrungen beruhen und nur selten mit den wissenschaftlichen Vorstellungen

übereinstimmen (vgl. Kaiser 2004, 126). Um einen Konzeptwechsel anzuregen und zu unterstützen, ist es für die Lehrkraft folglich von großer Bedeutung zu wissen, welches Vorwissen die Schülerinnen und Schüler zu einem Themenbereich bereits in den Unterricht mitbringen (vgl. Hempel, 2004, 42). Daraus lassen sich dann erst konkrete Handlungsorientierungen gewinnen, wie ein entsprechender Unterricht aussehen könnte.

Für den Themenbereich der erneuerbaren Energien liegt noch keine Erhebung des Vorwissens von Schülerinnen und Schülern im Grundschulalter vor. Für die weiterführenden Schulen gibt es allerdings entsprechende Studien, die erste Ansätze liefern könnten. So zeigt sich, dass es Schülerinnen und Schülern bereits schwerfällt, verschiedene Energieträger fachlich angemessen, als einen Stoff oder ein System in dem Energie gespeichert ist, zu definieren und den erneuerbaren oder nicht-erneuerbaren Energieformen zuzuordnen (vgl. DeWaters & Powers 2011; Bodzin 2012; Lay u. a. 2013). Hüfner u. a. (2016) haben die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der 8. Klasse zu verschiedenen Aspekten der erneuerbaren Energien, erhoben. Dabei zeigt sich eine eher naive Sicht der Befragten auf den Themenkomplex. So sind diese der Meinung, dass erneuerbare Energien keinerlei negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit haben und vernachlässigen dabei, dass auch beim Bau und Betrieb von Kraftwerken entsprechende Umweltbelastungen anfallen. Die Schülerinnen und Schüler grenzen erneuerbare von nicht-erneuerbaren Energien dadurch ab, dass diese entweder nach der Nutzung erhalten bleiben oder dauerhaft verfügbar sind. Einige der Befragten beziehen sich bei der Unterscheidung jedoch auf eine „Erzeugbarkeit“ oder „Natürlichkeit“ der erneuerbaren Energieträger, wohingegen nicht-erneuerbare Energien „unnatürlich“ und nicht „erzeugbar“ sind. Vor allem die letztgenannten Vorstellungen stellen dabei „mögliche Lernhindernisse im [sic!] Bezug auf ein angemessenes fachliches Verständnis“ (vgl. Hüfner u. a. 2016, 37) dar. Mit Blick auf die Vorstellungen der Erhaltung, der dauerhaften Verfügbarkeit oder Erzeugbarkeit der Energieträger zeigen sich dabei durchaus Parallelen zum Verständnis des allgemeinen Energiebegriffs bei Grundschulinnen und Grundschulern. Diese unterscheiden oft nicht zwischen Energieträger und der Energie oder Energieform (z. B. Strom) selbst (vgl. Duit 1986; Crossley & Starauschek 2010). Energie stellt dabei selbst eine Art Stoff dar, der bei einem Prozess freigesetzt und verbraucht wird (vgl. Demuth & Rieck 2005). Ein Prozessdenken in Form einer Energieumwandlung findet dabei kaum statt (vgl. Duit 1986; Reimer & Pahl 2016). Wie eine Befragung von Reimer und Pahl (2016) zeigte, nehmen Schülerinnen und Schüler zwar bei der Erklärung von Phänomenen implizit eine Energieübertragung und Energieumwandlung an, beim genaueren Nachfragen zeigte sich aber, dass dieses Verständnis nicht verinnerlicht ist. Generell bereiten den Schülerinnen und Schülern sowohl in der Grundschule, als auch in den weiterführenden Schulen die Konzepte der Energiespeicherung und -umwandlung

erhebliche Probleme (Opitz u. a. 2015). Die Chance der technischen Bildung besteht darin, dass sie diese grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepte von einer abstrakten Ebene in einen konkreten, anschaulichen Kontext bringt. So lässt sich beispielsweise die Umwandlung der im Wind gespeicherten Energie (Windenergie) in elektrische Energie anhand der einzelnen Komponenten einer Windkraftanlage anschaulich nachvollziehen und untersuchen.

Das Thema „Erneuerbare Energien“ eröffnet daher die Möglichkeit, grundlegende physikalische Konzepte anhand konkreter technischer Prozesse im Kontext des Energiewandels näher zu beleuchten, und eine Grundlage für das Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen erneuerbarer Energien zu legen. Gleichzeitig erfüllt es ein Grundanliegen der technischen Bildung, indem es durch den Kontrast zwischen ökonomischen und technischen Fragestellungen auf der einen Seite und einer Verantwortung gegenüber der Umwelt und nachfolgenden Generationen auf der anderen Seite zur Identitätsbildung und Teilhabe an einer technisierten Lebenswelt beiträgt.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen, sollte in einer Pilotstudie untersucht werden, welche Vorstellungen Schülerinnen und Schüler im Grundschulalter bereits zu den erneuerbaren Energien mitbringen und ob die Lernenden durch ein entsprechendes Lernangebot in der Lage sind, anschlussfähige Konzepte zum Themenbereich der erneuerbaren Energien zu entwickeln. Des Weiteren soll die Untersuchung Aufschlüsse über Wirkungen des entwickelten Unterrichtskonzepts geben, sowie eine Validierung des Erhebungsinstruments ermöglichen.

### 3 Methode

Zur Untersuchung der Veränderung der Schülervorstellungen wurde die Pilotstudie im Design einer Prä-Post-Interventionsstudie durchgeführt. Prä- und Posttest fanden mittels Fragebogen statt. Die Intervention bestand in einer 6-stündigen Unterrichtsreihe zum Thema erneuerbare Energien mit einem Schwerpunkt auf Windkraftanlagen.

Für die Pilotstudie wurde ein eigener Fragebogen entwickelt. Die Fragen wurden zunächst mit fünf Kindern getestet, um eventuelle Unklarheiten oder Verständnisprobleme auszuschließen. Um eine durch reine Testwiederholung bedingte Verbesserung der Ergebnisse im Posttest möglichst auszuschließen, wurden Prä- und Posttest zum gleichen Zeitpunkt an einer Kontrollgruppe (N=17) durchgeführt, die keine Intervention erhielt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass keine merkliche Veränderung der Ergebnisse bei der Wiederholung des Tests ohne Intervention eintritt. Aufgrund der geringen Stichprobe lässt sich jedoch weder eine exakte Angabe über die Retest-Reliabilität machen, noch ein aussagekräftiger Vergleich zur Testgruppe ziehen. Aus diesem Grund wird im Folgenden nicht

weiter auf die Kontrollgruppe eingegangen. Da das Studiendesign einen direkten Vergleich der Ergebnisse vor und nach dem Unterricht für jede einzelne Person zulässt, sind die Ergebnisse dennoch auch ohne Kontrollgruppe aussagekräftig.

### 3.1 Stichprobe

Die Untersuchungsgruppe bestand aus Schülerinnen und Schülern einer 4. Klasse einer niedersächsischen Grundschule (N = 21; 9 Mädchen, 12 Jungen). Es handelte sich dabei um eine inklusive Gruppe; bei vier Kindern wurde eine Lernschwäche (Förderschwerpunkt Lernen), bei einem Kind eine Lese-Rechtschreib-Schwäche diagnostiziert. Themen aus dem Kontext der konventionellen und erneuerbaren Energien wurden zuvor noch nicht im Unterricht behandelt.

### 3.2 Erhebung der Schülervorstellungen

Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Themengebiet der erneuerbaren Energien wurden schriftlich in Form offener und geschlossener Antwortformate erhoben. Dabei deckten die Fragen insbesondere drei im Folgenden näher beschriebenen Bereiche ab, die zum Verständnis erneuerbarer Energien entscheidend sind.

#### *1. Der Begriff der erneuerbaren Energien (Frage 1 und 2)*

Um das Begriffsverständnis der Kinder zu überprüfen, wurden sie zunächst gefragt, was sie unter dem Begriff der erneuerbaren Energien verstehen. Anschließend sollten sie aus einer Liste diejenigen Energieträger bzw. -quellen auswählen, die ihrer Meinung nach zu den erneuerbaren Energien gehören. Dabei wurde im Fragebogen bewusst auf eine begriffliche Differenzierung zwischen Energieträgern (Wind, Wasser, Erdöl, Kohle, Gas), Energiequellen („Sonne“ statt „elektromagnetische Strahlung“) und alltagssprachlichen Bezeichnungen („Atomkraft“ statt „Kernenergie“) verzichtet, um die Kinder nicht durch fachsprachliche Barrieren zu verunsichern. Stattdessen wurden Energieträger und Energiequellen unter dem Begriff „Energien“ zusammengefasst.

#### *2. Funktionsweise erneuerbarer Energien (Energieumwandlung; Frage 3 und 4)*

Hierbei wurde die Kinder zunächst gefragt, welche Aufgabe die Rotorblätter eines Windrades haben. Im Anschluss daran sollten sie in einer Landschaftsprofilzeichnung entscheiden, wo sie ein Windrad hinstellen würden und ihre Wahl begründen. Damit sollte untersucht werden, inwiefern den Schülerinnen und Schülern bewusst ist, dass die Funktionsweise eines Windrades darauf beruht, die natürliche Ressource Wind zu nutzen, um diese Energie in Form elektrischen Stroms nutzbar zu machen. Vor allem die letzte Frage erfordert dabei zumindest ein rudimentäres Verständnis von Energieumwandlungsprozessen.

### 3. Bewertung erneuerbarer Energien (Frage 5)

Die Kinder sollten die Frage beantworten, warum aktuell so viele Windräder gebaut werden. Ziel war es herauszufinden, ob die Schülerinnen und Schüler bereits einen bestimmten Nachhaltigkeitsgedanken, vor allem im Vergleich zu konventionellen Energien, mit den erneuerbaren Energien verbinden.

Der Fragebogen wurde sowohl vor, als auch nach der 6-stündigen Unterrichtsreihe von den Schülerinnen und Schülern ausgefüllt.

### 3.3 Unterricht

Die Unterrichtsreihe umfasste insgesamt sechs Stunden und gliederte sich in drei Einheiten, die jeweils in einer Doppelstunde stattfanden.

Die erste Einheit stellte eine Einführung in den Themenbereich der erneuerbaren Energie dar. Hierbei ging es vor allem um die Abgrenzung erneuerbarer gegenüber konventionellen Energieformen. Ein Schwerpunkt lag daher auf der Unterscheidung zwischen den unterschiedlichen Energieträgern und deren Eigenschaften insbesondere in Hinblick auf den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen bei fossilen Energieträgern und der Möglichkeit der unbegrenzten Nutzung erneuerbarer Energien. Die Auswirkungen auf die Umwelt wurden für beide Energieformen gleichermaßen kritisch betrachtet.

Die zweite und dritte Einheit beschäftigte sich speziell mit der Windkraft als einem Vertreter für die erneuerbaren Energien. In der zweiten Einheit wurde dabei sowohl die historische Entwicklung der Windkraft in den Blick genommen, als auch die technische Funktionsweise mit Fokus auf die Energieumwandlung von Windenergie in elektrische Energie. In der letzten Einheit wurde diese Energieumwandlung in Hinblick auf ihre Effizienz vertieft. Dazu gehörten sowohl Überlegungen zu passenden Standorten von Windkraftanlagen als auch deren Vor- und Nachteile gegenüber anderen Anlagen.

## 4 Darstellung der Ergebnisse

Die offenen Fragen wurden mittels strukturierender Inhaltsanalyse ausgewertet (vgl. Mayring 2010). Basierend auf den Antworten der Schülerinnen und Schüler wurden induktiv Kategorien gebildet und mit Ankerbeispielen belegt. Die Antworten auf die geschlossenen Fragen wurden rein deskriptiv analysiert. Auf eine inferenzstatistische Analyse wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße verzichtet. Die Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

#### 4.1 Vorwissen

*Ergebnisse zu Frage 1: Was verstehst du unter erneuerbaren Energien?*

Es zeigte sich, dass die Antworten der Kinder in fünf Kategorien (Begriff, Verbesserung, Energie-Recycling, Umweltschutz, Ressourcen) strukturiert werden konnten.

Viele Kinder leiteten ihre Antworten aus dem *Begriff* selbst ab. Darunter finden sich Schlagworte wie „neue Energie“ oder „neuer Strom“. Die Kinder verbinden also mit dem Begriff, dass es sich um etwas Neuartiges handelt, statt erneuerbare Energien mit einer speziellen Eigenschaft zu verbinden. Ein Kind ist sogar der Meinung, dass nicht nur die Energieform etwas Neues ist, sondern dass man dabei aus einer konventionellen Energieform eine neue Art von Energie gewinnen kann („Das man aus anderen Sachen so wie Kohle erneuerbare Energie produziert“; Kind 3). Einige Kinder sind einer ähnlichen Auffassung und verbinden diese neue Energieform mit einer *Verbesserung* gegenüber herkömmlichen Energieträgern. So schreibt z. B. Kind 15: „Die Energie die erneuerbar ist wird erneuert. Also besser gemacht, dass es mehr Strom erzeugt“. Dem gegenüber steht die Ansicht, dass es sich bei erneuerbaren Energien nicht grundsätzlich um eine Verbesserung, sondern eher um eine Art *Energie-Recycling* handelt. Die Kinder sprechen davon, dass man die Energie „aufladen“ oder „immer wieder benutzen kann“. Die meisten Kinder verbinden erneuerbare Energien bereits unmittelbar mit den Begriffen Wind, Sonne und Wasser ohne dabei jedoch zwischen den *Ressourcen* und der eigentlichen Energiegewinnung zu unterscheiden. Dabei spielt jedoch der *umweltschonende* Aspekt bereits oft eine Rolle (z. B. „Alle teile die Strom herstellen. mit zumbeispiel Sonne also alles was für die Umwelt gut ist.“; Kind 14).

*Ergebnisse zu Frage 2: Kreuze an, welche Energieformen zu den erneuerbaren Energien gehören.*

**Tab. 1:** Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die einen bestimmten Energieträger zu den erneuerbaren Energieformen zugeordnet haben

<i>Energieträger</i>	Sonne	Wasser	Wind	Atomkraft	Erdöl	Gas	Kohle
<i>Anzahl der Zuordnungen</i>	22	18	20	5	5	2	4

In Tab. 1 ist zu erkennen, dass die meisten Schülerinnen und Schüler die erneuerbaren Energiequellen bereits richtig als solche identifizieren. Dagegen zählen nur Wenige auch einige der fossilen bzw. nuklearen Ressourcen dazu.

*Ergebnisse zu Frage 3: Welche Aufgabe haben die Rotoren eines Windrades?*

Bei dieser Frage unterscheiden sich die Antworten der Befragten sehr stark, sowohl in ihrem Umfang, als auch in ihrem Potential anschlussfähiges Wissen zur technischen Umsetzung der Energieumwandlungsprozesse in Windrädern aufzubauen. Immerhin sechs der 21 Kinder zeigen bereits im Prättest ein gewisses *Verständnis der Energieumwandlung*. So sagt ein Kind: „Der Wind bläst dagegen, damit sie sich drehen. Die treiben dann die Gondel an“ (Kind 21). Auch wenn die Darstellung des entscheidenden technischen Nutzens (Antrieb des Generators) fehlt, wird doch festgestellt, dass der Wind zunächst für eine Drehbewegung des Rotors verantwortlich ist, die wiederum selbst für einen weiteren Zweck genutzt wird. Vier dieser Kinder verbinden sogar die Drehbewegung mit der *Stromerzeugung* ohne jedoch weiter auf die technische Umsetzung einzugehen.

Beim Großteil der Antworten finden sich jedoch keine Hinweise auf ein solches Verständnis. So sind sieben Kinder davon überzeugt der einzige Zweck der Rotoren besteht darin, dass sie *sich drehen*. Ein Kind vermutet den Zweck der Rotoren darin, dass sie für eine bessere *Sichtbarkeit* für Flugzeuge sorgen. Für einige Kinder nehmen die Rotoren sogar eine aktive Rolle ein. So sind drei Kinder der Meinung, die Rotoren dienen der Erzeugung von Wind. Vier weitere Kinder sind der Meinung, dass die Rotoren den Wind entweder *abbremsen* oder „den Wind in den Generator [ziehen]“ (Kind 4). Auch wenn ein solches Verständnis der eigentlichen Wirkung von Windkraftanlagen vollkommen entgegensteht, zeigen die Antworten jedoch, dass nahezu allen Kindern bestimmte (Fach-)Begriffe (u. a. Rotorblätter, Gondel, Generator) in dem Kontext Windkraft durchaus bekannt sind, sie deren Verwendung bzw. Zweck jedoch nicht einordnen können.

*Ergebnisse zu Frage 4: a) An welche Orte würdest du ein Windrad stellen? b) Warum würdest du es dort hinstellen?*

**Tab. 2:** Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die einen bestimmten Standort für ein Windrad gewählt haben.

<i>Standort</i>	Stadt	Tal	Berge	Meer
<i>Anzahl der Zuordnungen</i>	6	5	14	17

Interessanter als die Tatsache, dass die meisten Kinder bereits im Vorfeld auch die in der Realität präferierten Standorte gewählt haben (vgl. Tab. 2), ist die Frage wie die Kinder ihre Entscheidungen begründen. Über die Hälfte der Kinder (N=17) nennt dabei die Tatsache „weil da besonders *viel Wind* weht“ (Kind 7) als entscheidendes Kriterium für die Standortwahl von Windrädern. Zusätzlich dazu finden sich Argumente, dass vor allem auf Bergen und an der Küste viel Platz ist und es

dort „niemanden stört“. Nur zwei Kinder begründen ihre Entscheidung mit ihrer *persönlichen Erfahrung* („weil sie da stehen“; Kind 11). Ein Kind ist der Meinung, dass man Windräder besser an einem windgeschützten Ort aufstellen sollte. Die Kinder, die der Meinung waren, man sollte Windräder in der Stadt aufstellen, zeigen ganz unterschiedliche Denkansätze. So sind nur zwei Kinder der Meinung, dass Windräder in der Stadt für „frische Luft“ sorgen könnten. Drei Kinder äußern dagegen einen gewissen Effizienzgedanken, indem sie ihre Entscheidung mit der *Nähe zum Menschen* begründen („Weil wo viele Menschen sind braucht man auch Strom“; Kind 14).

*Ergebnisse zu Frage 5: Warum werden aktuell so viele Windräder gebaut?*

Nur zwei der Kinder begründen auch diese Frage damit, dass mehr Windräder auch für mehr frische Luft sorgen. Ein Großteil der Kinder (N=14) begründet die Anzahl der Windräder mit dem *hohen Strombedarf*. So finden sich viele Antworten in der Form: „Damit mehr Strom produziert wird“ (Kind 3). Sieben Kinder beziehen den Aspekt der *Umweltfreundlichkeit* in ihrer Begründung mit ein. So finden sich Begriffe wie „umweltfreundlich“ oder „Klimawandel“ in den Antworten. Ein Kind bezieht sogar den Vergleich zu fossilen Energieträgern mit ein („Damit man nicht so viel Kohle verbraucht“; Kind 4).

#### 4.2 Veränderung der kindlichen Vorstellungen durch den Unterricht

Die durch den Unterricht initiierte Veränderung der kindlichen Vorstellungen zum Thema erneuerbare Energien soll exemplarisch in folgender Tabelle aufgezeigt werden.

Wie in Tab. 3 zu erkennen ist, konnten die zu Beginn recht naiven Vorstellungen im Laufe des Unterrichts zu anschlussfähigeren, differenzierteren Vorstellungen weiterentwickelt werden. So zeigt ein Vergleich der Antworten zu Frage 1, dass die Kinder nach dem Unterricht ein wesentlich differenzierteres Verständnis von erneuerbaren Energien zeigen. Diese werden nicht nur auf ihre Ressourcen (Wind-, Sonnen-, Wasserenergie) oder Erscheinungsform (hier Strom) reduziert, sondern im Kontext ihrer stetigen Verfügbarkeit gesehen. Viele Kinder führten auch nach dem Unterricht zusätzlich die Aspekte der Umweltfreundlichkeit im Vergleich zu fossilen Energieträgern bei ihrer Erklärung an.

Auch bei Frage 3 die auf den Energieumwandlungsprozess abzielt, zeigen sich Fortschritte. Obwohl die meisten Antworten sich auch nach dem Unterricht auf die Umwandlung von Windenergie in elektrische Energie beschränken und dabei die verschiedenen Zwischenschritte und die technische Umsetzung vernachlässigen, zeigen einige Kinder schon ein sehr differenziertes Verständnis der beteiligten Energieumwandlungsprozesse. Bei Frage 5 hatten bereits vor dem Unterricht

**Tab. 3:** Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler vor und nach dem Unterricht zu Aspekten der erneuerbaren Energie.

<b>Frage 1: Was verstehst du unter erneuerbaren Energien?</b>	
<i>Vorher</i>	<i>Nachher</i>
„Ich verstehe unter erneuerbaren Energien die Windenergie, die Sonnenenergie und die Wasserenergie.“ (Kind 10)	„Ich verstehe unter erneuerbaren Energien, dass sie für immer da sind, weil sie keine Rohstoffe verbrauchen.“ (Kind 10)
„Energie ist Strom und damit kann man viel machen“ (Kind 5)	„Erneuerbare Energien sind Energien die für immer da sind wie zum Beispiel durch Wind, Sonne oder Wasser“ (Kind 5)
<b>Frage 3: Welche Aufgabe haben die Rotoren eines Windrades?</b>	
<i>Vorher</i>	<i>Nachher</i>
„Rotorblätter erzeugen den Strom. Der Strom wird zum Generator weitergegeben der erzeugt dann Energie.“ (Kind 21)	„Der Wind pustet gegen die Rotorblätter. Die leiten dann die Energie zum Generator. Der erzeugt Strom.“ (Kind 21)
„Der Wind bläst dagegen damit sie sich drehen“ (Kind 7)	„Die fangen den Wind ab. Und treiben so den Generator an.“ (Kind 7)
<b>Frage 4: Wo würdest du ein Windrad hinstellen? Und Warum?</b>	
<i>Vorher</i>	<i>Nachher</i>
„weil sie da stehn“ (Kind 11)	„Weil da mehr Wind weht“ (Kind 3)
„weil da Leute sind“ (Kind 3)	„Die fangen den Wind ab. Und treiben so den Generator an.“ (Kind 7)
<b>Frage 5: Warum werden aktuell so viele Windräder gebaut?</b>	
<i>Vorher</i>	<i>Nachher</i>
„das immer strom flist.“ (Kind 22)	„wegen keine Kohle mer verbrand wird und dass es immer genug Schtrom gibt “ (Kind 22)
„Weil sie umweltfreundlich strom herstellen“ (Kind 7)	Weil sie mehr Storm erzeugen sollen als fossile Energien“ (Kind 7)

schon viele Kinder den steigenden Stromverbrauch und die umweltfreundlichere Stromgewinnung durch erneuerbare Energien als Begründung herangezogen. Die Beispiele (Tab. 3, Frage 5) demonstrieren jedoch, dass auch Kinder, die ein solches Vorwissen nicht zeigten, das im Unterricht angeeignete Wissen nutzen, um eine durch die Energiewende beobachtbare Veränderung ihrer Lebenswelt zu erklären.

## 5 Diskussion

In der vorliegenden Pilotstudie wurde das Vorwissen von Kindern in einer 4. Klasse zu verschiedenen Aspekten des Themenbereichs der erneuerbaren Energien erhoben. In einer 6-stündigen Unterrichtsreihe wurde dieses Vorwissen aufgegriffen und ein Konzeptwechsel im Sinne des Conceptual Change angeregt. Die Konzepte nach dem Unterricht sollten Aufschluss darüber geben, ob das Thema hinreichend zugänglich ist, damit auch Kinder in diesem Alter fachlich anschlussfähige Konzepte entwickeln können.

Wie zu erwarten war, bringen die Schülerinnen und Schüler bereits ein breites Spektrum an Vorwissen zu diesem alltagsnahen Thema mit. Den meisten Kindern gelingt eine Einteilung von Energieträgern in erneuerbare und nicht-erneuerbare Energien. Ebenso bringen viele Kinder den Begriff mit einer umweltschonenden Art der Energiegewinnung in Verbindung. Diese anschlussfähigen Konzepte lassen sich problemlos im Unterricht aufgreifen, um sie weiter auszudifferenzieren und weiterzuentwickeln. Es hat sich jedoch auch gezeigt, dass sich die innerhalb der Wissenschaft verbreitete unklare Begriffsdefinition von erneuerbaren Energien (vgl. Watter 2015) auch bei den Kindern widerspiegelt. So gehen einige Kinder davon aus, dass es sich bei den erneuerbaren Energien um eine *neue Art von Energie* handelt, die eine *Verbesserung* gegenüber den „herkömmlichen“ Energieformen darstellt. Auch gehen sie von einer *Erzeugbarkeit* bzw. von der Möglichkeit einer *Wiederaufbereitung* (Recycling) von erneuerbarer Energie aus. Dieses Ergebnis deckt sich mit vorhergehenden Studien aus der weiterführenden Schule (vgl. Hüfner u. a. 2016). Da es sich bei diesem Vorwissen vermutlich um die Folge einer Bedeutungsableitung aus dem Begriff „erneuerbar“ handelt, sollten diese Vorstellungen bereits zu Beginn eines Unterrichts aufgegriffen werden, um eine gemeinsame Begriffsgrundlage zu schaffen. Gleichzeitig spiegelt sich in den Aussagen die bereits bekannte stoffähnliche Energievorstellung von Grundschülerinnen und Grundschulern wieder (vgl. Demuth & Rieck 2005; Reimer & Pahl 2016). Dazu bietet sich insbesondere die exemplarische Behandlung der Wind-, Wasser- und Sonnenenergie an, da diese einem natürlichen Zyklus unterliegen und daher weder ein Stoff verbraucht noch erzeugt wird. Im Gegensatz dazu könnte der Fokus auf Biogasanlagen diesen Eindruck verstärken, da für den Be-

trieb der Anlagen in der Tat der Energieträger aktiv hergestellt und beim Betrieb der Anlage verbraucht wird. Wie die Befragungen nach dem Unterricht mit dem Schwerpunkt auf Windenergie gezeigt haben, haben tatsächlich alle Kinder diese Vorstellungen zugunsten von anschlussfähigeren Konzepten zu erneuerbaren Energien fallen gelassen.

Auch was das technische Verständnis von Windkraftanlagen, insbesondere mit einem Bezug zur Energieumwandlung, angeht, zeigten sich nach dem Unterricht große Fortschritte. Während einigen Kindern im Vorfeld der Zweck von Windkraftanlagen gänzlich unbekannt war oder sie ihren Sinn sogar in der Winderzeugung vermuteten, konnten im Anschluss daran fast alle Kinder beschreiben, dass die Windräder aus der Windkraft Strom erzeugen. Bei einigen Kindern zeigten sich sogar sehr differenzierte Ansätze von ganzen Ketten der Energieumwandlung. Die Ergebnisse bestätigen zum Teil die Beobachtungen von Reimer und Pahl (2016), dass Kinder im Grundschulalter zwar über ein gewisses Erfahrungswissen zu Energieumwandlungsprozessen verfügen, dieses jedoch nicht ohne weiteres zur Erklärung von Phänomenen oder technischen Anwendungen heranziehen. Es zeigte sich allerdings auch, dass dies nach einem entsprechenden Unterricht durchaus möglich ist, wenn auch bei vielen Kindern sehr eingeschränkt. Das Thema der erneuerbaren Energie bietet sich dazu besonders an, da im Gegensatz zu konventionellen Kraftwerken entscheidende Teile direkt zugänglich und beobachtbar sind und die Anlage insgesamt weniger komplex ist. Die Energieübertragung vom Wind an das Windrad spiegelt sich auch in den Antworten auf die Frage nach dem passenden Ort für Windkraftanlagen wider. Hier zeigte sich, dass die meisten Kinder bereits im Vorfeld die richtige Begründung, dass die Windstärke entscheidend ist, anführten. Dieses Verständnis, das offenbar bereits auf ihrer Alltagserfahrung beruht, bietet ebenfalls einen guten Ansatzpunkt, um das Thema Energieumwandlung im Unterricht aufzugreifen und das Erfahrungswissen der Schülerinnen und Schüler mit einer wissenschaftlichen Sichtweise unter Verwendung von Bildungs- und Fachsprache auszudrücken.

Die „Fridays-for-Future“-Bewegung hat gezeigt, dass dieses Thema die Kinder und Jugendlichen aktuell auch emotional sehr bewegt. Kritiker werfen der Bewegung jedoch vor, dass deren Argumente vorwiegend ideologisch motiviert sind und die Beteiligten über ein zu geringes Verständnis der Zusammenhänge verfügen. Eine frühzeitige Beschäftigung mit Begriffen und Prozessen zur Energiewende ist daher nicht nur vorteilhaft, weil sie das Interesse der Schülerinnen und Schüler direkt aufgreift, sondern sie werden dazu befähigt, an der aktuellen Diskussion zur Energiewende teilzuhaben, Argumente und Gegenargumente entsprechend einzuordnen und ihre eigene Rolle im Kontext der Energiewende zu reflektieren.

Auch wenn sich bei der vorliegenden Studie um eine erste Pilotierung handelt, hat es sich bereits gezeigt, dass

- a. die Schülerinnen und Schüler sehr unterschiedliches Vorwissen zum Thema mitbringen.
- b. das Thema hinreichend zugänglich ist, um tragfähige und anschlussfähige Konzepte zu entwickeln.
- c. Unterricht zum Thema sowohl das Verständnis der erneuerbaren Energien als auch ganz konkreter technischer Prozesse, wie die Funktionsweise eines Windkraftwerkes und der damit verbundenen technischen Umsetzung von Energieumwandlungsketten, fördern kann.

Trotz dieser Erkenntnisse erhebt die vorliegende Studie keinen Anspruch auf allgemeingültige Aussagen. Sie bietet lediglich einen Einblick in die Thematik und mögliche Ansatzpunkte für weitere Forschungsprojekte.

So kann nicht davon ausgegangen werden, dass das Spektrum an möglichem Vorwissen vollständig abgebildet wird. Dies liegt zum einen an der geringen Teilnehmerzahl, zum anderen jedoch auch an methodischen Limitationen. Das Spektrum möglicher Erhebungsmethoden reicht dabei von offenen Fragen, die auf die möglichst vollumfängliche Erfassung kindlicher Sichtweise abzielen, bis hin zu standardisierten Testverfahren, die in einem langen Prozess stetig weiterentwickelt und immer wieder aufs neue validiert werden, bis sie sich als tragfähig erweisen. Die Wahl der Erhebungsmethode hat einen entscheidenden Einfluss auf die zu erwartenden Ergebnisse (vgl. Murmann 2013). Der für diese Studie entwickelte Fragebogen mit wenigen, größtenteils offenen Verständnisfragen kann weder einen Anspruch auf die vollumfängliche Erfassung der kindlichen Vorstellungen noch auf eine nachgewiesene Validität legen. Er bietet jedoch einen ersten Ansatzpunkt, um das weitere methodische Vorgehen auszuloten. So können die erhobenen Präkonzepte einen Ausgangspunkt für genauere, tiefergehende Fragen stellen, aber auch Hinweise auf Bereiche liefern, die bisher noch nicht erfasst wurden. Es zeigte sich beispielsweise bei der Frage nach dem Begriffsverständnis der erneuerbaren Energien bereits ein breites Spektrum, das sich auch teils mit den Ergebnissen früherer, ähnlicher Studien deckt (vgl. DeWaters & Powers 2011; Bodzin 2012; Lay u. a. 2013). Dagegen scheint die Frage nach der Aufgabe der Rotorblätter bereits zu speziell, um Einsicht in die Vorstellungen der Kinder zu Energieumwandlungsprozessen und deren technischen Umsetzungen zu geben. Insbesondere die recht positiven Ergebnisse im Nachtest müssen daher unter diesem Gesichtspunkt kritisch betrachtet werden, da die Frage nicht genügend differenziert, ob es sich bei den Antworten nur um die Wiedergabe von im Unterricht erworbenem, deklarativem Wissen handelt, oder ob ein wirkliches Verständnis der Energieumwandlung vorliegt. In Folgestudien müssen daher für diesen Be-

reich neue, stärker differenzierende Fragen entwickelt und getestet werden, um den Bereich genauer zu beleuchten.

Interessant ist, dass die Kinder bei dieser Befragung, im Gegensatz zu früheren Studien (vgl. DeWaters & Powers 2011; Bodzin 2012; Lay u. a. 2013), kaum Probleme hatten die Energieträger den erneuerbaren bzw. nicht-erneuerbaren Energieformen zuzuordnen, obwohl diese nicht Bestandteil des vorhergehenden Unterrichts waren. Hier wäre die Frage interessant, wie das mit dem allgemeinen Verständnis erneuerbarer Energien zusammenhängt. Ein zukünftiges Erhebungsinstrument sollte daher auch diesen Aspekt berücksichtigen.

In Bezug auf den Unterricht hat die Erhebung der Postkonzepte gezeigt, dass der gewählte, Ansatz einer vielperspektivischen Betrachtung des Themas erneuerbare Energien mit dem Fokus auf Windenergie, durchaus erfolgversprechend scheint. Hier wird die Herausforderung darin liegen, die Unterrichtsreihe dahingehend umzustrukturieren, dass das bekannte Vorwissen der Schülerinnen und Schüler noch besser aufgegriffen wird, um sie bei der Entwicklung anschlussfähiger Konzepte zu unterstützen. Insbesondere betrifft dies den Bereich der Energieumwandlungsketten am Beispiel des Windrades. Diese Studie hat gezeigt, dass die Kinder durchaus in der Lage sind, solche Energieumwandlungsketten nachzuvollziehen. Jedoch ist es nur wenigen gelungen, die Erkenntnisse daraus auch zur Beschreibung und Erklärung der praktischen Umsetzung von Energieumwandlungsprozessen – genau genommen dem „Nutzbarmachen“ der in der Natur gespeicherten Energie durch Technik – am Beispiel der Windkraftanlagen zu nutzen. Ein Fokus auf die technische Realisierung dieser Umwandlungskette bietet dabei nicht nur die Möglichkeit die zu Grunde liegenden physikalischen Konzepte besser zugänglich zu machen, sondern bietet auch die Möglichkeit die in der Alltagssprache oft synonym verwendeten Begriffe der Energieformen, -speicher bzw. -träger und Energiewandler stärker voneinander abzugrenzen.

## 6 Ausblick

Die vorgestellte Pilotstudie konnte erste Erkenntnisse zum bisher weitestgehend unerforschten Bereich des Themas erneuerbare Energien im Sachunterricht der Grundschule liefern. Dabei hat sich gezeigt, dass das Thema durchaus ein großes Potential für den Unterricht hat. Es beleuchtet dabei nicht nur einen aktuellen Teil der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler, sondern fördert gleichzeitig eine Bildung für nachhaltige Entwicklung aus einer technischen Perspektive. Die entwickelte Unterrichtsreihe kann dabei als Grundlage für die Praxis dienen, um einen entsprechenden eigenen Unterricht zu entwickeln. Damit dieser Unterricht möglichst gut an das Vorwissen der Schülerinnen und Schülern anknüpfen kann, sind weitere Erhebungen zu aktuellen Wissensbeständen und Vorstellungen von

Kindern im Grundschulalter erforderlich. Dazu bedarf es auch einer genauen Analyse möglicher Erhebungsmethoden.

Das Thema selbst zeichnet sich durch seine Aktualität und dem zu beobachtenden Interesse (z. B. Fridays-for-Future) von Schülerinnen und Schüler aus. Dies bietet nicht nur ein hohes Potential für die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen und technischen Inhalten im Unterricht der Grundschule, sondern es fördert sowohl die Teilhabe als auch die eigene Identitätsbildung in einer technisierten Lebenswelt.

## Literatur

- Bodzin, A. (2012): Investigating Urban Eighth-Grade Students' Knowledge of Energy Resources. In: *International Journal of Science Education* 34 (February), 1255–1275.
- Carey, S. (1985): *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MIT Press.
- Crossley, A. & Staraschek, E. (2010): Schülerassoziationen zur Energie – Ergebnisse auf Kategorieebene. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Hannover*. Online unter: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/204/170>. (Abrufdatum: 04.07.2020).
- Demuth, R. & Rieck, K. (2005): Schülervorstellungen aufgreifen – grundlegende Ideen entwickeln. In: *Publikation des Programms SINUS-Transfer Grundschule*. Kiel: IPN. Online unter: [http://sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material\\_aus\\_STG/NaWi-Module/N3.pdf](http://sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_STG/NaWi-Module/N3.pdf) (Abrufdatum: 04.07.2020).
- DeWaters, J. E. & Powers, S. E. (2011): Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. In: *Energy Policy* 39 (3), 1699–1710.
- Duit, R. (1986): *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Habilitationsschrift. Universität Kiel.
- Gesellschaft für die Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hempel, M. (2004): Zur Bedeutung des Vorwissens der Mädchen und Jungen im Anfangsunterricht des sozialwissenschaftlichen Sachunterrichts. In: A. Kaiser & D. Pech (Hrsg.): *Basiswissen Sachunterricht*. Band 4. *Lernvoraussetzungen und Lernen im Sachunterricht*. Baltersmannweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 38–44.
- Hüfner, S., Niebert, K. & Abels, S. (2016): Vorstellungen von Schüler\_innen und Wissenschaftler\_innen zu erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energien. Die Energiewende als Kontext für den Biologieunterricht. In: *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (2016), 25–39.
- Kaiser, A. (2004): Conceptual Change als Impuls für didaktisches Denken. In: A. Kaiser & D. Pech (Hrsg.): *Basiswissen Sachunterricht*. Band 4. *Lernvoraussetzungen und Lernen im Sachunterricht*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 126–133.
- Lay, Y.-F., Khoo, C.-H., Treagust, D. F. & Chandrasegaran, A. L. (2013): Assessing secondary school students' understanding of the relevance of energy in their daily lives. In: *International Journal of Environmental and Science Education* 8(1), 199–215.
- Mayring, P. (2010): *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Basel: Beltz.
- Möller, K. (2001): Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In: H. G. Roßbach, K. Nölle & K. Czerwenka (Hrsg.): *Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule*. Jahrbuch Grundschulforschung, Band 4. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Möller, K. (2015): Genetisches Lernen und Conceptual Change. In: J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.): *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 243–249.

- Murmann, L. (2013): Dreierlei Kategorienbildung zu Schülervorstellungen im Sachunterricht? Text, Theorie und Variation – Ein Versuch, methodische Parallelen und Herausforderungen bei der Erschließung von Schülervorstellungen aus Interviewdaten zu erfassen. In: [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de), Berlin. Online unter: <http://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebene1/superworte/forschung/kategorie.pdf>. (Abrufdatum: 04.07.2020).
- Opitz, S.T., Harms, U., Neumann, K., Kowalzik, K. & Frank, A. (2015): Students' energy concepts at the transition between primary and secondary school. In: *Research in Science Education*. 45, 691-715.
- Reimer, M. & Pahl, E. M. (2016): Vorstellungen zum Thema Energie von Grundschulkindern und Lehrpersonen der Grund- sowie weiterführenden Schulen. In: U. Gebhard & M. Hammann (Hrsg.): *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Band 7. Innsbruck: Studienverlag, 151-171.
- Watter, H. (2015): *Regenerative Energiesysteme*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Wesselak, V., Schabbach, T., Link, T. & Fischer, J. (2013): *Regenerative Energietechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2011): *Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin: WBGU.



*Stefan Fletcher und Anja Kleinteich*

## **Vorstellungen von Grundschüler\*innen zum Ende der Primarstufe über den grundsätzlichen Aufbau eines komplexen technischen Systems zur Energieerzeugung untersucht am Beispiel der Konstruktion eines Wasserkraftwerks aus vorgegebenen Teilsystemen**

### **1 Einleitung**

Das Wissen über Technik ist aktuell und in der Zukunft ein immer wichtigerer Bestandteil des Lebens und der Kultur und hat einen hohen Stellenwert für die gesellschaftliche, kulturelle und wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands. Schon die Lebenswelt der Kinder ist heute vom Kleinkindalter an stark durch technische Artefakte wie Computer, Fahrzeuge, Smartphones, Haushaltsgeräte und technische Spielzeuge geprägt. Fast alle diese technischen Artefakte basieren auf der Nutzung von Energie. Entsprechend erfahren Kinder und Jugendliche schon in ihrem alltäglichen Leben, dass die Energieversorgung einen besonderen Stellenwert hat für die Bewältigung des Alltags. Aber auch mit den nachteiligen Folgen einer intensiven Nutzung von Energie für unser Leben werden Kinder aktuell durch die Medien konfrontiert. Themen wie Ressourcenverknappung und globale Erwärmung sind aktuelle Themen, die auch für Kinder und Jugendliche von zunehmendem Interesse sind. Entsprechend entwickeln Kinder implizit (Alltags-)Vorstellungen über die sie umgebenden Technologien zur Erzeugung und Nutzung von Energie auch ohne dass diese im Schulunterricht direkt thematisiert werden. Dabei entstehen häufig Vorstellungen, die mit den fachlichen Sichtweisen nicht oder nur teilweise übereinstimmen. Solche Vorstellungen haben einen entscheidenden Einfluss auf das Verstehen, Verarbeiten und Verknüpfen von neuen Lerninhalten. Es besteht Einigkeit darin, dass die Kenntnis über Schülervorstellungen für die Initiierung von Lernprozessen eine entscheidende Bedeutung hat (Pech & Kaiser 2004, 25).

Hieraus leitet sich das Ziel des Forschungsprojektes ab, Vorstellungen von Grundschüler\*innen über einen bisher noch wenig erforschten Inhaltsbereich, den Aufbau eines komplexen technischen Systems zur Energiegewinnung am Beispiel des Wasserkraftwerks, zu erforschen. Dies erfolgt auf der Basis der Analyse von

gewählten Lösungsansätzen, die Schüler\*innen bei der Rekonstruktion eines Wasserkraftwerks aus vorgegebenen Teilsystemen gewählt haben. Die Auswertung der gewonnenen Daten erfolgt weitgehend qualitativ über ein Kategoriensystem.

## 2 Stand der Forschung und Zielsetzung der Studie

Unter dem Begriff Schülervorstellungen werden Konzepte, Begriffe und Theorien gefasst, welche Schüler\*innen durch das Interpretieren von Alltagserfahrungen, durch alltagssprachliche Formulierungen, durch allgemeine Denkschemata und durch das Interpretieren vermittelter Erklärungen und Darstellungen entwickelt haben (vgl. Möller 2010a, 61). Folglich kann der Begriff Vorstellung als Oberbegriff verstanden werden, der „kognitive Konstrukte verschiedener Komplexitätsebenen, also Begriffe, Konzepte, Denkfiguren und Theorien“ (Kattmann et al. 1997, 11) umfasst. In der einschlägigen Literatur werden zur Charakterisierung dieser Vorerfahrungen unterschiedliche Bezeichnungen genutzt, wie zum Beispiel Schülervorstellungen, Präkonzepte, naive bzw. subjektive Theorien, Misskonzepte oder Fehlkonzepte (vgl. Wodzinski 2007, 23; Möller 2013, 61; Heran-Dörr 2012, 6). Damit sind entsprechend unterschiedliche Interpretationen und Deutungen verbunden. Beispielsweise ist mit dem Begriff des Präkonzepts verbunden, dass das eigentlich richtige wissenschaftliche Konzept erst später erworben wird. Hingegen weist der Begriff Fehlvorstellung darauf, dass es sich um ein Konzept handelt, das nicht mit dem fachwissenschaftlichen Konzept übereinstimmt. Im weiteren Verlauf des Beitrags wird zur Vereinfachung vorrangig der allgemeine Begriff Schülervorstellungen verwendet, auch in dem Bewusstsein, dass nach Interpretation und Deutung die erhobenen und beschriebenen Phänomene sowohl als fachliche Konzepte wie auch als Fehlkonzepte gedeutet werden könnten.

Schülervorstellungen über Technik entstehen unbewusst bzw. vorbewusst u. a. durch die Nutzung technischer Geräte im Alltag sowie durch die Wahrnehmung der uns umgebenden Technik in der Realität und in den Medien. Aufgrund dieser ständigen Auseinandersetzung mit der technisierten Umwelt verfügen Schüler\*innen bereits mit dem Eintritt in die Grundschule über vielfältige alltagsnahe, fachorientierte sowie teilweise sogar annähernd fachwissenschaftliche Vorstellungen (vgl. Krüger 2007, 81). Dabei fungieren die Vorstellungen, Modelle und Denkmuster als Art Suchraster, durch welches das neu Aufgenommene mit dem bereits Vorhandenen verglichen werden kann (vgl. Landwehr 1995, 35), wodurch neue Situationen nicht von neuem bewertet werden müssen (vgl. Max 1997, 65). Es ist entsprechend davon auszugehen, dass schon in der Primarstufe Schüler\*innen Vorerfahrungen im Sinne von Vorstellungen zu den zu vermittelnden Unterrichtsinhalten haben (vgl. Duit 2007, 3; Reinfried 2007, 21f.). Lernprozesse

finden dementsprechend immer auf der Grundlage bestehender Erfahrungen und damit verknüpfter Deutungen statt. Diese Schülervorstellungen spielen eine entscheidende, jedoch ambivalente Rolle für das schulische Lernen, da sie einerseits als unerlässliche Anknüpfungspunkte des Lernens fungieren, andererseits als Lernschwierigkeiten führen können (vgl. Möller 2013, 60; Duit 1997, 234). Lernschwierigkeiten können zum Beispiel entstehen, wenn Schüler\*innen Erklärungen, die sie einmal für sich begründet gefunden haben, zugunsten angemessener Deutungen aufgeben müssen (vgl. Jonen & Möller 2005, 7). Es ist davon auszugehen, dass alles Wahrgenommene durch die bestehenden Vorstellungen selektiert und strukturiert wird. Folglich ist die Erforschung von Schülervorstellungen über technische Systeme eine wesentliche Grundlage für eine empirisch gestützte Weiterentwicklung der Didaktik des Sachunterrichtes.

Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Grundschulkindern aus dem Bereich der naturwissenschaftlich-technischen Perspektive des Sachunterrichtes liegen hauptsächlich zu physikalischen Phänomenen vor, z. B.: Optik (Blümör 1993, Claus u. a. 1982), Temperatur und Wärme (Wiesner 1985), Magnetismus (Kircher & Rohrer 1993), Schall (Kircher & Engel 1994; Rudolf & Wiesner 2001) und Elektrizitätslehre (Wiesner 1995) Energie (Opitz u. a. 2015). Zu ausschließlich technischen Inhaltsbereichen gibt es bisher nur sehr wenige Studien, so dass viele Bereiche aus der technischen Perspektive des Sachunterrichtes noch nicht erschlossen sind (Murmans 2013, 3). Die vorhandenen Studien zu diesem Inhaltsfeld beziehen sich zumeist auf typische technische Alltagsgegenstände mit direktem Bezug zur Erfahrungswelt der Primarstufenschüler\*innen. Hier sei beispielhaft das Fahrrad oder Fahrradgetriebe zu nennen (vgl. Zolg 2001).

Nach unseren Recherchen sind aber bisher Vorstellungen von Primarstufenschüler\*innen über den Aufbau komplexer technischer Systeme zur Energieerzeugung weitgehend unerforscht. Sowohl im Lehrplan von NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW (2008)) als auch im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2013) stellt der Bereich der regenerativen Energieerzeugung einen wichtigen Inhaltsbereich dar. Im Perspektivrahmen Sachunterricht wird der Themenbereich Umwandlung und Nutzung von Energie ausgewiesen und verschiedene Kompetenzziele angegeben. Eines der Ziele benennt, dass die Schüler\*innen Wandlungsketten von elektrischem Strom verstehen sollen und einfache Geräte mit unterschiedlichen Antrieben konstruieren können.

Da das Thema Energie in den Medien eine hohe Aufmerksamkeit erfährt, in jedem Haushalt eine vielfältige Nutzung von Energie erfolgt und insbesondere Anlagen zur Erzeugung regenerativer Energien das Landschaftsbild zunehmend prägen, ist davon auszugehen, dass sich auch schon bei den Grundschulkindern erste Vorstellungen über den Aufbau und das Zusammenwirken von Systemen zur Energieversorgung ausgeprägt haben.

Das vorrangige Ziel der Forschungsstudie ist, die Vorstellungen von Primarstufenschüler\*innen über den Aufbau eines komplexen technischen Systems der regenerativen Energieversorgung am Beispiel der Versorgung einer Stadt mit Energie aus einem Wasserkraftwerk zu erforschen. Hierbei ist es nicht das Ziel herauszufinden, welche Vorstellungen im Detail über die unterschiedlichen Funktionsprinzipien der einzelnen Baueinheiten vorliegen, sondern zu erforschen, ob schon Grundschüler\*innen ein grundlegendes Verständnis für den Aufbau eines solchen Systems haben. Das bedeutet in welcher Reihenfolge typische Teilsysteme eines Kraftwerks angeordnet werden müssen, damit diese die übergeordnete Gesamtaufgabe erfüllen.

### **3 Technikbegriff und Systemdenken im Kontext der Entwicklung von Schülervorstellungen über den Aufbau von technischen Systemen**

Das hier im Rahmen der Studie verwendete Begriffsverständnis von Technik orientiert sich an der Definition des Technikbegriffs nach Günter Ropohl: „Technik umfasst (a) die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme), (b) die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen, und (c) die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.“ (Ropohl, 2009, 31). Der Begriffsbestimmung von Ropohl zufolge wird dann von Technik gesprochen, wenn Menschen etwas künstlich herstellen, um dieses für zweckhafte Anwendungen zu nutzen. Das Artefakt steht zwar im Mittelpunkt der Technik, ist jedoch nicht mit der Technik gleichzusetzen. Zum Technikbegriff gehören auch der Mensch und seine Handlungen, die zum einen für die Herstellung der künstlichen Objekte und zum anderen für den Gebrauch dieser notwendig sind. Folgt man den Grundsätzen bzw. dem Grundgedanken der allgemeinen Technologie nach dem Systemtheoretiker Günter Ropohl 1999, so ist das systemorientierte Denken ein wesentlicher Bestandteil zur Erschließung der technischen Umwelt. Ein systemorientierter Zugang erlaubt ordnungsstiftende Einsichten in das Verhalten und den Aufbau technischer Gebilde, ohne dass man immer gleich die verwirrende Vielfalt technischer Ausführungsdetails und technikwissenschaftliche Theorien berücksichtigen müsste (vgl. Ropohl 1999, 49-57).

Studien belegen, dass schon Primarstufenschüler\*innen in der Lage sind, grundlegende systemische Denkweisen zu erlernen (vgl. Fraune 2013). Das system- und problemorientierte Denken ist ein übergreifendes Konzept, das schon in der Grundschule von großer Bedeutung für die Entwicklung methodischer Kompetenzen ist (vgl. GDSU 2013, 63).

Der Perspektivrahmen Sachunterricht stellt „das Identifizieren und produktive Lösen technischer Probleme mit den Prozessen der Problemfindung, des praktischen Handelns, Erkundens, Konstruierens, Optimierens und Bewertens“ (GDSU 2013, 63) in den Vordergrund des technischen Lernens. Dabei beschränkt sich die Technikbildung aber nicht nur auf problemlösendes Tun, sondern bezieht auch „das analysierende technische Denken als gedankliches Durchdringen technischer Prinzipien, Funktionsweisen und Prozesse wie auch das Bewerten und Kommunizieren von Technik“ (ebd.) mit ein.

Wichtige Ausgangspunkte eines systemorientierten und technischen Denkens in Anlehnung an Ropohl (1999), Roth (1984) und Koller (1985) bilden die folgenden Konzepte einer technischen Systemtheorie:

- Ein technisches System ist eine abgeschlossene technische Einheit, die mit ihrer Umwelt in Verbindung steht.
- Technische Systeme und deren Elemente sind durch Stoff-, Energie- und Informationsflüsse miteinander verbunden.
- Die Transformation von Input zu Output wird als Funktion des Systems bezeichnet.
- Alle technischen Funktionen lassen sich auf die Elementarfunktionen: Speichern, Leiten, Wandeln und Verknüpfen zurückführen.
- Die Struktur eines technischen Systems wird durch die Anordnung seiner Elemente gebildet.
- Die Interaktion eines Systems mit anderen Systemen kann wiederum als ein übergeordnetes System betrachtet werden. Auf diese Weise entstehen unterschiedliche Hierarchiestufen von Systemen.

Nun stellt sich die Frage, was diese zunächst sehr abstrakt erscheinenden, systemtheoretischen Konzepte mit der Bildung von Vorstellungen über den Aufbau von technischen Systemen zu tun haben. Im Kapitel 4.2 wird detailliert dargestellt, dass das hier angewandte Untersuchungsinstrument zur Erforschung der Schülervorstellungen auf einer konstruktiven Aufgabenstellung basiert. Die Schüler\*innen haben die Aufgabe aus vorgegebenen Teilsystemen ein komplexes technisches System zur Energieversorgung einer Stadt ausgehend von der Energie aus einem nahegelegenen Stausee aufzubauen. Die Entwicklung einer Lösung hängt eng mit einer systemorientierten Vorstellung über den Aufbau des Kraftwerks zusammen. Entsprechend müssen die Schüler\*innen für eine Lösung Überlegungen zu den folgenden Fragestellungen vornehmen:

- Welche technischen Elementarfunktionen werden zur Erfüllung der Gesamtfunktion benötigt? Hiermit verbunden sind zum Beispiel Überlegungen zur Energiespeicherung im Stausee, der Energieleitung durch Rohre oder elektrische Leitungen und dem Energiewandel in der Turbine oder im Generator.

- In welcher Form müssen die Subsysteme des Kraftwerks durch Stoff- und Energieflüsse verbunden werden? Hierbei ist zum Beispiel die grundlegende Überlegung wichtig, dass die Gesamtfunktion der Kraftwerksanlage nur realisiert werden kann, wenn ein durchgehender Energiefluss vom Stausee bis zum Verbraucher in der Stadt erfolgt.
- In welcher Anordnung müssen die einzelnen Subsysteme gelegt werden, damit diese eine sinnvolle Struktur ergeben?
- Wie werden die Eingangsgrößen der einzelnen Teilsysteme zu Ausgangsgrößen transformiert? Hiermit verbunden sind Überlegungen, wie mechanische Energie als Eingangsgröße in elektrische Energie als Ausgangsgröße gewandelt wird.

## 4 Forschungsdesign

### 4.1 Forschungskontext und methodischer Zugang

Die in diesem Beitrag dargestellten Forschungsarbeiten sind Teil einer Studie, die im Kontext des Graduiertenkollegs, SUSE I – Übergänge vom Sachunterricht in die Sekundarstufe I an der Universität Duisburg-Essen, geleistet wurden. Ziel des Graduiertenkollegs ist die Erforschung der Transitionsproblematik vom integrativen Sachunterricht zum fachsystematischen Unterricht der Sekundarstufe I aus Sicht der am Sachunterricht beteiligten fachlichen Perspektiven. Hierbei wurde im Rahmen der technischen Perspektive die Entwicklung des technischen Systemdenkens bei der Konstruktion eines komplexen technischen Systems erforscht. Das Forschungsdesign basiert auf einem querschnittlichen Vergleich des technischen Systemdenkens von Schüler\*innen am Ende der Primarstufe in Klasse 4 mit dem der Sekundarstufe in Klasse 7 der Gesamtschule. In der Studie hatten die Schüler\*innen die Aufgabe, ein komplexes technisches System (Energieversorgung einer Stadt mit einem Wasserkraftwerk) aus vorgegebenen technischen Teilsystemen zu konstruieren. Dabei wurden die ausgeführten analytischen und synthetischen Denkopoperationen analysiert und bewertet (vgl. Fletcher & Kleinteich 2018). Im Rahmen dieses Beitrags werden die dabei erzielten Ergebnisse der konstruktiven Lösungsprozesse, also die von den Schüler\*innen entwickelten Vorstellungen über den Aufbau des gesamten Systems, untersucht. Im Rahmen dieses Beitrags werden dabei ausschließlich die Lösungen der Primarstufenschüler\*innen in Hinblick auf die damit verbundenen Vorstellungen ausgewertet. Die Auswertung erfolgt weitgehend qualitativ mit Hilfe eines mehrstufigen Kategoriensystems. Die Bildung der einzelnen Kategorien erfolgte deduktiv aus fachwissenschaftlicher Sicht. Hierbei wird ein niedrig inferenter Ansatz verfolgt, um möglichst genaue und präzise unterscheidbare Kategorien zu gewinnen. Die Ergebnisse aus den Zuordnungen zu den Kategorien werden zum Teil einer quan-

titativen Analyse unterzogen. Ziel war es unter anderem häufig vorkommende, vom fachwissenschaftlichen Konzept abweichende, Vorstellungen im Sinne naiver Theorien oder von Präkonzepten zu identifizieren.

## 4.2 Das Erhebungsinstrument

Für die Forschungsstudie wurde ein neues Erhebungsinstrument entwickelt, mit dem Anspruch, dass dieses weitgehend unabhängig von der Lese- und Schreibkompetenz ist, eine kurze Bearbeitungszeit aufweist, ein möglichst großes Lösungsspektrum ermöglicht und eine motivierende Aufgabenstellung beinhaltet. Im Ergebnis wurde ein Instrument entwickelt, das in Orientierung an die Strukturlegetechnik nach D. Wahl (2013) auf der Auswahl und Anordnung von Karten mit Abbildungen verschiedener Teilsysteme eines Wasserkraftwerks basiert (ausführliche Darstellung vgl. Fletcher & Kleinteich 2018).

Um den Lösungsraum einzugrenzen, wurden 13 Karten vorgegeben. Sieben Karten zeigen Bilder von sinnstiftenden und funktionellen Teilsystemen eines Wasserkraftwerks, sechs Karten weisen Bilder mit sinnlosen Teilsystemen auf (vgl. Abb. 1, S. 36).

Im Test wurden die Schüler\*innen zunächst mit der Ausgangssituation konfrontiert: Eine kleine Stadt will die Wasserenergie eines in der Nähe befindlichen Bergsees nutzen und dabei eine möglichst hohe Energiemenge für die Stadt gewinnen. Hierzu sollen die Schüler\*innen Vorstellungen über eine mögliche technische Lösung entwickeln. Die Schüler\*innen sortieren bzw. wählen zunächst die Karten aus, die sie für sinnvoll halten. Nach der getroffenen Auswahl schließt sich das Vernetzen dieser Teilsysteme an. Dabei muss die Outputgröße des einen Teilsystems der Inputgröße des anderen Teilsystems entsprechen bis ein funktionsfähiges Gesamtsystem entsteht. Durch die vielfältigen Möglichkeiten, die Karten auszuwählen und anzuordnen, besteht trotz der Vorstrukturiertheit ein möglichst großer Lösungsraum.

## 4.3 Stichprobe und Erhebung

### *Stichprobe*

206 Primarstufenschüler\*innen aus zehn verschiedenen Klassen wurden an sechs unterschiedlichen Grundschulen im Winter des vierten Schuljahres im Westen Nordrhein-Westfalens untersucht. Die Auswahl der Schulen erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Das Thema Wasserkraftwerk wurde bisher noch nicht im Unterricht thematisiert. Die Verteilung nach Geschlechtern war ungefähr homogen und das durchschnittliche Alter der Grundschul Kinder betrug 9,4 Jahre. Acht Schüler\*innen an der Grundschule wurden beim Lösen der Aufgabe mit einer Eye-Trackingbrille ausgestattet und zum lauten Denken aufgefordert.

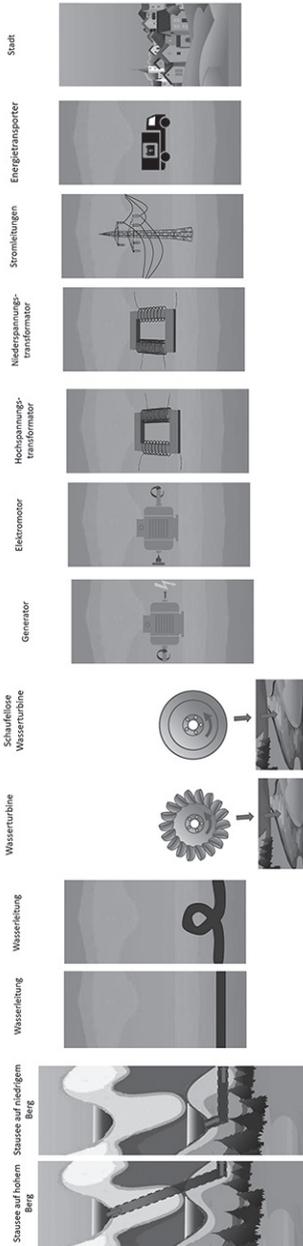
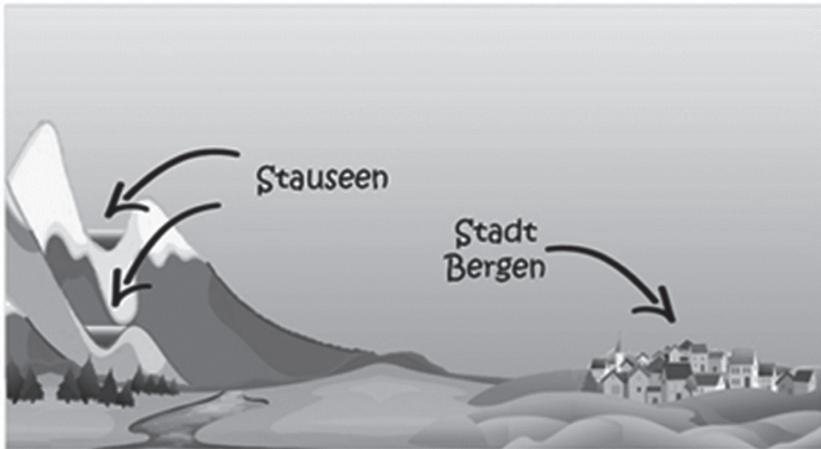


Abb. 1: Erhebungsinstrument – 13 Karten mit Teilsystemen (eigene Darstellung).

### *Datenerhebung*

Die Datenerhebung erfolgt nach einem standardisierten Ablauf mit Hilfe eines Testmanuals. Der Testablauf gliedert sich in drei Phasen:

*Instruktionsphase:* Die Schüler\*innen wurden mit dem Problem konfrontiert, dass die Stadt mit dem Namen "Bergen" aus einem nahe gelegenen Stausee eine möglichst große Energiemenge für die Stadt gewinnen möchte. Der situative Kontext wird zusätzlich über ein Poster visualisiert (siehe Abb. 2). Nach der Besprechung der Aufgabenstellung bekamen die Schüler\*innen die folgende Arbeitsanweisung: „Lege die Karten mit den Bauteilen in die richtige Reihenfolge. Du brauchst nicht alle Karten zu verwenden“. Die Instruktionsphase nimmt in etwa 15 Minuten Zeit ein.



**Abb. 2:** Poster zur Visualisierung der Ausgangssituation (eigene Darstellung).

### *Testphase*

Die Schüler\*innen hatten dann 20 Minuten Zeit, sich mit den Karten auseinanderzusetzen, sie zu sortieren, auszuwählen und in eine Reihenfolge zu legen. Aus jeder Klasse hat je eine Schülerin oder ein Schüler die Aufgabe in einem separaten Raum mit einer Eyetracking-Brille gelöst und wurde dabei aufgefordert laut zu denken.

### *Datensicherung*

Die Sicherung der Ergebnisse fand durch das Aufnehmen eines Fotos der gelegten Reihenfolge statt.

#### 4.4 Auswertungsmethodik

In einem ersten Schritt wurde versucht, alle Lösungsergebnisse systematisch zu erfassen und eindeutig zu kennzeichnen. Für die Möglichkeit der Auswahl von Teilsystemen (unabhängig ob richtig oder falsch) bestehen mindestens 128 verschiedene Kombinationsmöglichkeiten. Hierbei handelt es sich nur um die Auswahlmöglichkeiten der einzelnen Teilsysteme unabhängig davon, wie Sie angeordnet werden<sup>1</sup>. Für die richtige Kombination von zwei benachbarten Teilsystemen unabhängig von der richtigen Auswahl bestehen weitere 256 Möglichkeiten<sup>2</sup>. In der Kombinatorik bedeutet dies, dass der Lösungsraum theoretisch 32.768 verschiedene Möglichkeiten der Konstruktion des Wasserkraftwerks aus den vorgegebenen Teilsystemen zulässt. Entsprechend wurden die Ergebnisse über einen 15-stelligen Binärcode kodiert. Auf Grund der Codierung bestand dann die Möglichkeit, die Anzahl der Häufigkeiten der unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten automatisiert auszuwerten.

Im zweiten Schritt erfolgte die Bildung eines Kategoriensystems, um eine weitere Auswertung der Ergebnisse und deren Interpretation zu ermöglichen. Ziel war es, das gesamte vorgefundene Spektrum an Vorstellungen über den Aufbau des Wasserkraftwerks vollständig zu erfassen und die Unterschiede und Varianten herauszuarbeiten. Hierbei wird zunächst ein deduktiver Ansatz der Kategorienbildung verfolgt. Die Bildung und die Ausprägung der unterschiedlichen Kategorien erfolgte auf Grundlage einer fachwissenschaftlich orientierten Analyse des möglichen Lösungsraums. Ausgangspunkt war hierbei eine systemtechnische Betrachtung der möglichen Lösungsvarianten. Die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems und wie gut der Energiefluss realisiert wurde stellen hierbei die zentralen Ordnungskriterien für die Bildung der Kategorien auf der Ebene I dar.

Auf der Ebene II erfolgt eine weitere Ausdifferenzierung der Vorstellungen mit Blick auf die Realisierung der Funktionen in den verschiedenen Hauptbereichen (Hauptsystemen). Betrachtet man die Energieflussskette eines Wasserkraftwerks, so kann diese in drei verschiedene Hauptbereiche (Hauptsysteme) untergliedert werden: erstens die mechanische Energiespeicherung, -leitung und -umformung, zweitens die mechanisch-elektrische Energiewandlung und drittens die elektrische Energieumformung und -leitung.

---

1 Dabei wurde noch nicht berücksichtigt, dass den Schüler\*innen nicht vorgegeben wurde wie viele Karten Sie zur Konstruktion nutzen können. Die Annahme basiert auf der idealen Auswahl von 7 Karten.

2 Auch mit nicht richtig ausgewählten Teilsystemen lassen sich technisch denkbare und teilweise sinnvolle Kombinationen von zwei Teilsystemen anordnen, wenn die Ausgangsgröße des einen Systems mit der Eingangsgröße des anderen Systems übereinstimmt. Zum Beispiel wenn ein gerades Wasserrohr mit einem gebogenem Wasserrohr kombiniert wird. Dies wurde als positives Systemverständnis aufgefasst.

Ebene I		Ebene II		Ebene III	
<b>Gesamtsystem und Energiefluss</b>		<b>Hauptsysteme:</b> 1) mechanische Energieweiterleitung 2) Wandlung 3) elektr. Energieweiterleitung		<b>Teilsysteme (richtig kombiniert)</b>	
1. Gesamtsystem gar nicht funktionsfähig, keinerlei Energiefluss, keine zusammenhängende Teilsystemkombination	1.1 nichts	1.1 kein System			
	1.2 nur Eingangs- oder/und Ausgangssystem	1.2.1 Eingangssystem			
		1.2.2 Ausgangssystem			
		1.2.3 Eingangs- und Ausgangssystem			
2. Gesamtsystem nicht funktionsfähig, Energiefluss mehrmals unterbrochen, einzelne zusammenhängende funktionsfähige Teilsysteme	2.1 nur vereinzelte Teilsysteme	2.1.1 Teile der mechanischen Energieweiterleitung			
		2.1.2 Teile der elektrischen Energieweiterleitung			
		2.1.3 Teile der mechanischen und elektrischen Energieweiterleitung			
	2.2 ein Hauptsystem, die anderen in Teilen oder gar nicht	2.2.1 Mechanische Energieweiterleitung komplett			
		2.2.2 Wandlung			
		2.2.3 Elektrische Energieweiterleitung komplett			
		2.2.4 Teile der mechanischen Energieweiterleitung und Wandlung			
		2.2.5 Wandlung und Teile der elektrischen Energieweiterleitung			
		2.2.6 Teile der mechanischen und elektrischen Energieweiterleitung komplett			
		2.2.7 Mechanische komplett und Teile der elektrischen Energieweiterleitung			
		2.2.8 Teile der mechanischen und elektrischen Energieweiterleitung und Wandlung			
3. Gesamtsystem fikt funktionsfähig, Energiefluss einmal unterbrochen, zusammenhängende funktionsfähige Teilsysteme	3.1 zwei Hauptsysteme, das dritte gar nicht	3.1.1 Mechanische und elektrische Energieweiterleitung komplett			
		3.1.2 Mechanische Energieweiterleitung komplett und Wandlung			
		3.1.3 Wandlung und elektrische Energieweiterleitung komplett			
	3.2 zwei Hauptsysteme, das dritte in Teilen	3.2.1 Mechanische Energieweiterleitung komplett, Wandlung und Teile der elektrischen Energieweiterleitung			
		3.2.2 Teile der mechanischen Energieweiterleitung, Wandlung und elektrische Energieweiterleitung komplett			
4. Gesamtsystem funktionsfähig, Energiefluss durchgehend, zusammenhängende funktionsfähige Teilsysteme	4.1 drei Hauptsysteme, im elektrischen keine Verwendung des Transformators	4.1 Alle drei Hauptsysteme komplett ohne Verwendung des Transformators			
	4.2 drei Hauptsysteme, Verwendung des Transformators	4.2 Alle drei Hauptsysteme komplett			

Abb. 3: Kategoriensystem

Auf der dritten Ebene (III) wurde versucht die Kategorien weiter zu verfeinern und auszudifferenzieren. Hierzu wurden dann ergänzend induktive Kategorien aus den Ergebnissen der Erhebung gewonnen. Aufgrund der hohen theoretischen Anzahl der möglichen Kombinationen der Teilsysteme für die Konstruktion wur-

den auf der dritten Ebene nur solche Lösungskombinationen in das Kategoriensystem aufgenommen, die sich auch in der Praxis gezeigt haben. Die dritte Ebene umschließt insgesamt 22 Subkategorien. Im Ergebnis entstand ein Kategoriensystem, bestehend aus vier Hauptkategorien, die auf zwei untergeordneten Ebenen weiter ausdifferenziert werden (siehe Abbildung 3, S. 39). Die Hauptkategorien ordnen die Lösungsansätze der Schüler\*innen in vier Stufen entsprechend ihrer Lösungsgüte aus technologischer Sicht. In der Hauptkategorie vier werden Lösungsansätze zugeordnet, die einer technischen Ideallösung am nächsten kommen. Schlusslicht bildet die Kategorie eins, in die Lösungsansätze fallen, die aus technologischer Sicht keinerlei Sinn machen.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Einordnung der Lösungsansätze in das Kategoriensystem

#### Verteilung Ebene III

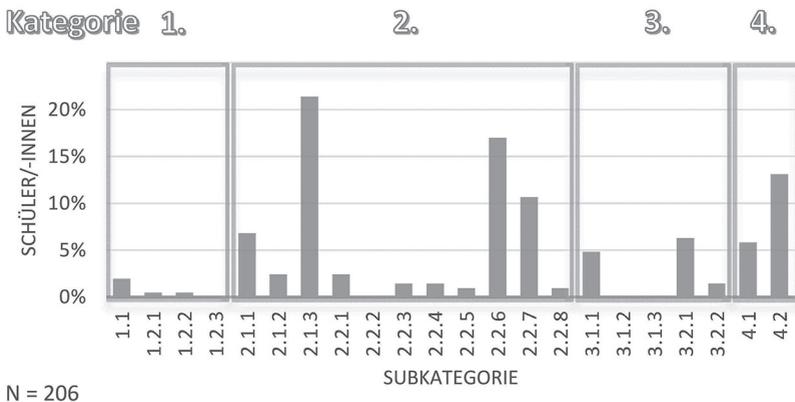


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung der Lösungsansätze auf Ebene III (N = 206)

Insgesamt lagen 206 auswertbare Lösungsansätze der Primarstufenschüler\*innen über den Aufbau eines Wasserkraftwerkes zur Auswertung vor. Diese wurden mit Hilfe des aufgezeigten Kategoriensystems den einzelnen Kategorien zugeordnet. Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass etwa ein Fünftel aller Ergebnisse der Primarstufenschüler\*innen (19%) der Kategorie 4 zugeordnet werden kann. Dies bedeutet, diesen Schülern\*innen gelingt es, die Karten zu einem theoretisch funktionsfähigen Gesamtsystem mit einer durchgehenden Energieflusskette zu kom-

binieren. Weiteren 13% gelingt es, ein fast funktionsfähiges (Kategorie 3) Gesamtsystem zu konstruieren. Die größte Anzahl der Lösungen (ca. 66%) sind der zweiten Kategorie zuzuordnen. Diese Kategorie umschließt die Schüler\*innen, die einzelne Teilsysteme zusammenhängend miteinander kombinieren, das von ihnen angeordnete Gesamtsystem wäre jedoch nicht funktionsfähig und der Energiefluss ist mehrmals unterbrochen. Nur 3% der Schüler\*innen kombiniert die Teilsysteme ohne erkennbaren Sinn (Kategorie 1). Bei diesen Lösungsansätzen wäre keinerlei Energiefluss möglich und es gibt keine zusammenhängenden Teilsystemkombinationen.

Die Grafik (Abb.4) macht deutlich, dass auf der dritten Differenzierungsebene die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Subkategorien sehr unterschiedlich ist. Einerseits zeigt sich, dass sich fast 63 % der Lösungsansätze in nur 4 Subkategorien (2.1.3/2.2.6/2.2.7/4.2) von insgesamt 22 Subkategorien mit jeweils deutlich über 10% Anteil einordnen lassen, andererseits finden sich Kategorien in denen nur sehr wenige oder gar keine Lösungen<sup>3</sup> (3.1.2/3.1.3) eingeordnet werden können. Ein Ergebnis, welches deutlich macht, dass bei einem Großteil der untersuchten Schüler\*innen klar eingrenzbar Vorstellungen über den Aufbau eines Wasserkraftwerks vorherrschen. Die weitere Analyse der gewählten Lösungen wird entsprechend auf diese vier am häufigsten vorkommenden Subkategorien fokussiert. Bei der Interpretation der Ergebnisse werden neben dem Bildmaterial auch die Aufnahmen zum lauten Denken genutzt.

## 5.2 Häufig vorkommende Schülervorstellungen über den Aufbau eines Wasserkraftwerks (Teilsystemkombinationen)

### *Schülervorstellungen mit Zuordnung zu der Kategorie 2.1.3*

Die Subkategorie auf der dritten Differenzierungsebene mit dem größten Anteil an Schülervorstellungen ist die Kategorie 2.1.3. Ein Fünftel aller Schüler\*innen kombinieren demnach nur vereinzelt Teilsysteme der mechanischen und elektrischen Energieweiterleitung richtig. Typisch für alle Vorstellungen in dieser Kategorie ist, dass die Wandlung von mechanischer in elektrische Energie nicht erfolgt. 26% der Schüler\*innen legen beispielsweise die Wasserleitung/en direkt hinter die Wasserturbine.

---

3 Dies bezieht sich nur auf die untersuchte Stichprobe aus der Grundschule. Bei der Analyse von anderen Stichproben ließen sich auch Lösungen diesen Kategorien zuordnen.

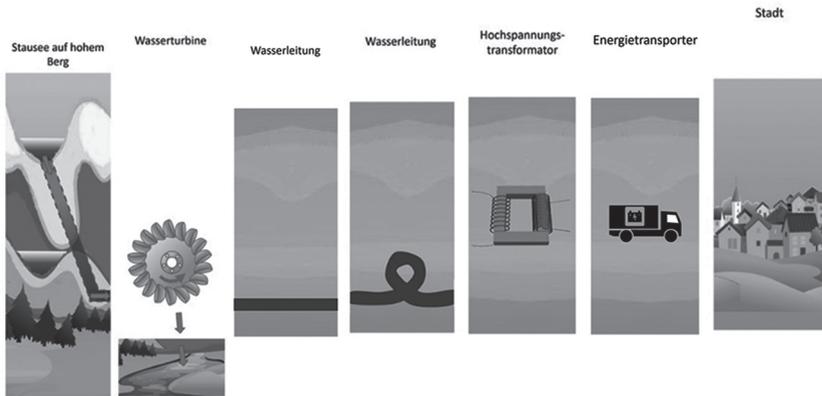
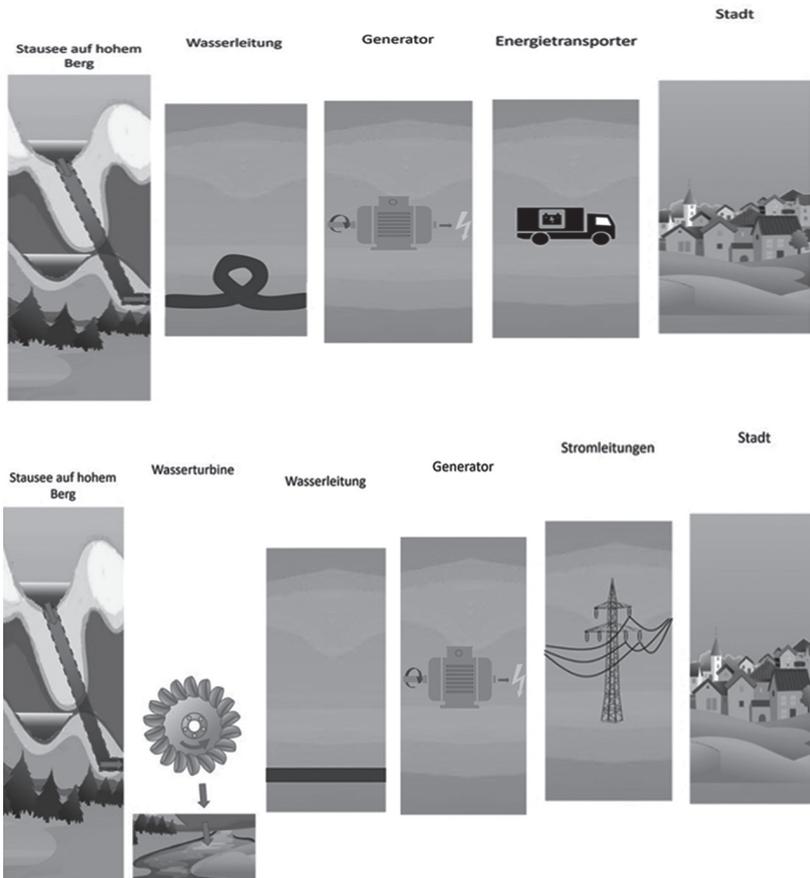


Abb. 5: Beispiel für eine Schülerlösung mit Zuordnung zur Kategorie 2.1.3

Abbildung 5 zeigt ein Ergebnis, bei der die Wasserleitungen zwischen der mechanischen und der elektrischen Energieweiterleitung genutzt werden, die Verwendung eines Generators fehlt gänzlich. Die Wasserleitungen werden von den Schüler\*innen vermutlich als Transportsystem für mechanische und elektrische Energie interpretiert. 48% der Schüler\*innen sehen in der Wasserleitung mit Looping einen Sinn, 52% nutzen die gerade Wasserleitung. Die Aussagen über die Looping-Wasserleitung, die durch die Eyetracking-Aufnahmen festgehalten werden konnten, sind zum Teil widersprüchlich. Als positive Eigenschaften wurde vermutet: „dass das Wasser schnell runter fließe“ und dadurch eine „Beschleunigung erfahre“ oder dass durch die längere Strecke auch mehr Wasser fließen könne. Außerdem wurde diese Wasserleitung sogar als Ersatz für die Turbine angeordnet „da sie den Generator bewege“. Als negative Eigenschaften wurde richtig vermutet, dass durch den Looping das Wasser „abgebremst“ wird.

#### *Schülervorstellungen mit Zuordnung zu der Kategorie 2.2.6*

In die Subkategorie 2.2.6 wurden Lösungen eingeordnet, bei der die elektrische Wandlung der Energie und deren Weiterleitung weitgehend korrekt kombiniert wurde und die mechanische Energiewandlung nur teilweise vorhanden ist. Typisch für diese Vorstellungen ist das Fehlen des Teilsystems Wasserturbine (Abb. 6, linkes Bild) oder dass zwischen der verwendeten Turbine und dem Generator eine Wasserleitung (Abb. 6, rechtes Bild) liegt.



**Abb. 6:** Beispiele für Schülerlösungen mit Zuordnung zur Kategorie 2.2.6 und 2.2.7

Insgesamt 37% aller Schüler\*innen verwendeten das technologisch unsinnige Teilsystem Energietransporter. Aussagen hierzu waren, dass „der Energietransporter die Energie in die Stadt transportiere“ oder „die Energie für den Generator transportiere“. Von den Kindern, die diese Vorstellungen zeigten, wird elektrische Energie demnach als transportfähiger Stoff interpretiert.

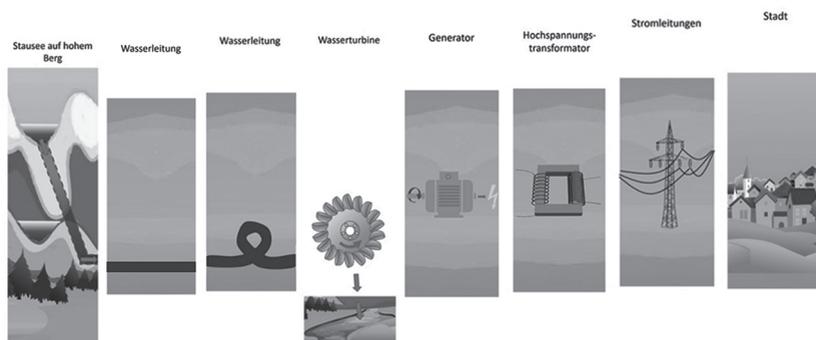


Abb. 7: Beispiel für eine Schülerlösung mit Zuordnung zur Kategorie 4.2

### *Schülervorstellungen mit Zuordnung zu der Kategorie 2.2.7*

Die Subkategorie 2.2.7 umschließt die Ergebnisse, die hinsichtlich der elektrischen Energiewandlung und -leitung Schwächen aufweisen. Immerhin 51 % der Schüler\*innen nutzen die Karte des Generators in ihrem Gesamtsystem. Allerdings wird dieser häufig falsch angeordnet. So legen beispielsweise 12% der Primarstufenschüler\*innen den Generator direkt vor die Stadt (Abb. 7). Die Stromleitungen wurden von insgesamt 47% aller Schüler\*innen richtig ausgewählt. Dieses System ist den Kindern vermutlich aus dem Landschaftsbild bekannt. Aussagen über die Stromleitungen waren, dass diese die elektrische Energie zur Stadt befördern und „die Häuser miteinander mit Energie verbinden“.

### *Schülervorstellungen mit Zuordnung zu der Kategorie 4.2*

Die vierte Subkategorie, in der mehr als 12% der Schülerlösungen zugeordnet werden können, umfasst Lösungsvorstellungen, die technologisch sinnvoll sind und einer Ideallösung sehr nahekommen. Die Lösungen zeichnen sich dadurch aus, dass ein Gesamtsystem realisiert wurde mit sinnvoller Energiewandlung und einem durchgehendem Energiefluss. Eine beispielhafte Schülerlösung mit einer solchen korrekten Teilsystemkombinationen in der mechanischen, mechanisch-elektrischen (Wandlungssystem) und elektrischen Umformung und Weiterleitung zeigt die Abb. 7.

Zwar hat die Schülerin oder der Schülerin neben der geraden Wasserleitung auch die Looping-Wasserleitung verwendet, dies würde die Gesamtfunktion aber nicht wesentlich beeinträchtigen.

## 5.3 Geschlechtervergleich

Schaut man sich die Verteilung der Schüler\*innen in den einzelnen Subkategorien getrennt nach dem Geschlecht an, zeigt sich ein eindeutiger Trend. Die Vorstel-

lungen der Mädchen sind häufiger den Kategorien eins und zwei mit weniger sinnvollen Vorstellungen zuzuordnen, hingegen sind die Vorstellungen der Jungen deutlich öfter in den Kategorien drei und vier mit technologisch anspruchsvolleren Vorstellungen vertreten. Dies wird insbesondere in der Kategorie 4.2 deutlich, die der Ideallösung am nächsten kommt.

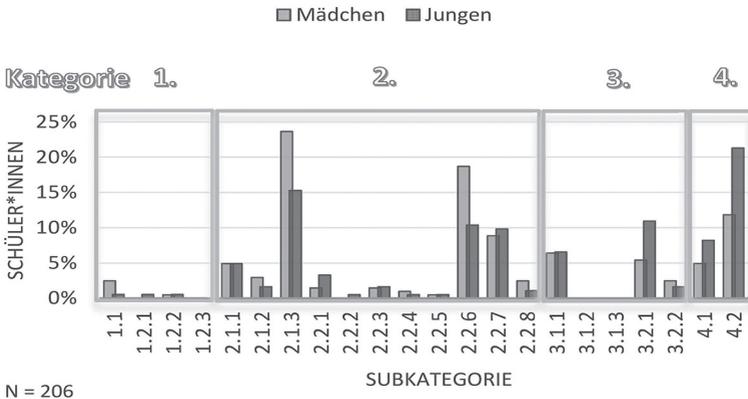


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Schülerlösungen auf Ebene III, differenziert nach Geschlecht (N=206)

Fast 22% der Lösungsansätze der Jungen entsprechen der Ideallösung, wohingegen nur 12 % der Lösungen der Mädchen es in diese Kategorie schaffen. Auch in der Subkategorie 3.2.1 sind mehr als doppelt so viele Jungen wie Mädchen vertreten. Dieser Subkategorie werden Vorstellungen zugeordnet, bei der die Energieweiterleitung bis zum Generator durchgängig richtig kombiniert wurde. Dies lässt den Schluss zu, dass die Vorstellungen der Jungen über die Wandlung von mechanischer zu elektrischer Energie fachlich weiter ausgeprägt sind als die der Mädchen.

## 6 Zusammenfassung, Diskussion und erste didaktische Schlussfolgerungen

Ziel der Studie war es zu erforschen, inwieweit Grundschüler\*innen zum Ende der Primarstufe ein Verständnis für ein komplexes technisches System entwickelt haben und welche Vorstellung damit verbunden sind. Hierzu wurde ein Testwerkzeug in Orientierung an die Strukturlegetechnik entwickelt, mit dem die Schüler\*innen auf der Basis von vorgegebenen Teilsystemen ein Wasserkraftwerk nach ihren Vorstellungen konstruieren können. Beabsichtigt war dabei nicht, die

detaillierten Vorstellungen der Schüler\*innen über den Aufbau und die Gestaltung der einzelnen technischen Komponenten eines Wasserkraftwerks zu erforschen, sondern die Vorstellungen zu erkunden, welche Teilsysteme die Schüler\*innen für notwendig erachten, um die übergeordnete Gesamtfunktion zu realisieren.

Nach erster Einschätzung hat sich das Testwerkzeug mit dem zugeordneten Kategorienschema in der Praxis als unkompliziertes und schnelles Werkzeug bewährt. Mit Hilfe der Instrumente gelingt es, die Lösungsvorschläge der Schüler\*innen über den Aufbau eines Wasserkraftwerks zu erfassen und in Orientierung an fachwissenschaftlichen Konzepten zu systematisieren, um eine Auswertung zu ermöglichen. Es müssen aber auch deutlich die Grenzen des verwendeten Instrumentes gesehen werden. Mit dem Testwerkzeug ist es nicht möglich, eine unvoreingenommene und offene Erfassung der vielfältigen Bandbreite möglicher Vorstellungen der Schüler\*innen zu erfassen, wie dies evtl. mithilfe von Skizzen möglich wäre. Bedingt durch die starke Vorstrukturierung des Lösungsraums auf die Auswahl und Kombinatorik von vorgegebenen Teilsystemen können mit dem Werkzeug vermutlich eine größere Anzahl insbesondere von vorherrschenden alternativen Vorstellungen und Konzepten der Schüler\*innen nicht erfasst werden. Entsprechend könnte man die kritische Frage aufwerfen, inwieweit das Instrument zur Erkundung von Schülervorstellungen geeignet ist? Schülervorstellungen sind kognitive Konstrukte, die letztendlich nur interpretativ aus den Daten zu erschließen sind, wobei der Interpretationsspielraum unterschiedlich groß und mehr oder weniger subjektiv geprägt sein kann. Das hier beschriebene Vorgehen ist als ein niedrig inferentes Auswertverfahren einzustufen mit dem Anspruch, möglichst genaue und präzise unterscheidbare Kategorien zu gewinnen, entsprechend sind die Forschungsergebnisse zu interpretieren.

Erfreulicherweise belegen die Ergebnisse der Studie, dass ein nicht unerheblicher Teil der Kinder zum Ende der Primarstufe in der Lage ist, fachlich weitgehend richtige Vorstellungen zu entwickeln über ein komplexes technisches System wie dem Wasserkraftwerk. Immerhin gelingt es 19% von den 206 getesteten Grundschüler\*innen, die Karten zu einem theoretisch funktionsfähigen Gesamtsystem mit einer durchgehenden Energieflusskette zu kombinieren. Weiteren 13% gelingt es, ein fast funktionsfähiges Gesamtsystem zu konstruieren. Es ist zu vermuten, dass dieses Drittel der getesteten Kinder schon über grundlegende systemische Denkweisen verfügen, ohne die es nur schwer möglich ist, die gestellte Konstruktionsaufgabe erfolgreich zu lösen. Das bedeutet, fast ein Drittel der Kinder verfügt über Vorstellungen, die aus fachlicher Sicht eine hohe Anschlussfähigkeit haben zur Übertragung auf andere Bereiche oder zur Vertiefung des Themenfeldes. Weiterhin ist positiv festzustellen, dass die Lösungsansätze, die aus technologischer Sicht völlig ohne Sinn sind, nur einen sehr geringen Anteil von 3% ausmachen. Der Rest der Lösungsideen zeichnet sich dadurch aus, dass es den Schüler\*innen nur gelungen ist, einzelne Teilbereiche des Gesamtsystems sinnvoll anzuordnen.

Dabei wurde durch die Analyse mithilfe des Kategoriensystems deutlich, dass letztendlich die Mehrzahl der erhobenen Lösungen in diesem Bereich auf wenige typische, aus fachlicher Sicht fehlerhafte Varianten, zurückzuführen sind. Diese lassen sich als naive Vorstellungen oder Fehlvorstellungen interpretieren. Die meisten fehlerhaften Vorstellungen aus fachlicher Sicht beziehen sich auf die technische Funktion der Wandlung insbesondere mit Bezug auf den Generator. Immerhin 51 % der Schüler\*innen nutzen die Karte des Generators in ihrem Gesamtsystem. Allerdings wird dieser sehr häufig falsch angeordnet. Das Konzept, dass ein technisches Teilsystem eine Energieform (zum Beispiel mechanische Energie) in eine andere Energieform (zum Beispiel elektrische Energie) wandelt, wurde von den meisten Primarstufenschüler\*innen vermutlich nicht richtig erkannt. Des Weiteren sind häufig fachlich nicht zutreffende Lösungen mit den elektrischen Teilsystemkombinationen verbunden. Hier werden zum Beispiel Wasserleitungen als Transportsystem für elektrische Energie genutzt oder die elektrische Energie wird als transportfähiger Stoff interpretiert (Nutzung des Energietransporters). Dies sind typische Bereiche, die sich nicht mehr direkt aus der Erfahrungswelt erschließen lassen und hohe Abstraktionsleistungen voraussetzen. Im Bereich der mechanischen Komponenten des Systems zeigen sich weniger häufig Fehlvorstellungen. Die hier häufig vorkommende Nutzung der Looping-Wasserleitung ist zwar nicht optimal, stellt aber keine grundsätzliche Fehlvorstellung da. Die Entscheidung, dass ein Stausee auf hohem Niveau besser geeignet ist als auf einem niedrigen wurde von knapp 60 % der Schüler\*innen richtig getroffen. Auch die Wasserturbine mit den Schaufeln wurde von über 60% der Schüler\*innen richtig ausgewählt. Die Anordnung der Turbine ist aber oft fehlerhaft, was wieder vermuten lässt, dass, ähnlich wie beim Generator, die grundsätzliche Funktion der Wandlung – die kinetische Energie des Wassers in eine mechanische Rotationsbewegung umzuwandeln – nicht richtig erkannt wurde.

Eindeutig geht aus der Analyse des Datenmaterials hervor, dass die Vorstellung der Jungen über das System Wasserkraftwerk deutlich elaborierter sind und auf ein höheres fachliches Verständnis schließen lassen als die der Mädchen. Dies wird insbesondere daran deutlich, dass es den Jungen besser gelungen ist, die grundsätzlich schwierige Funktion der Wandlung einer Energieform im System technisch sinnvoll umzusetzen. Welche Ursachen hierfür verantwortlich sind, lässt sich nur vermuten. Eventuell könnte dieser Effekt darauf zurückzuführen sein, dass Mädchen im Vergleich mit Jungen weniger Erfahrungen im Hantieren mit Werkzeugen und im Umgang mit technischem Spielzeug haben. Andererseits ist zu bedenken, dass hier der Kontext „Wasserkraftwerk“ auch einen deutlichen Einfluss darauf hat, welche Vorerfahrungen und Vorstellungen in der gegebenen Situation zum Tragen kommen. Es ist nicht auszuschließen, dass bei einem anderen Kontext mit einer höheren Affinität zu den Lebensbereichen von Mädchen die Unterschiede nicht so deutlich ausfallen.

*Erste didaktische Schlussfolgerungen*

Die Gestaltung von Sachunterricht in der technischen Perspektive ist ein schwieriges und sehr anspruchsvolles Unterfangen. Die meisten technischen Phänomene und Gegenstände der technischen Umwelt sind hoch komplex und intransparent, so dass die Erschließung der Funktionalität nicht ohne weiteres möglich ist. Dies trifft insbesondere auf den hier angesprochen Themenkomplex, der Energieversorgung durch ein Wasserkraftwerk, zu. Wenn man davon ausgeht, dass Schüler\*innen stabile und relativ komplexe kognitive Strukturen sind, die nicht so einfach zu verändern sind, muss das Ziel von anspruchsvollen Lernsettings/ Lernstrategien sein, die bestehenden Alltagskonzepte bzw. Alltagserfahrungen der Schüler\*innen zu fachlich zutreffenderen Vorstellungen weiterzuentwickeln. Es stellt sich entsprechend die Frage, welche ersten Konsequenzen sich für die Gestaltung von Lernumgebungen im Sachunterricht mit Bezug auf der Behandlung komplexer technischer Systeme, wie ein Wasserkraftwerk, aus den vorgestellten Ergebnissen der Studie ableiten lassen.

Die Befunde der Studie stützen leider das gängige Klischee, dass Jungen ein besseres Verständnis für technische Themen zeigen als Mädchen. Da die Ursachen unklar sind, ist es schwierig konkrete Schlussfolgerung daraus abzuleiten. Falls Unterschiede in der Motivation dafür ursächlich sind, könnte eine mögliche didaktische Konsequenz sein, dass man versucht die Thematik im Rahmen von Kontexten zu erklären, die von Mädchen besonders attraktiv eingeschätzt werden. Eine denkbare Alternative wäre, unter der Voraussetzung, dass der Gegenstand Wasserkraft nicht verändert wird, einen Kontext zu finden, der insbesondere Mädchen emotional anspricht. Zum Beispiel, dass eine Energieversorgung für eine abgelegene Krankenstation in einer Krisenregion konstruiert werden muss, um die dort lebenden Menschen medizinisch zu versorgen.

Durch die Analyse der Lösungen wurde deutlich, dass die Kinder insbesondere noch naive Vorstellungen haben über die eher abstrakten Funktionen, die die elektrotechnischen Bestandteile des Systems (Generator, Transformator, Hochspannungsleitungen) betreffen. Insbesondere die technische Funktion der Wandlung einer Energiegröße in eine andere stellte eine besondere Herausforderung dar. Um solche abstrakten Konzepte zu veranschaulichen und den Aufbau von anschlussfähigen Vorstellungen zu unterstützen sind Analogien und Modellvorstellungen vermutlich unerlässlich. Hier könnten evtl. Analogien oder Modelle aus der Physikdidaktik genutzt werden zur Erklärung von Phänomenen aus der Elektrizitätslehre (z. B. Analogiemodell: Wasser-Strom). Ein möglicher didaktischer Zugang zum Verständnis des Teilsystems Generator könnte auch durch den Vergleich zu einem Fahrraddynamo gelingen. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass den meisten Schüler\*innen das Dynamo-Prinzip vom Fahrrad bekannt ist, aber eine Transformation auf ein Wasserkraftwerk nicht gelingt, da der Systemgedanke noch nicht ausgeprägt ist. Eine besondere Herausforderung wird damit verbunden sein, die sehr ab-

strakte Größe Energie erfahrbar zu machen und dem Alter angepasste sachgerechte Vorstellungen zu vermitteln. Der nicht selten genutzte „Energietransporter“ zeigt, dass viele Schüler\*innen noch über die naive Vorstellung verfügen, dass Energie eine direkt stoffliche Größe ist. Diese stoffliche Interpretation von Energie könnte als eine fachlich anschlussfähige Vorstellung genutzt werden, als Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung zu einem wissenschaftlichen Verständnis. Hier könnte auf konzeptueller Ebene ein Ansatz sein, dass man sich der Energie erfahrungs- und phänomenologisch über die Vielfalt energetischer Erscheinungen (Wärme, Kraftwirkungen usw.) annähert und über Metaphern, Analogien und Modelle das abstrakte Konzept allmählich erschließt.

Abschließend kann resümiert werden, dass Kinder im Grundschulalter grundsätzlich in der Lage sind sinnvolle Vorstellungen über ein komplexes technisches System zu entwickeln. Dies deutet darauf hin, dass der Anspruch ein system- und problemorientiertes Denken als übergreifendes Konzept schon in der Primarstufe zu entwickeln nicht unrealistisch ist.

## Literatur

- Blumör, R. (1993): Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik: Ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in der Grundschule. Magdeburg: Westarp Wissenschaften.
- Claus, J., Stork, E. & Wiesner, H. (1982): Optik im Sachunterricht? Eine empirische Untersuchung zu Vorstellungen und Lernprozessen. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 10, 82-92.
- Duit, R. (1997): Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht – Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht in der Primarstufe. In: Köhnlein, W., Marquardt-Mau, B. & Schreiber, H. (Hg.): Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 233-246.
- Duit, R. (2007): Alltagsvorstellungen berücksichtigen. In: Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. 2. unveränderte Auflage. Bad Honnef: Aulis, 3-7.
- Fletcher, S. & Kleinteich, A. (2018): Die Entwicklung des technischen Systemdenkens im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(1), 85-100.
- Fraune, K. (2013): Modeling system thinking – assessment, structure validation and development. Kiel: Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht (vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Häufßer, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998): Naturwissenschaftliche Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Heran-Dörr, E. (2012): Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel.
- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003): Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Cech, D., Schwier, H.-J. (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 93-108.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3 (3), 2-18.

- Kircher, E. & Rohrer, H. (1993): Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe* (21), 336-341.
- Kircher, E. & Engel, C. (1994): Schülervorstellungen über Schall. *SMP*, 22 (2), 53-57.
- Koller, R. (1985): *Konstruktionslehre für den Maschinenbau. Grundlagen, Arbeitsschritte, Prinziplösungen*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer, 2. Auflage.
- Krüger, D. (2007): Die Conceptual Change-Theorie. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg: Springer, 81.
- Landwehr, N. (1995): *Neue Wege der Wissensvermittlung: Ein praxisorientiertes Handbuch für Lehrpersonen in schulischer und beruflicher Aus- und Fortbildung* 2. Auflage. Aarau: Sauerländer
- Max, C. (1997): Verstehen heißt Verändern – Conceptual Change als didaktisches Prinzip des Sachunterrichts. In: Meier, R., Unglaube, H. & Faust-Siehl, G. (Hrsg.): *Sachunterricht in der Grundschule. Frankfurt am Main: Arbeitskreis Grundschule – Der Grundschulverband – e. V.*, 62-89.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW (2008): *Lehrplan Sachunterricht*. In: *Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen*. Hrsg. von Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. Frechen: Ritterbach.
- Möller, K. (2010a): Lernen von Naturwissenschaft heißt: Konzepte verändern. In: Labudde, P. (Hrsg.): *Fachdidaktik Naturwissenschaft*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt, 57-72.
- Möller, K. (2013): Lernen von Naturwissenschaften heisst: Konzepte verändern. In: Labudde, Peter (Hrsg.): *Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr. 2., korrigierte Auflage*. Bern: Haupt Verlag, S. 57-72.
- Murmann, L. (2013): Dreierlei Kategorienbildung zu Schülervorstellungen im Sachunterricht? Text, Theorie und Variation – Ein Versuch, methodische Parallelen und Herausforderungen bei der Erschließung von Schülervorstellungen aus Interviewdaten zu erfassen. In: [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de)
- Opitz, S. T., Harms, U., Neumann, K., Kowalzik, K. & Frank, A. (2015). Students' energy concepts at the transition between primary and secondary school. *Research in Science Education*, 45, 691-715.
- Pech, D. & Kaiser, A.: (2004): Problem und Welt. Ein Bildungsverständnis und seine Bedeutung für den Sachunterricht. In: Kaiser, Astrid; Pech, Detlef (Hrsg.) (2004): *Die Welt als Ausgangspunkt des Sachunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneiderverlag.
- Reinfried, S. (2007): Alltagsvorstellungen und Lernen im Fach Geographie. Zur Bedeutung der konstruktivistischen Lehr-Lern-Theorie am Beispiel des Conceptual-Change. In: *Geographie und Schule*, 68, 19-28.
- Ropohl, G. (1999): *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. München, Wien: Carl Hanser.
- Ropohl, G. (2009): *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
- Roth, K. (1994): *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Wahl, D. (2013): *Lernumgebungen erfolgreich gestalten: Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Wiesner, H. (1995): Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre. In: *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe* (22), 50-58.
- Wiesner, H. (1985): Untersuchungen zu Vorstellungen von Primarstufenschülern über Begriffe und Phänomene aus der Wärmelehre. In: H. Mikelskis (Hrsg.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie*, Alsbach. 242-244.
- Wodzinski, R. (2007): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik. 2. unveränderte Auflage*. Bad Honnef: Aulis, 23-38.
- Zolg, M. (2001): Das Fahrrad – ein integratives Thema für den Sachunterricht. *Materialbeilage zu: Grundschulunterricht* 2, 1-16.

*Swantje Dölle*

# **LERNnetze – Lernunterstützung im technischen Sachunterricht**

## **Erprobung kognitiv aktivierender und inhaltlich strukturierender Maßnahmen der Lernunterstützung und Überprüfung der Angebotsnutzung**

### **1 Einleitung**

Eine frühe technische Bildung soll Kindern Zugänge zu technischem Denken und Handeln ermöglichen (GDSU 2013, 63). Das technische Lernen im Sachunterricht beschränkt sich dabei nicht nur auf die Ausbildung einer technisch-praktischen Handlungsfähigkeit, sondern schließt auch das analysierende technische Denken und die Erschließung technischer Funktions- und Handlungszusammenhänge mit ein. Dementsprechend umfassen die technikbezogenen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen neben dem produktiv technischen Handeln auch die Bewertung und Kommunikation von Technik sowie das Erkunden und Analysieren technischer Prozesse und Artefakte (a.a.O., 64). Durch die Auseinandersetzung mit den grundlegenden technischen Inhaltsfeldern sollen die Schüler\*innen Hemmnisse und Ängste im Umgang mit Technik abbauen und über Verstehenserlebnisse und Kompetenzerfahrung eine kritische und rationale Haltung zu technischen Wirk- und Bedingungsbeziehungen aufbauen (Möller 1994, 227).

Das analysierende technische Denken kann durch das Untersuchen von technischen Gegenständen und Herstellungsprozessen sowie durch die Erkundung technischer Entwicklungen und Arbeitsabläufe gefördert werden (GDSU 2013, 66). Die grundlegenden technischen Funktionsprinzipien sind allerdings häufig nicht direkt ersichtlich und auch die Mittel-Zweck-Bindung im technischen Handeln ist für die Kinder nur selten unmittelbar erfahrbar. Aus technik- und sachunterrichtsdidaktischer Perspektive gilt es daher zu untersuchen, wie technische Funktionszusammenhänge lern- und verstehbar gemacht und die Lernenden zur gezielten Analyse anregt sowie bei der Erkundung technischer Gegenstände unterstützt werden können. Diese fach- bzw. perspektivspezifischen Herausforderungen werden im vorliegenden Forschungsprojekt aufgegriffen und konkretisiert. Im Mittelpunkt steht dabei ein sogenanntes „LERNnetz“ zur Funktionsweise von Zahnrad- und Riemengetrieben am Beispiel von Kurbelkarussellmodellen.

LERNnetze bezeichnen spezielle Lernarrangements zur Anregung und Unterstützung individueller Wissenskonstruktionsprozesse und wurden in der unterrichtlichen Praxis für den technischen Sachunterricht entwickelt (Dölle in Vorb.). Inhaltlich strukturierende und kognitive aktivierende Maßnahmen der Lernunterstützung werden hier implementiert (vgl. Adamina u. a. 2017) und unter fach- und unterrichtsgegenstandsspezifischen Gesichtspunkten konkretisiert (vgl. Pre diger u. a. 2013; vgl. Dölle 2019).

Die Befunde der empirischen Unterrichtsforschung belegen die Bedeutung der kognitiven Aktivierung und inhaltlichen Strukturierung für schulische Lehr- und Lernprozesse (Lipowsky 2009; Kunter & Voss 2011). Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht konnte der Einfluss von Strukturierungsmaßnahmen in konstruktivistisch-orientierten Lernumgebungen auf den Lernerfolg bereits nachgewiesen werden (Möller u. a. 2002). Hinsichtlich des Erreichens motivationaler und selbstbezogener (Blumberg u. a. 2004) sowie kognitiver Zielsetzungen (Möller u. a. 2002) zeigte sich dabei im Rahmen einer Teilstudie, dass vor allem Lernende mit ungünstigen Lernvoraussetzungen von strukturierenden Maßnahmen der Lernunterstützung profitieren, während leistungsstärkere Kinder weniger auf Strukturierungen angewiesen zu sein scheinen (vgl. Möller 2016). Im Sinne des Adaptive Teaching bleibt folglich zu hinterfragen, welches Maß an strukturierender und aktivierender Lernunterstützung sich individuell als lernwirksam erweist. Diesem Aspekt der differenziellen Wirkung von Unterricht kommt in Bezug auf das technische Lernen eine besondere Bedeutung zu, da hier sozialisationsbedingt von äußerst heterogenen kognitiven sowie motivational-affektiven Lernvoraussetzungen ausgegangen werden muss (vgl. Möller 1994; Mammes 2001). Für das im Kontext des Forschungsprojektes entwickelte LERNnetz zum Kurbelkarussell wurden daher drei unterschiedliche Grade an inhaltlicher Strukturierung und kognitiver Aktivierung generiert. Untersucht werden soll, inwieweit sich die sozialisationsbedingt erwartbaren Unterschiede im technikkbezogenen Vorwissen bestätigen lassen und wie sich die unterschiedlichen Grade der Lernunterstützung bei heterogenen Lerneingangsvoraussetzungen auf die Lernergebnisse und auf das Lernerleben auswirken. Dazu werden drei aufeinander aufbauende Erhebungen mit Schüler\*innen aus dritten Grundschulklassen durchgeführt (siehe Abb. 1).

In der hier berichteten ersten Teilstudie (LERNnetze I) werden zunächst die fach- und unterrichtsgegenstandsspezifisch konkretisierten Strukturierungs- und Aktivierungsmaßnahmen erprobt und im Hinblick auf die tatsächliche Nutzung durch die Lernenden überprüft und weiterentwickelt. Da nicht davon auszugehen ist, dass die entwickelten Unterrichtsangebote automatisch in intendierter Weise von den Lernenden genutzt werden (können), ist diese Absicherung unumgänglich, um die Qualität der dritten Teilstudie zu gewährleisten, in deren Rahmen die spezifische Wirkung der Maßnahmen untersucht werden soll (LERNnetze III). Darüber hinaus können auf Basis der Befunde Impulse für die Gestaltung

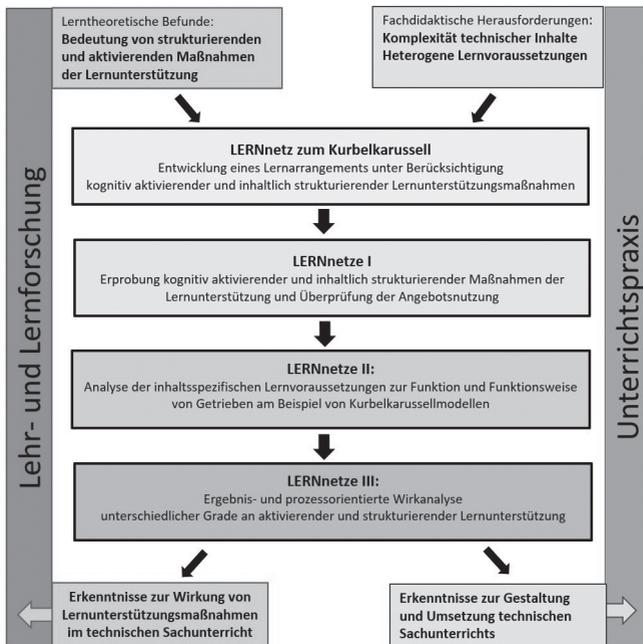


Abb. 1: Übersicht über das Forschungsprojekt LERNnetze und die zugehörigen Teilstudien

von Lehr- und Lernsituationen im technischen Sachunterricht über das konkrete Thema der Kurbelkarusselle hinaus abgeleitet werden. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Maßnahmenerprobung und -weiterentwicklung sowie die forschungsmethodische Umsetzung vorgestellt. Im Folgenden werden dazu zunächst die lerntheoretischen, konzeptionellen und didaktischen Hintergründe des entwickelten LERNnetzes näher betrachtet.

## 2 Lernunterstützung durch LERNnetze

LERNnetze weisen enge Bezüge zum Entdeckenden Lernen nach Bruner (1961) auf. Im Sinne des guided discovery learning (vgl. de Jong & van Joolingen 1998) werden aber inhaltliche Strukturierungs- und kognitive Aktivierungsmaßnahmen genutzt (vgl. Adamina u. a. 2017), um den Unterrichtsgegenstand für die Lernenden besser lern- und verstehbar zu machen und sie zum Nachdenken und Erforschen anzuregen. Die Befunde der empirischen Unterrichtsforschung belegen die Bedeutung dieser Verknüpfung normativer Prinzipien eines „guten“ Unterrichts mit den lerntheoretischen Erkenntnissen eines „effektiven Unterrichts“ (Berliner 2005; Kunter & Ewald 2016).

## 2.1 Anregende und strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung im LERNnetz

Die inhaltliche Strukturierung und die kognitive Aktivierung der Lernenden gelten als essentielle tiefenstrukturelle Merkmale der Unterrichtsqualität. Adamina u. a. (2017) konkretisieren diese beiden Dimensionen der Unterrichtsqualität, indem sie spezifische Maßnahmen der Lernunterstützung für das naturwissenschaftliche Lernen im Sachunterricht ableiten. Die kognitiv anregenden Maßnahmen der Lernunterstützung (siehe Tab. 1) sollen die Lernenden durch „[...] Bewusst-Machen, durch Ko-Konstruktion und Dialog in der Lerngemeinschaft“ kognitiv so aktivieren, dass die vorhandenen Vorstellungen erweitert, verknüpft oder umstrukturiert werden können (Möller 2016, 57). Die inhaltlich strukturierenden Maßnahmen der Lernunterstützung zielen darauf ab, Unterrichtsgegenstände für die Lernenden „besser lern- und verstehbar zu machen“ (Kleickmann 2012, 8).

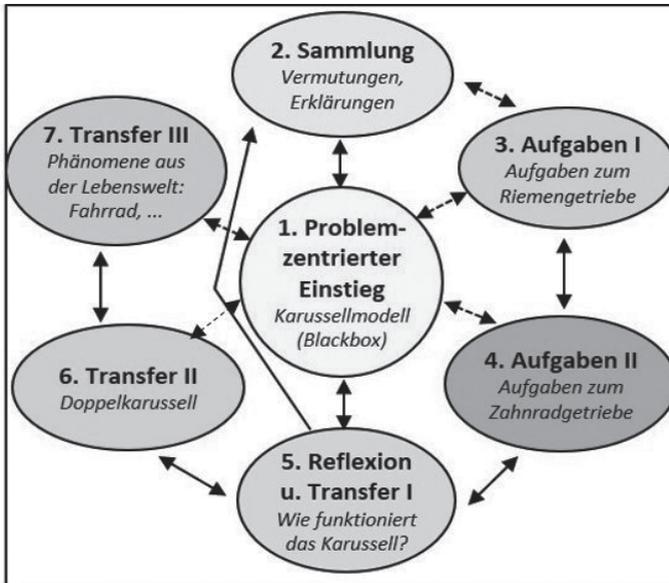
**Tab. 1:** Anregende und strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u. a. 2017)

	Kognitiv anregende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)		Inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)
KA 1	Vorhandene Vorstellungen erschließen	IS 1	Sequenzieren
KA 2	Kognitive Konflikte auslösen	IS 2	Zielklarheit schaffen
KA 3	Vorstellungen aufbauen bzw. weiterentwickeln	IS 3	Auf sprachliche Klarheit achten
KA 4	Anwendung von Konzepten ermöglichen	IS 4	Hervorheben
KA 5	Austausch über Vorstellungen und Konzepte anregen	IS 5	Zusammenfassen
KA 6	Über Lerninhalte und -wege nachdenken	IS 6	Veranschaulichen
KA 7	Herausfordernde Aufgaben stellen	IS 7	Modellieren

Über das naturwissenschaftliche Lernen hinaus bieten diese beiden Maßnahmenbereiche aufgrund der vielfältigen Spezifizierungsmöglichkeiten und des zugrunde liegenden kognitiv-konstruktivistischen Erkenntnisverständnisses gewinnbringende Ansatzpunkte für die weiteren Perspektiven des Sachunterrichts, insbesondere auch für das technische Lernen und den Kompetenzbereich der

Technischen Analyse, wie am Beispiel des LERNnetzes zum Kurbelkarussell verdeutlicht werden kann (vgl. Kap. 2.2).

Ein LERNnetz besteht aus einer problemzentrierten Einstiegssequenz, verschiedenen Aufgaben und Versuchen, die das zentrale Phänomen oder den zentralen Sachverhalt aufgreifen, Reflexions- und Transferphasen sowie weiterführenden Transferaufgaben (siehe Abb. 2).



**Abb. 2:** Bearbeitungs- und Transferphasen im LERNnetz am Beispiel des LERNnetzes zum Kurbelkarussell

Dieser transfer- und problemorientierte Aufbau von LERNnetzen ist auf die Implementierung der anregenden und strukturierenden Maßnahmen der Lernunterstützung zurückzuführen (vgl. Adamina u. a. 2017). Die Bearbeitung und vor allem der Vergleich der einzelnen Aufgaben und Versuche soll es den Lernenden ermöglichen, Zusammenhänge und Analogien zu erkennen sowie Erklärungen, Gesetzmäßigkeiten und Funktionsprinzipien ableiten und übertragen zu können (*KA 4: Anwendung von Konzepten ermöglichen*). Um diesen transferorientierten Wissenserwerb zu gewährleisten, erfolgt die Umsetzung und Bearbeitung eines LERNnetzes in aufeinanderfolgenden Phasen, deren Anzahl und Ausgestaltung in Abhängigkeit von der thematischen Ausrichtung durchaus variieren kann. Entscheidend ist, dass die einzelnen Bearbeitungsphasen nicht isoliert nebeneinanderstehen, sondern auf unterschiedlichen Ebenen direkt oder indirekt miteinander verknüpft sind (*IS 1: Sequenzieren*). Aus der so entstehenden Netzstruktur

tur resultiert schließlich auch die Bezeichnung für das Lernarrangement. Der problemzentrierte Einstieg dient der Aufmerksamkeitsfokussierung und soll die Schüler\*innen anregen, sich mit der Fragestellung auseinanderzusetzen und diese zu fokussieren (*KA 7: Herausfordernde Aufgaben stellen/IS 2: Zielklarheit schaffen*). In der Sammlungsphase werden die Vermutungen, Ideen und Lösungsansätze der Kinder dokumentiert (*KA 1: Vorhandene Vorstellungen erschließen*). Die Aufgabenformate sind so gewählt, dass die grundlegenden Hintergründe durch unterschiedliche Repräsentationsformen veranschaulicht werden können (*IS 6: Veranschaulichen*). Außerdem wird hier darauf geachtet, klare, sach- und lernendengemäße Formulierungen zu verwenden (*IS 3: Auf sprachliche Klarheit achten*).

In den Arbeits-, Reflexions- und Transferphasen können darüber hinaus weitere Lernunterstützungsmaßnahmen integriert und genutzt werden (z. B. *KA 2: Kognitive Konflikte auslösen/IS 7: Modellieren*). Die auf diese Weise entwickelten LERNnetze stellen gewissermaßen eine unterrichtsmethodische Vorlage dar, auf deren Basis die weiterführenden lerngegenstandsspezifischen Konkretisierungen vorgenommen werden können. Bislang wurden LERNnetze zu verschiedenen technischen Themenbereichen für dritte und vierte Grundschulklassen konzipiert, wie z. B. zum Funktionsprinzip der Wassermühle (Dölle 2019) und des Kurbelkarussells (Dölle in Vorb.) sowie zur Funktion der Strebe im Fachwerkgefüge (Boemke 2017). Das Lernarrangement erweist sich aber auch für die Auseinandersetzung mit perspektivübergreifenden analysierenden Fragestellungen als geeignet (z. B. „Wie funktioniert die Taschenlampe?“ (Schmidt 2018) oder „Auf den Spuren von Plastik – Sollte Plastik verboten werden?“ (Scheitz 2019)). Die für die Nutzung und Umsetzung von LERNnetzen jeweils notwendige unterrichtsgegenstandsspezifische Konkretisierung der implementierten Unterstützungsmaßnahmen wird im Folgenden anhand des LERNnetzes zum Kurbelkarussell verdeutlicht.

## 2.2 Konkretisierung der Unterstützungsmaßnahmen im LERNnetz zum Kurbelkarussell

Das Lernarrangement zum Kurbelkarussell fokussiert die Förderung der perspektivbezogenen Denk-, Arbeits- und Handlungsweise „Technik und Arbeit erkunden und analysieren“ (GDSU 2013, 66). Die Schüler\*innen erhalten die Gelegenheit, einen einfachen mechanischen Gegenstand zu untersuchen, und sollen auf diesem Wege die Funktionsweise und den Nutzen von Getrieben erkennen und auf Geräte und Maschinen der Alltagswelt übertragen (vgl. Dölle in Vorb.). Als Einstiegsimpuls in die Unterrichtssequenz wird den Kindern das Kurbelkarussell, ein Blackbox-Kartonmodell mit einer bedruckten „Karussellscheibe“ und einer Kurbel präsentiert. Die Kinder werden aufgefordert zu vermuten, was passiert, wenn man an der Kurbel dreht. Hieraus ergibt sich die erste Forscher\*innenfrage: „Wieso dreht sich das Karussell, wenn man an der Kurbel dreht?“ Im Gespräch werden erste Vermutungen und Erklärungen besprochen, im Anschluss fertigen die

Kinder eine Sachzeichnung an. Anschließend werden den Kindern die weiteren Änderungen der Karusselleinstellung vorgeführt. Ausgehend von der Grundeinstellung (gleichbleibende Übersetzung – gleiche Drehrichtung) wird zunächst die Drehzahl erhöht und dann verringert und daran anschließend die Drehrichtung verändert. Dazu öffnet die Lehrperson jeweils den Kartondeckel und nimmt die entsprechenden Änderungen am Riemengetriebe vor, ohne dass die Schüler\*innen dies sehen können. Aus den Beobachtungen der Kinder ergeben sich die weiteren Forscher\*innenfragen: *Wie kann die Geschwindigkeit verändert werden? Wie kann die Drehrichtung verändert werden?*

Zur Erarbeitung der Forscher\*innenfragen erhalten die Schüler\*innen Fertigungsaufgaben und strukturierte Montageaufgaben zum Riemen- und zum Zahnradgetriebe, welche die grundlegenden Konstruktions- und Funktionsprinzipien veranschaulichen und die Lernenden unterstützen sollen, Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge abzuleiten und auf das Kurbelkarussell zu übertragen (vgl. Dölle in Vorb.).

Im Kontext des vorliegenden Forschungsprojektes wurden für das LERNnetz zum Kurbelkarussell drei unterschiedliche Grade der Lernunterstützung realisiert, die additiv aufeinander aufbauen. Jedem Unterstützungsgrad wurden dabei Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen gemäß Adamina u. a. (2017) zugeordnet (siehe Tab. 2).

**Tab. 2:** Unterschiedliche Grade der Lernunterstützung im LERNnetz zum Kurbelkarussell

	<b>IMPLIZITE Lernunterstützung</b>	<b>MODERAT EXPLIZITE Lernunterstützung</b>	<b>INTENSIV EXPLIZITE Lernunterstützung</b>
<b>Maßnahmen der Lernunterstützung</b>			KA 2 KA 6 IS 5 IS 7
		KA 3 KA 5 IS 4	KA 3 KA 5 IS 4
	KA 1 KA 4 KA 7 IS 1 IS 2 IS 3 IS 6	KA 1 KA 4 KA 7 IS 1 IS 2 IS 3 IS 6	KA 1 KA 4 KA 7 IS 1 IS 2 IS 3 IS 6

Die Stufung erfolgt unter quantitativen und qualitativen Gesichtspunkten: Zum einen nimmt die Anzahl der Maßnahmen stetig zu, zum anderen erhöht sich die Intensität der kognitiven Aktivierungsmaßnahmen sowie der inhaltlichen Strukturierungsmaßnahmen.

Die zusätzlichen Maßnahmen werden jeweils in der Reflexions- und der Transferphase des LERNnetzes eingesetzt.

Das LERNnetz mit *impliziter Lernunterstützung* umfasst insgesamt drei Aktivierungs- und vier Strukturierungsmaßnahmen, die auf die technische Lehr- und Lernsituation übertragen und unter perspektiv- und unterrichtsgegenstandsspezifischen Gesichtspunkten konkretisiert wurden (siehe Tab. 3).

**Tab. 3:** Maßnahmen der Lernunterstützung im LERNnetz mit impliziter Lernunterstützung

	Kognitiv anregende und inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)	Umsetzung im LERNnetz zum Kurbelkarussell
KA 1	Vorhandene Vorstellungen erschließen	Anfertigung einer Sachzeichnung zum Kurbelkarussell
KA 7	Herausfordernde Aufgaben stellen	Kurbelkarussell als Blackbox
KA 4	Anwendung von Konzepten ermöglichen	Transferorientierte Aufgabenstellungen: Transfer auf Mini-Karussells und Blackbox
IS 2	Zielklarheit	Fokussierung der Forscherfragen
IS 1	Sequenzierung	1. Riemengetriebe: - Fertigungsaufgaben zu Weiterleitung, Übersetzung und Drehrichtung - Montage Mini-Karussell 2. Zahnradgetriebe: Aufgaben s.o. 3. Transfer auf Blackbox
IS 6	Veranschaulichen	Fertigungs- und Montagmaterial: Riemenscheiben und Zahnräder, Mini-Karussells
IS 3	Auf sprachliche Klarheit achten	z.B.: Angaben zur Drehrichtung und zur Übersetzung werden als Antwortformate zur Auswahl vorgegeben

Das LERNnetz mit *moderat expliziter Lernunterstützung* umfasst zusätzlich zwei Aktivierungs- und eine Strukturierungsmaßnahme (siehe Tab. 4). In der Transferphase werden hier unter anderem Modelle als Repräsentanten der Aufgabenformate (Zahnrad- und Riemengetriebe mit unterschiedlicher Drehrichtung und Übersetzung ins Schnelle bzw. ins Langsame) vergleichend betrachtet. Die Ler-

nenden sollen hierdurch angeregt und unterstützt werden, Gemeinsamkeiten in den Wirkprinzipien (genotypische Ähnlichkeiten) zu erkennen.

**Tab. 4:** Zusätzliche Maßnahmen der Lernunterstützung im LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung

	Kognitiv anregende und inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)	Umsetzung im LERNnetz zum Kurbelkarussell
KA 3	Vorstellungen aufbauen und weiterentwickeln	Die bearbeiteten Aufgabenformate werden vergleichend betrachtet und auf Gemeinsamkeiten hin untersucht.
KA 5	Austausch über Vorstellungen und Konzepte anregen	Die Lehrperson erfragt nach Öffnung der Blackbox, wie eine bestimmte Übersetzung/ Drehrichtung realisiert werden kann. Die Antwortfindung soll durch gemeinsamen Austausch erfolgen.
IS 4	Hervorheben	Die Lehrkraft hebt wichtige Äußerungen hervor.

Das LERNnetz mit *intensiv expliziter Lernunterstützung* umfasst zusätzlich zwei Aktivierungs- und zwei Strukturierungsmaßnahmen (siehe Tab. 5).

**Tab. 5:** Zusätzliche Maßnahmen der Lernunterstützung im LERNnetz mit intensiv expliziter Lernunterstützung

	Kognitiv anregende und inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lernunterstützung (Adamina u.a. 2017)	Umsetzung im LERNnetz zum Kurbelkarussell
KA 6	Über Lerninhalte und -wege nachdenken	Die Lernenden erhalten ihre Sachzeichnung zurück und sollen benennen, ob und was sie nun ändern/anders darstellen würden.
KA 2	Kognitive Konflikte auslösen	Die Lehrkraft problematisiert, wirft Rückfragen auf und deutet auf Widersprüche hin: „Gerade habt ihr aber gesagt, das Karussell dreht sich schneller, wenn das kleine Zahnrad mit der Kurbel verbunden ist.“
IS 5	Zusammenfassen	Die Lehrkraft fasst zusammen.
IS 7	Modellieren	Die Lehrkraft agiert modellierend: „Wenn ich also das Band so kreuze, dann ändert sich die Richtung.“

Durch den Rückbezug auf die angefertigte Sachzeichnung soll die Gelegenheit geschaffen werden, über Veränderungen in den eigenen Vorstellungen nachzudenken. Auch die weiteren Maßnahmen zielen darauf ab, die Lernenden zu einer vertiefenden Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand anzuregen.

### 3 Erprobung der Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen und Überprüfung der Angebotsnutzung

Angebots-Nutzungs-Modelle verdeutlichen, dass die Qualität unterrichtlicher Wirkungen von der „Qualität des Bildungsangebots“, aber vor allem auch von der „Qualität der Angebotsnutzung“ bestimmt wird (Reusser & Pauli 2010, 18). Helmke (2010) betont, dass die individuellen Lernvoraussetzungen für das Lernen von besonderer Bedeutung sind. Schüler\*innen nutzen unterrichtliche Angebote je nach Wahrnehmung und Interpretation gemäß des individuellen Lernpotenzials, der Vorkenntnisse, der Motivation und des Selbstkonzeptes. Im Zuge der Unterrichtsentwicklung ist es daher von besonderer Bedeutung, Unterrichtsangebote im Hinblick auf die resultierenden Lernaktivitäten zu analysieren, um

entsprechende Rückschlüsse im Hinblick auf die Gestaltung von Lehr-Lernsituationen ziehen zu können. Dies gilt es auch bei den hier entwickelten LERNnetzen zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse einer ersten Pilotierung des LERNnetzes mit impliziter Lernunterstützung verdeutlichten bereits, dass einige der lerngegenstandsspezifisch konkretisierten Maßnahmen nicht in intendierter Weise von den Lernenden genutzt wurden. Im Rahmen dieser ersten Voruntersuchung wurde das Lernarrangement mit vier Kleingruppen einer dritten Grundschulklasse ( $n = 26$ ) durchgeführt und überprüft, inwieweit die Maßnahmen die Lernenden bei der Bearbeitung kognitiv aktivieren, motivieren und extrinsisch belasten. Die Analyse erfolgte mittels teilstandardisierter Beobachtung des Unterrichtsgeschehens durch drei Beobachter\*innen. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass die Schüler\*innen angeregt wurden und motiviert waren, das Funktionsprinzip des Kurbelkarussells zu entdecken. Die extrinsische kognitive Belastung wurde allerdings als hoch eingeschätzt. Auf Basis der Beobachtungen konnten konkrete Ursachen und Hemmnisse abgeleitet werden: Die Arbeitsaufträge bei der Erarbeitung des Drehrichtungswechsels und der Übersetzungsverhältnisse waren für die Lernenden zu offen formuliert und nicht klar verständlich (IS 3). Besondere Schwierigkeiten bereitete es den Schüler\*innen, die Anzahl der Umdrehungen zu verbalisieren. Auch die Sequenzierung – die Fertigungsaufgaben zum Riemen- und zum Zahnradgetriebe wurden parallel bearbeitet – ermöglichte es ihnen nicht, die angestrebten Inhalte umfassend verstehen zu können (IS 1). Die Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen wurden daher entsprechend weiterentwickelt und optimiert (siehe Tab. 3). Es gilt nun zu überprüfen, inwieweit diese bereits optimierten, aber vor allem auch die weiteren Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen in den beiden anderen LERNnetzvarianten (siehe Tab. 4 und 5) die Lernenden zum Nachdenken und Erforschen des technischen Lehrgegenstandes anregen und darin unterstützen, die technischen Funktions- und Konstruktionsprinzipien nachzuvollziehen. Es wird daher folgende zentrale Forschungsfrage formuliert:

*Inwieweit werden die lerngegenstandsspezifisch konkretisierten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen von den Schüler\*innen in intendierter Weise genutzt?*

### 3.1 Forschungsdesign und methodische Schritte

Zur Erprobung und Überprüfung der konkretisierten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen wurden die LERNnetze mit impliziter, moderat expliziter und intensiv expliziter Lernunterstützung bislang in zwei iterativen Erhebungszyklen mit Schüler\*innen der Jahrgangsstufe 3 ( $n = 38$ ) durchgeführt. Die beiden teilnehmenden Klassen A und B wurden gemäß der individuellen sachunterrichtsspezifischen Lerneingangsvoraussetzungen intern in jeweils drei leistungsheterogene Kleingruppen mit je fünf bis sieben Lernenden eingeteilt. Der hierfür

entwickelte Einschätzungsbogen basiert im Schwerpunkt auf den perspektivübergreifenden Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen des Sachunterrichts (GDSU 2013, 13), die Einschätzung wurde von den Fachlehrer\*innen vorgenommen.

Die Analyse der Unterstützungsmaßnahmen erfolgte mittels teilstandardisierter Beobachtung. Zwei geschulte Beobachter\*innen nahmen hospitierend am Unterrichtsgeschehen teil und schätzten die Angebotsnutzung durch die Lernenden mit Hilfe eines Beobachtungsmanuals ein (vgl. Kap. 3.2). Den Prinzipien der fachdidaktischen Entwicklungsforschung folgend (Prediger u. a. 2012) wurden die im ersten Erhebungszyklus (A) gewonnenen Ergebnisse ausgewertet, Entwicklungspotenziale abgeleitet und Optimierungen vorgenommen. Im anschließenden zweiten Erhebungszyklus (B) erfolgte dann eine erneute Überprüfung der (ggf.) weiterentwickelten Unterstützungsmaßnahmen.

Die prozessspezifischen Strukturierungsmaßnahmen „Hervorheben“ (IS 4) und „Zusammenfassen“ (IS 5) wurden nicht im Hinblick auf die Angebotsnutzung überprüft, da hier keine direkte Reaktion erwartet wurde.

### 3.2 Datenerhebung und -auswertung

Als Erhebungsinstrument wurde ein teilstandardisiertes Beobachtungsmanual entwickelt und genutzt. Im Manual werden die jeweiligen Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen aufgeführt und ihre konkrete Umsetzung im LERNnetz dargelegt. Zur Überprüfung der intendierten Nutzung wurden verhaltensnahe und beobachtbare Indikatoren generiert. Diese Items beschreiben eine idealtypische Nutzung der jeweiligen Aktivierungs- oder Strukturierungsmaßnahmen (siehe z. B. Tab. 6)

**Tab. 6:** Auszug aus dem Beobachtungsmanual

Kognitiv anregende Maßnahme der Lernunterstützung	<b>ANGEBOT:</b> Umsetzung im LERNnetz zum Kurbelkarussell	<b>NUTZUNG:</b> Intendierte Nutzung auf Seite der Schüler*innen
Austausch über Vorstellungen und Konzepte anregen (KA 5)	Die Lehrperson nimmt eine Einstellung am Karussell vor oder erfragt, wie eine bestimmte Drehgeschwindigkeit oder -richtung eingestellt werden kann.	Die Schüler*innen tauschen sich untereinander über die notwendigen Einstellungen; bzw. die resultierenden Karussellbewegungen aus.
Über Lerninhalte und -wege nachdenken (KA 6)	Die Lernenden erhalten ihre Sachzeichnungen zurück. Sie sollen benennen, was sie nun ändern würden.	Die Schüler*innen benennen Änderungen oder Ergänzungen zu ihrer Zeichnung.

Im Rahmen der Beobachtung wurde eingeschätzt, inwieweit die tatsächliche Angebotsnutzung durch die Lernenden mit diesem Ideal übereinstimmt.

Die Einschätzung erfolgte unter Berücksichtigung der Verteilung des gezeigten Verhaltens innerhalb der Lerngruppe. Den Beobachter\*innen lag eine fünfstufige Antwortskala vor. Im Rahmen der quantitativen Datenauswertung wurden den jeweiligen Einschätzungen Zahlenwerte zugeordnet (siehe Tab. 7).

**Tab. 7:** Einschätzungsskala und zugehörige Zahlenwerte

Trifft völlig zu	Trifft zu	Trifft über- wiegend zu	Trifft teilweise zu	Trifft nicht zu
5	4	3	2	1

Zur Gewährleistung der Objektivität und Reliabilität wurden die Einschätzungen von zwei Beobachter\*innen vorgenommen. Die Durchführungsobjektivität und die Validität wurden durch das Festlegen von Einschätzungsregeln und eine Beobachterschulung gesichert. Zusätzlich diente eine Probebeobachtung der interpersonellen Konsensbildung.

Wie bei hoch inferenten Verfahren üblich, wurde zur Überprüfung der Beobachterurteile die tendenzielle Beobachterübereinstimmung kontrolliert (vgl. Gabriel 2014). Einschätzungen gelten als tendenziell übereinstimmend, wenn die Differenz zwischen den Urteilen nicht größer als 1 ist. Darüber hinaus wurde festgelegt, dass mindestens 80 % der Einschätzungen tendenziell übereinstimmen müssen.

Zusätzlich zu den standardisierten Einschätzungen umfasst das Beobachtungsmaterial offene Beobachtungsfelder zu jeder Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahme. Die Beobachter\*innen sind hier aufgefordert, konkrete Unterrichtssituationen zu schildern, Schüleräußerungen festzuhalten, die beobachtbaren Lernaktivitäten und wahrnehmbare Schwierigkeiten oder Hemmnisse, aber auch erkennbare Lernchancen zu dokumentieren.

Im Rahmen der Analyse werden diese offenen Beobachtungsergebnisse genutzt, um die standardisierten Einschätzungen validieren und konkretisieren zu können. Die Befunde können so bestätigt, Ursachen und Optimierungsmöglichkeiten abgeleitet und bei der Weiterentwicklung berücksichtigt werden.

### 3.3 Darlegung, Interpretation und Diskussion der Ergebnisse: LERNnetz mit impliziter Lernunterstützung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Überprüfung der Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen im LERNnetz mit impliziter Lernunterstützung anhand der gemittelten Beobachter\*innenurteile dargelegt (siehe Abb. 3). Die

vorliegenden Beobachterurteile weisen eine tendenzielle Übereinstimmung von 100 % auf.

Die gemittelten Einschätzungen deuten darauf hin, dass die konkretisierten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen von der Mehrheit der Lernenden in intendierter Weise genutzt werden konnten. In Bezug auf die Forschungsfrage ein zufriedenstellendes Ergebnis, zumal sich auch die vorgenommenen Weiterentwicklungen auf Basis der Pilotierungsergebnisse in den Bereichen sprachliche Klarheit (IS 3) und Sequenzierung (IS 1) zu bewähren scheinen.

Es lässt sich darüber hinaus ableiten, dass die Fertigungs- und Montagematerialien zur Veranschaulichung der Funktions- und Konstruktionsprinzipien des Riemengetriebes (IS 6 Entdecken Riemengetriebe und Montage Karussell Riemen) von den Schüler\*innen gewinnbringend genutzt werden konnten.

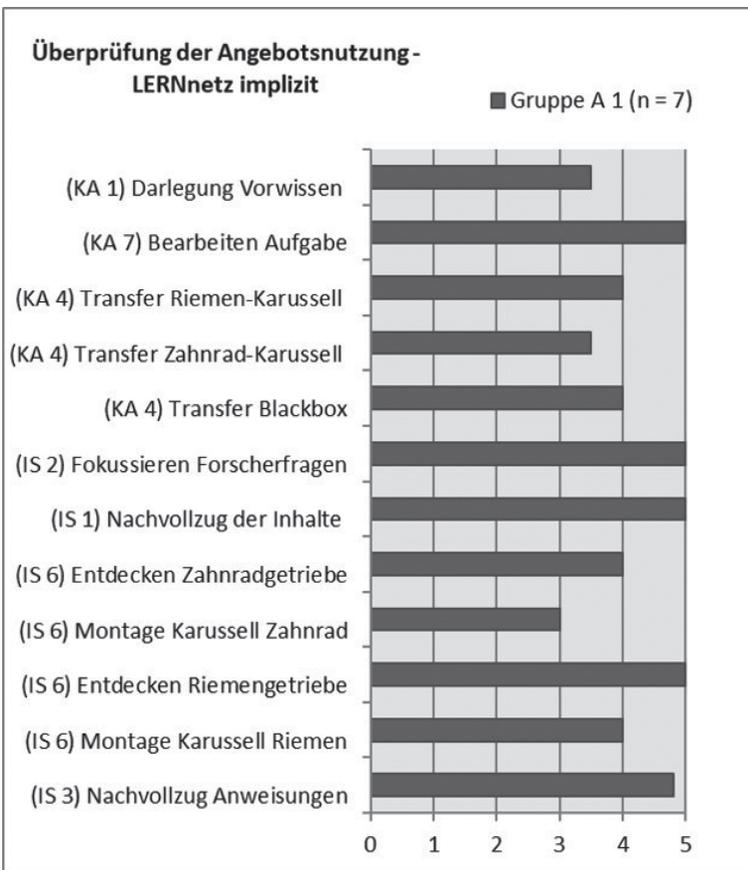


Abb. 3: Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNNetz mit impliziter Lernunterstützung (A1)

Dies scheint bei den Materialien zum Zahnradgetriebe nicht umfänglich der Fall zu sein (IS 6 Montage Karussell Zahnrad). Die Eintragungen in den Beobachtungsprotokollen deuten hier auf einen Optimierungsbedarf hinsichtlich der Materialerklärung (Verwendung der Steckplatten beim Mini-Karussell) und Aufgabenbeschreibung (Nutzung von Klebepunkten zur Drehzahlbestimmung, Klärung und Konkretisierung des Beobachtungsauftrages) hin. Diese Weiterentwicklungen wurden im zweiten Erhebungszyklus umgesetzt. Aus den Überprüfungsergebnissen (siehe Abb. 4) lässt sich ableiten, dass die zusätzlichen Erläuterungen die Anschaulichkeit der Materialien erhöht und das Anwenden der Konstruktionsprinzipien erleichtert haben. Zur Ergebnissicherung sollten die Maßnahmen allerdings mindestens einem weiteren Überprüfungszyklus unterzogen werden. Die Ergebnisse der Aktivierungsmaßnahme „Vorstellungen erschließen“ (KA 1) zeigen in beiden Erhebungszyklen mittlere Ausprägungen. In den Einstiegssequenzen wurde ersichtlich, dass nicht alle Schüler\*innen ihre Vorstellungen zum Kurbelkarussell verbal mitteilten, eine Sachzeichnung wurde jedoch von allen erstellt. Hier wurde bislang daher kein Optimierungsbedarf abgeleitet, zumal davon auszugehen ist, dass die Zurückhaltung in der Gesprächsphase auch auf das technikbezogene Selbstkonzept oder die technischen Lernerfahrungen zurückzuführen sein könnte und somit nicht von der Qualität der Aktivierungsmaßnahme abhängt.

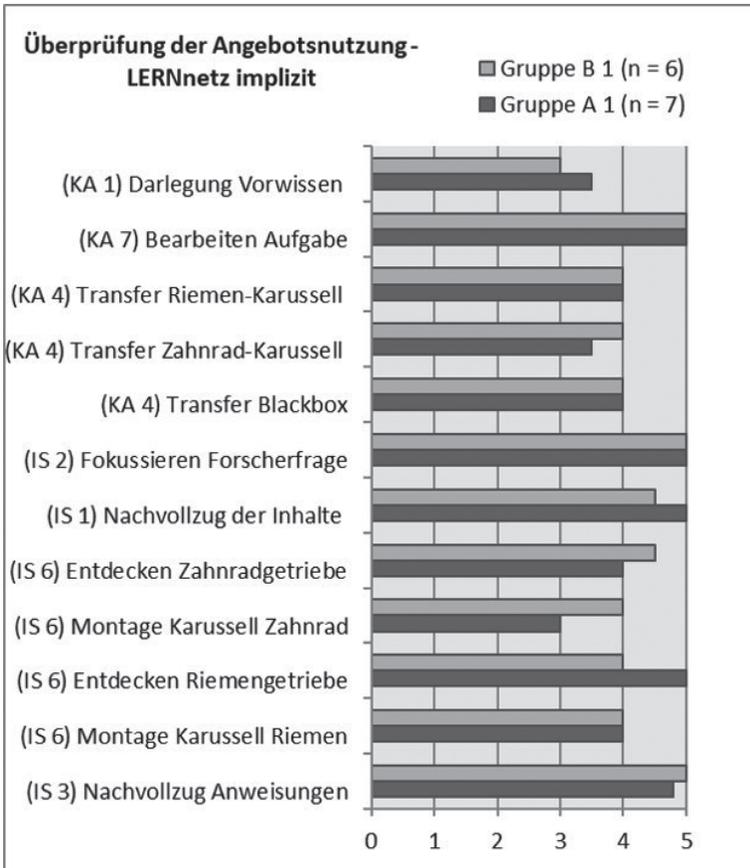
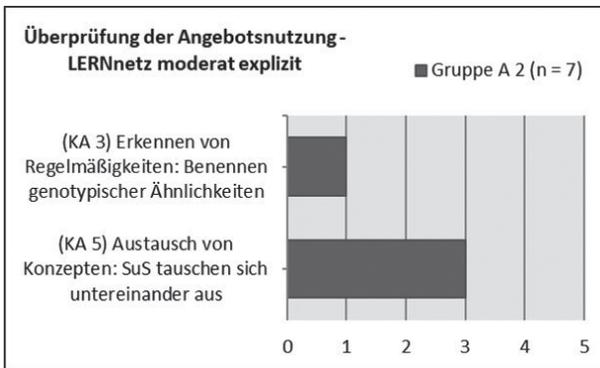


Abb. 4: Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit impliziter Lernunterstützung (A1 und B1)

### 3.4 Darlegung, Interpretation und Diskussion der Ergebnisse: LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung

Die Überprüfungsergebnisse der zusätzlichen Aktivierungsmaßnahmen im LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung belegen, dass die Maßnahme „Vorstellungen aufbauen und weiterentwickeln“ (KA 3) nicht in intendierter Weise von den Lernenden genutzt wurde. Im Hinblick auf den Austausch von Konzepten (KA 5) zeigt sich eine mittlere Ausprägung der Angebotsnutzung (siehe Abb. 5). Die vorliegenden Beobachterurteile weisen eine tendenzielle Übereinstimmung von 100 % auf.

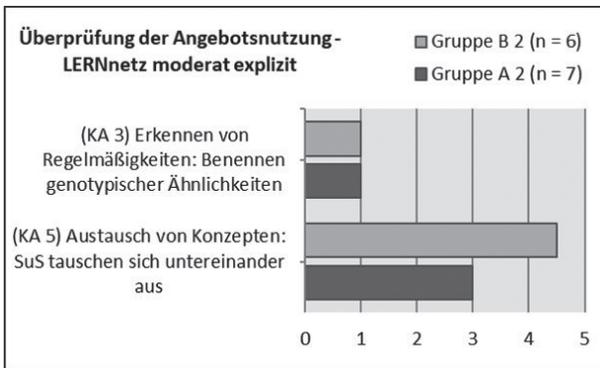


**Abb. 5:** Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung (A2)

Im Hinblick auf die Benennung genotypischer Ähnlichkeiten (KA 3) belegen die Ergebnisse einen deutlichen Optimierungsbedarf. Um die Lernenden in der Transferphase anzuregen, Regelmäßigkeiten und Zusammenhänge zu entdecken, wurden Repräsentanten der einzelnen Aufgabenformate genutzt. Auf die Frage, welche Aufgaben etwas gemeinsam haben, wurden von den Lernenden jedoch ausschließlich phänotypische Gemeinsamkeiten („Die sind alle mit Zahnrädern.“; „Hier gibt es immer eine große und eine kleine Scheibe.“, etc.) benannt. Da noch nicht abgeschätzt werden konnte, ob die hier zu beobachtende Nutzung lerngruppenspezifisch zu interpretieren ist und auch keine Möglichkeiten der Optimierung aus den beobachteten Lernaktivitäten hervorgingen, wurden vorerst keine Weiterentwicklungen vorgenommen.

Zur Anregung des Austauschs über die eigenen Konzepte (KA 5) sollten die Lernenden absprechen, wie eine bestimmte Karussellbewegung umgesetzt werden könnte. Hier wurde ersichtlich, dass sich zurückhaltende Schüler\*innen kaum in die Gruppendiskussion einbrachten. Als mögliche Optimierung wurde festgelegt, dass der Austausch zunächst in Partnergruppen erfolgen und dann auf die Gesamtgruppe übertragen werden sollte.

Die Ergebnisse des zweiten Erhebungszyklus deuten darauf hin, dass diese Aktivierungsmaßnahme nun in intendierter Weise von fast allen Lernenden genutzt werden konnte (siehe Abb. 6).



**Abb. 6:** Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung (A2 und B2)

Im Hinblick auf die Benennung genotypischer Ähnlichkeiten zeigen die Ergebnisse allerdings erneut, dass die Maßnahme nicht in intendierter Weise genutzt wurde. Nach Auswertung der Beobachtungsprotokolle wurde ersichtlich, dass die Aufmerksamkeit der Lernenden vermutlich durch die Fragestellung der Lehrkraft „*Welche Aufgaben haben etwas gemeinsam?*“ auf die äußerlichen Ähnlichkeiten gelenkt wurde. Zur Optimierung erschien es daher sinnvoll, die Frage stärker auf ähnliche Beobachtungen auszurichten: „*Bei welchen Aufgaben konntest du etwas Ähnliches beobachten?*“ Um mögliche Änderungen in der Angebotsnutzung überprüfen zu können, wurde die Maßnahme im Rahmen der Durchführung des LERNnetzes mit intensiv expliziter Lernunterstützung einer dritten Analyse unterzogen (siehe Abb. 7). Die Ergebnisse lassen den Rückschluss zu, dass durch die Änderung der Fragestellung der Aufmerksamkeitsfokus der Lernenden gelenkt werden konnte. Es gelang ihnen nun, die Übersetzung ins Schnelle und ins Langsame beim Zahnrad- und beim Riemengertriebe zu benennen und zu erläutern. Zur Ergebnissicherung sollten die Maßnahmen allerdings weiteren Überprüfungszyklen unterzogen werden.

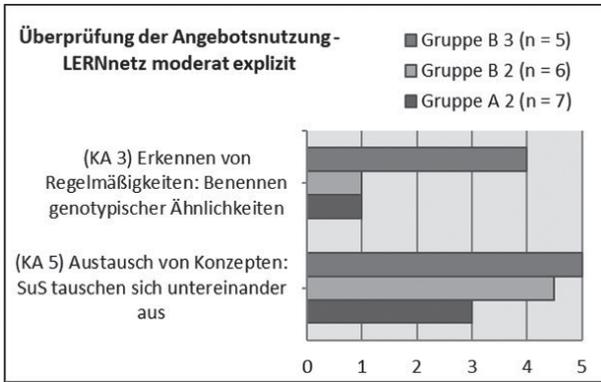


Abb. 7: Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit moderat expliziter Lernunterstützung (A2, B2 und B3)

### 3.5 Darlegung, Interpretation und Diskussion der Ergebnisse: LERNnetz mit intensiv expliziter Lernunterstützung

Die Überprüfungsergebnisse beider Erhebungszyklen der zusätzlichen Unterstützungsmaßnahmen im LERNnetz mit intensiv expliziter Lernunterstützung belegen, dass die Maßnahmen von den Lernenden in intendierter Weise genutzt werden konnten (siehe Abb. 8). Die vorliegenden Beobachterurteile weisen eine tendenzielle Übereinstimmung von 100 % auf.

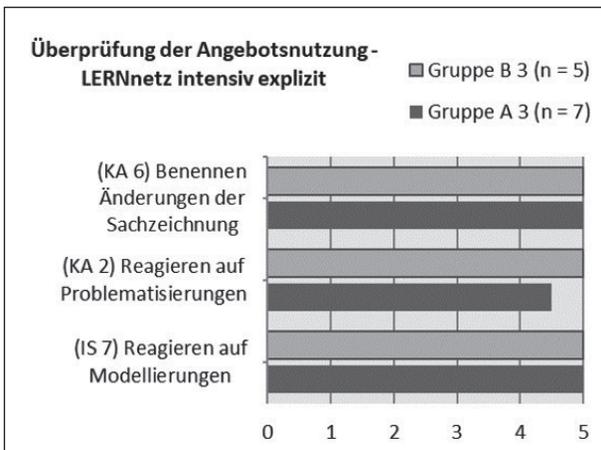


Abb. 8: Einschätzung der Angebotsnutzung – LERNnetz mit intensiv expliziter Lernunterstützung (A3 und B3)

In Bezug auf die Forschungsfrage zeigt sich hier ein äußerst zufriedenstellendes Ergebnis.

Besonders eindrücklich war zu beobachten, dass die Lernenden die Entwicklung des eigenen Wissens anhand der Sachzeichnung reflektieren und neue Erkenntnisse verbalisieren und integrieren konnten.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

In Bezug auf die Forschungsfrage zeigen die Ergebnisse, dass die Mehrzahl der konkretisierten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen von den Lernenden in intendierter Weise genutzt werden konnten. Neben diesen bestätigenden Befunden konnten im Rahmen der unterrichtlichen Erprobung aber auch Entwicklungsbedarfe offengelegt und wesentliche Impulse für die Weiterentwicklung von drei Aktivierungsmaßnahmen und einer Strukturierungsmaßnahme abgeleitet werden. Die Mehrzahl der vorgenommenen Optimierungen bezieht sich dabei auf die Präzisierung der Beobachtungsaufträge, der Durchführungshinweise und Fragestellungen. Durch den Einsatz der optimierten Anweisungen und Hinweise konnten die Schüler\*innen angeregt und unterstützt werden, Zusammenhänge in den Funktionsprinzipien von Zahnrad- und Riemengetrieben zu erkennen und zu benennen. Die Konstruktionsprinzipien konnten auf die Kurbelkarusselle übertragen und bei der Montage der Karussellmodelle angewendet werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss allerdings einschränkend berücksichtigt werden, dass die in Anlehnung an die Prinzipien der fachdidaktischen Entwicklungsforschung ermittelten Erkenntnisse nicht verallgemeinerbar sind. Im Hinblick auf die weiteren Forschungsschritte im Rahmen der Teilstudie „LERNnetze III“ kommt den vorliegenden Befunden aber eine zentrale Bedeutung zu. Durch die hier vorgenommene unterrichtliche Erprobung und Überprüfung kann zunehmend abgesichert werden, dass die in den LERNnetzen mit impliziter, moderat expliziter und intensiv expliziter Lernunterstützung jeweils eingesetzten Aktivierungs- und Strukturierungsmaßnahmen von den Lernenden auch tatsächlich in intendierter Weise genutzt werden. Zur Kontrolle der Befunde sollten die theoriebasiert generierten Treatmentbedingungen allerdings in wenigstens zwei weiteren iterativen Erhebungszyklen überprüft werden. Auf dieser Basis kann letztlich die Wirkanalyse erfolgen und untersucht werden, wie sich die unterschiedlichen Grade der Lernunterstützung bei heterogenen Lernvoraussetzungen auf den Lernzuwachs und das Lernerleben der Schüler\*innen auswirken.

## Literatur

- Adamina, M., Möller, K., Steffensky, M., Sunder, C. & Wyssen, H.-P. (2017): Maßnahmen der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Kognitiv anregen und inhaltlich strukturieren. VIU-Portal der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.
- Berliner, D.C. (2005): The near impossibility of testing for teacher quality. In: *Journal of Teacher Education*, 56 (3), 205-213.
- Blumberg, E., Möller, K. & Hardy, I. (2004): Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit der Leistungsstärke? In: W. Bos, E. Lankes, N. Plaßmeier & K. Schwippert (Hrsg.): *Heterogenität – Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung*. Münster: Waxmann, 41-55.
- Boemke, S. (2017): Entwicklung und Erprobung eines Lernnetzes zur Stabilität bei Fachwerkhäusern. *Wissenschaftliche Hausarbeit*. Universität Kassel (unveröffentlicht).
- Bruner, J. S. (1961): The act of discovery. In: *Harvard Educational Review*, 31 (1), 21-32.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998): Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. In: *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201.
- Dölle, S. (2019): Kognitive Aktivierung und Strukturierung im technischen Sachunterricht. Videobasierte Unterrichtsanalyse und -entwicklung durch hoch inferente Ratings. In: H. Giest, E. Gläser & A. Hartinger (Hrsg.): *Methodologien der Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 171-195.
- Dölle, S. (in Vorb.): Technik erkunden und analysieren – Wie funktioniert das Kurbelkarussell? In: K. Möller, C. Tenberge und M. Bohrmann (Hrsg.): *Die technische Perspektive konkret*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gabriel, K. (2014). *Videobasierte Erfassung der Unterrichtsqualität im Anfangsunterricht der Grundschule. Klassenführung und Unterrichtsklima in Deutsch und Mathematik*. Kassel: university press.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Helmke, A. (2010): *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (3. Auflage). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Kleickmann, T. (2012): *Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Handreichung des Programms SINUS an Grundschulen*. Kiel: Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011): Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In: M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann, 85-113.
- Kunter, M. & Ewald, S. (2016): Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie. In: N. McElvany, W. Bos, H.G. Holtappels, M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.): *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts*. Münster: Waxmann, 9-31.
- Lipowsky, F. (2009): Unterricht. In: E. Wild & J. Möller (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie*. Berlin: Springer, 73-102.
- Mammes, I. (2001): Förderung des Interesses an Technik durch technischen Sachunterricht. Eine Untersuchung zum Einfluss technischen Sachunterrichts auf die Verringerung von Geschlechtsdifferenzen im technischen Interesse. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Möller, K. (1994): Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. In: L. Duncker & W. Popp (Hrsg.): *Kind und Sache*. Weinheim: Juventa, 225-242.

- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: *Zeitschrift für Pädagogik* (45. Beiheft), 176-191.
- Möller, K. (2016): Bedingungen und Effekte qualitätvollen Unterrichts – ein Beitrag aus fachdidaktischer Perspektive. In: N. McElvany, W. Bos, H.G. Holtappels, M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.): *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts*. Münster: Waxmann, 43-64.
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Thiele, J. & Ralle, B. (2012): Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: *MNU* 65 (8), 452-457.
- Prediger, S., Komorek, M., Fischer A., Hinz, R., Hußmann, S., Moschner, B., Ralle, B. & Thiele, J. (2013): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.): *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster: Waxmann, 9-23.
- Reusser, K. & Pauli, C. (2010): Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität – Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht: Einleitung und Überblick. In: K. Reusser, C. Pauli & M. Waldis (Hrsg.): *Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität. Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann, 9-32.
- Scheitz, N. (2019): *Auf den Spuren von Plastik – Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zur Bildung für nachhaltige Entwicklung. Wissenschaftliche Hausarbeit*. Universität Kassel (unveröffentlicht).
- Schmidt, L. (2018): *Adaptive Entwicklung eines Lernnetzes zur Funktionsweise der Taschenlampe. Wissenschaftliche Hausarbeit*. Universität Kassel (unveröffentlicht).

*Victoria Adenstedt*

## **Attributionen von Grundschulkindern zur Erklärung von Leistungsergebnissen bei technischen Alltagsaufgaben**

### **1 Einleitung**

Mit der technischen Bildung in der Primarstufe wird eine Basis für das technische Lernen gelegt. Hier sollen die Schüler und Schülerinnen anhand von Alltagsbeispielen die Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen der Technik sowie deren Inhaltsfelder kennenlernen (vgl. GDSU 2013). Dabei ist ein Kompetenzgefühl im Umgang mit Technik nicht allein von den erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten abhängig, sondern wird auch von emotionalen und motivationalen Prozessen gesteuert (vgl. Stiensmeier-Pelster & Schwinger 2008). Die Motivation, mit der sich ein Kind mit einer Technikaufgabe auseinandersetzt, und die dabei erlebten Emotionen hängen auch mit zurückliegenden Ursachenzuschreibungen (Kausalattributionen) zusammen (vgl. Eggert u. a. 2014). Folglich beeinflussen Kausalattributionen die Erfolgserwartungen und das zukünftige Lernverhalten von Schülern und Schülerinnen (vgl. Schnotz 2009; Stiensmeier-Pelster & Schwinger 2008). Vorgestellt werden die selbstwertschützenden und selbstwertbedrohenden Attributionsstile von Kindern im Grundschulalter zur Erklärung von Leistungsergebnissen bei technischen Alltagsaufgaben.

### **2 Technikbegriff**

Der Begriff Technik wird oftmals mit komplexen Errungenschaften und Erfindungen assoziiert. Darunter fällt zum Beispiel die Dampfmaschine, die Glühlampe, der Computer oder das Auto. Aber auch simplere technischen Artefakte sind darunter zu verstehen, die im täglichen Leben verwendet werden, wie beispielsweise das Regal, die Zahnbürste, die Lampe, der Dosenöffner oder die Schere. Diese Erfindungen haben lebensweltliche Effekte sozialer, ökologischer, wirtschaftlicher und kultureller Art, welche zur Grundlage der Weiterentwicklung der Zivilisation dienten und damit besonders im Technikbewusstsein der Menschen verankert sind (vgl. Stiftung Haus der kleinen Forscher 2012; Fischer 1996). We-

niger bewusst sind sich die Menschen über die Weite des Technikbegriffs. In diesem Zusammenhang soll daher zunächst definiert werden, was unter dem Begriff Technik zu verstehen ist. Technik lässt sich als etwas „Gemachtes“, „Hervorgebrachtes“ oder „Erzeugtes“ definieren (Banse 2013, 26). Dabei schließt Technik zudem „Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge“ (Mammes 2016, 155) ein und kann als etwas Dynamisches und Wandelbares verstanden werden (vgl. Banse 2017). Eine gültige Begriffsdefinition für Technik stammt von Ropohl. Er beschreibt Technik als

- „[...] die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme),
- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen technische Sachsysteme entstehen und
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen technische Sachsysteme verwendet werden.“ (Ropohl 2009, 31).

Damit Kinder diese Vielfältigkeit von Technik begreifen können, muss der technische Unterricht in der Primarbildung dies hervorheben. Dies bietet den Grundschulern und -schülerinnen die Möglichkeit, ihr Wissen und ihre Erfahrungen zu erweitern, um ein umfassenderes Technikverständnis zu entwickeln (vgl. GDSU 2013, 63f). Wie dies zu gestalten ist, beschreibt der Perspektivrahmen Sachunterricht der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). Er umschließt Bildungsziele für den Sachunterricht, welche auch die technische Perspektive einschließen (vgl. GDSU 2013) und soll nachfolgend herangezogen werden. Dem Perspektivrahmen entsprechend sollen Vorstellungen, die durch Vorerfahrungen geprägt wurden (z. B. Geschlechterstereotypen), bewusst gemacht werden. Mit diesen Vorstellungen sollen sich die Schüler und Schülerinnen im Rahmen des Unterrichts reflektiert auseinandersetzen und sie daraufhin entsprechend weiterentwickeln oder verändern (vgl. GDSU 2013). Im Rahmen der Untersuchung der Attributionsstile von Kindern im Grundschulalter ist ein Ziel der technischen Perspektive im Sachunterricht besonders wichtig:

„Hemmnisse, Ängste und Inkompetenzgefühle im Umgang mit Technik abzubauen, geschlechterspezifische Einstellungen zur Technik zu thematisieren und durch Kompetenzerfahrungen eine rationale und kritische Haltung zur Technik aufzubauen“ (GDSU 2013, 64).

Perspektivbezogene Denk-, Arbeits-, und Handlungsweisen sowie perspektivbezogene Themenbereiche geben dabei einen genauen Überblick, wie diese zentralen Ziele für den Bereich Technik erreicht werden können (vgl. GDSU 2013).

### 3 Attributionstheorien

Ursachen für den Ausgang von Ereignissen zu finden, ist ein zentrales menschliches Bedürfnis. Dementsprechend werden subjektive Ursachenzuschreibungen vorgenommen, die in der Sozialpsychologie unter dem Begriff der Kausalattribution bekannt sind (vgl. Försterling & Stiensmeier-Pelster 1994). Die Entwicklung der Attributionstheorien können dabei auf die Forschungsarbeiten des Psychologen Fritz Heider zurückgeführt werden (vgl. Heider 1977). Försterling definiert Attributionen dabei als „Ursachen, die Individuen zur Erklärung von Ereignissen, Handlungen und Erlebnissen in verschiedenen Lebensbereichen heranziehen“ (Försterling 1986, 23). Dieser Drang nach Erklärung und Ordnung erfüllt dabei eine Doppelfunktion. Einerseits müssen die Erklärungen zu den gegebenen Umständen passen und andererseits persönlich akzeptabel sein. Die Akzeptanz spielt indes soweit eine Rolle, da die Erklärung den Erhalt des individuellen Selbstwertgefühls ermöglichen soll und der eigenen Wertschätzung dient (vgl. Schnotz 2009).

In der Pädagogischen Psychologie dienen Attributionstheorien zur Erforschung der Ursachenzuschreibung von Lernenden bei Erfolgen bzw. Misserfolgen in Leistungssituationen. Darüber hinaus soll durch diese geklärt werden, welche Emotionen und Motivationen ausgelöst werden und wie Kausalattributionen langfristig das Lernverhalten beeinflussen (vgl. Weiner 2009). Basierend auf den Attributionstheorien zu Leistungsergebnissen, lassen sich diese durch ein dreidimensionales Erklärungsmodell systematisieren. Diese Dimensionen umfassen:

- Lokalitätsdimension (internal vs. external)
- Stabilitätsdimension (stabil vs. variabel)
- Kontrolldimension (kontrollierbar vs. unkontrollierbar) (vgl. Weiner 1972, 1979).

#### Attributionsdimensionen

##### *Internale und externale Ursachen*

Versucht ein Kind eine Erklärung für seine Leistung zu finden, unabhängig von Erfolg oder Misserfolg, kann es diese auf innere oder äußere Umstände attribuieren (Lokalitätsdimension). Zur Erklärung können dann beispielweise internale Ursachen (in der Person liegend) herangezogen werden. Darunter zu verstehen sind z. B. die eigenen Fähigkeiten oder Anstrengungen. Externale Ursachen (außerhalb der Person liegend) würden äußere Umstände fokussieren. Dazu zählen die Aufgabenschwierigkeit oder Zufallseinflüsse (Glück oder Pech) (vgl. Krapp u. a. 2014, 200; Schnotz 2009, 105; Weiner 1972, 204).

*Stabile und variable Ursachen*

Weiner (1972) konnten durch seine Forschungen die Lokalitätsdimension von Fritz Heider (vgl. Heider 1977) erweitern, indem er die Stabilität als pädagogisch wirkungsvolle Dimension in das Erklärungsmodell integrierte. Ziel war es, durch die Stabilitätsdimension Aussagen darüber treffen zu können, inwieweit das Individuum bestimmte Kausalfaktoren für stabil oder variabel hält. In schulischen Leistungssituationen wären die Fähigkeit des Lernenden oder die Aufgabenschwierigkeit als stabile Ursachen zu bezeichnen. Generell lassen sich Fähigkeiten durch permanente Übungen verbessern und wären folglich in einem gewissen Maße variabel, aber in dem Moment der Aufgabenbearbeitung (z. B. Test) sind sie stabil. Die Aufgabenschwierigkeit gilt insofern als stabil, als dass sich die gestellten Anforderungen auch über verschiedene Prüfungszeitpunkte hinaus nicht verändern. Hingegen gilt die Anstrengung, die Bereitschaft Zeit zur Lösung einer Aufgabe aufzubringen, als variabel und kann vom Individuum kontrolliert sowie angepasst werden. Der Zufall (Glück oder Pech) als günstiges oder ungünstiges Ereignis ist eine variable Ursache, die für eine momentbezogene Empfindungen steht, welche wechselhaft sein kann (vgl. Krapp u. a. 2014; Schnotz 2009).

Weitere mögliche Faktoren wie beispielsweise Krankheit, Müdigkeit oder Missverständnisse der Aufgabenstellung haben sich in der Forschung als weniger bedeutsam gezeigt (vgl. Laskowski 2000). Für die Begründung von Leistungsergebnissen sind daher vorrangig Fähigkeit, Anstrengung, Aufgabenschwierigkeit und Zufall die wichtigsten Attributionen. Weiner (1972) entwickelte aus diesen individuellen Erklärungsmustern eine Vierfelder-Matrix, welche die Dimensionen Lokalität sowie Stabilität miteinander in Verbindung setzt (Darstellung in Tab. 1).

**Tab. 1:** Zweidimensionales Modell der Kausalattribution nach Weiner (1972)

		<i>Lokalitätsdimension</i>	
		<i>Internal</i>	<i>external</i>
<i>Stabilitätsdimension</i>	<i>stabil</i>	Fähigkeit	Aufgabenschwierigkeit
	<i>variabel</i>	Anstrengung	Zufall

*Kontrollierbare und unkontrollierbare Ursachen*

Die Stabilitätsdimension impliziert, dass das Individuum eine gewisse Kontrolle über seine Leistungsergebnisse besitzt. Die Dimension der wahrgenommenen Kontrollierbarkeit von Ursachenzuschreibungen nutzt Weiner (1979) als Erweiterung seiner Vierfelder-Matrix. Daraus abgeleitet gilt die Fähigkeit eines Kindes

z. B. in einer Prüfung als nicht kontrollierbar, da sich in dieser speziellen Situation seine Fähigkeiten nicht wesentlich verändern. Gleiches gilt für die Aufgabenschwierigkeit, da das Kind keine Kontrolle über die Anforderungen einer Aufgabe ausüben kann. Demgegenüber steht seine Anstrengung, welche durch seine Anstrengungsbereitschaft durchaus kontrollierbar ist. Da Zufall per se nicht vom Individuum vorhersehbar ist, können Pech oder Glück nicht vom Kind kontrolliert werden (vgl. Schnotz 2009). Durch Berücksichtigung der Kontrolldimension entwickelte Weiner (1979) ein differenziertes Klassifikationsmodell. Diese subjektiv wahrgenommenen Ursachen für Erfolge bzw. Misserfolge in Leistungssituationen lassen sich wie in Tab. 2 darstellen.

**Tab. 2:** Dreidimensionales Modell der Kausalattribution nach Weiner (1979)

Ursachen	Internal		External	
	stabil	variabel	stabil	variabel
kontrollierbar	übliche Anstrengung	aktuelle Anstrengung	übliche Hilfe von anderen	aktuelle Hilfe von anderen
nicht kontrollierbar	Fähigkeit	aktuelle Stimmung oder Gesundheit	Aufgabenschwierigkeit	Zufall

In Tab. 2 sind weitere Ursachenzuschreibungen für Erfolg bzw. Misserfolg aufgeführt. Hierzu gehört der kontrollierbare Faktor, von anderen Personen Hilfe zu bekommen, da das Kind Hilfe annehmen oder ablehnen kann. Außerdem gehören zu den neu aufgeführten Faktoren das körperliche und emotionale Befinden (Stimmung und Gesundheit), welches vom Kind nicht kontrollierbar ist. Die vom Individuum kontrollierbaren Ursachen (Anstrengung und Hilfe) können wiederum differenziert werden in stabile (übliche Anstrengung und übliche Hilfe von anderen) und variable Ursachen (aktuelle Anstrengung und aktuelle Hilfe von anderen).

Basierend auf dem dreidimensionalen Modell der Kausalattribution können Individuen, je nach subjektiver Bedeutung ihrer inneren oder äußeren situationsabhängigen Bedingungen, unterschiedliche Attributionsmuster anwenden. Die verwendeten Attributionsmuster lassen dabei Rückschlüsse auf das Selbstkonzept zu, insbesondere auf das Fähigkeitskonzept und die Selbstwirksamkeitsannahmen eines Kindes (vgl. Eggert u. a. 2014; Schnotz 2009). Die Form der Attribution kann dabei enorme Auswirkungen auf die motivationale Orientierung der Kinder ausüben, welche sich in erfolgsmotivierte und misserfolgsmotivierte Individuen unterscheiden lassen.

*Erfolgsmotivierte Menschen*

Wiederholt konnte nachgewiesen werden, dass erfolgsmotivierte Menschen ihre Erfolge auf ihre Fähigkeiten (internal stabil) oder hohe Anstrengungsbereitschaft (internal variabel) zurückführen. Hingegen werden ihre Misserfolge mit zu geringer Anstrengungsbereitschaft (internal variabel) oder ungünstigen Zufällen (external variabel) begründet. Vorrangig werden aber bei Misserfolgen interne, vom Individuum kontrollierbare, Umstände angegeben (vgl. Eggert u. a. 2014; Schnotz 2009; Weiner & Kukla 1970).

*Misserfolgsmotivierte Menschen*

Schüler oder Schülerinnen, die ihre Erfolge hingegen auf zu leichte Aufgabenanforderungen (external stabil) oder glückliche Zufälle (external variabel) gründen, zeichnen sich als misserfolgsmotiviert aus. Ihre Misserfolge begründen sie dabei mit mangelnden Fähigkeiten (internal stabil). Folglich werden von misserfolgsmotivierten Individuen für Erfolge äußere und für Misserfolge innere, scheinbar unkontrollierbare Umstände zugrunde gelegt (vgl. Eggert u. a. 2014; Schnotz 2009; Weiner & Kukla 1970).

Eine solche (Miss-)Erfolgsattribution hat zur Folge, dass Schüler und Schülerinnen sich bestimmte individuelle Eigenschaften zuschreiben, die sich langfristig auf die Entwicklung ihres Selbstvertrauens, Selbstwertgefühls und ihrer Selbstwertschätzung auswirken. Für den Bereich Technik könnte dies bedeuten, dass Schüler oder Schülerinnen, wenn sie sich negative Eigenschaften oder Inkompetenzen in diesem Bereich zuschreiben, Erfolge als etwas Zufälliges werten und nicht auf die eigenen Kompetenzen zurückführen (vgl. Eggert u. a. 2014). Untersuchungen von Attributionstendenzen im MINT-Bereich konnten diesbezüglich geschlechterspezifische Unterschiede herausstellen.

**Geschlechtsspezifische Attributionsmuster**

Immer wieder wird in der Literatur davon berichtet, dass Jungen und Mädchen ihre Erfolge und Misserfolge unterschiedlich attribuieren. Geschlechtsspezifische Attributionsmuster treten vor allem in den Bereichen auf, die stereotypisch als männlich wahrgenommen werden (vgl. Meece u. a. 2006; Curdes u. a. 2003). Wobei vor allem Jungen signifikant häufiger dazu tendieren, ihre Erfolge mit ihren Fähigkeiten (internal stabil) zu begründen. Hingegen geben Mädchen ihre vermeintlich geringen Fähigkeiten als Grund für ihre Misserfolge an (vgl. Finsterwald u. a. 2012; McClure u. a. 2011; Solga & Pfahl 2009). Dieses Erklärungsverhalten ist für den Bereich Mathematik sehr gut erforscht. Die Forschergruppen um Dickhäuser und Meyer (2006) sowie Georgiou u. a. (2007) konnten nachweisen, dass Jungen Erfolge durch ihre mathematischen Fähigkeiten und Mäd-

chen eher durch ihre intensiven Anstrengungen begründen. Übereinstimmende Attributionsmuster konnten auch für die Naturwissenschaften sowie Informatik festgehalten werden (vgl. Dickhäuser & Stiensmeyer-Pelster 2002; Dresel u. a. 2001). Diese Selbsteinschätzungen bezüglich der Fähigkeiten können aber nicht eindeutig durch messbaren Leistungsunterschiede belegt werden (vgl. Kessels 2012; Quaiser-Pohl 2012; Gabriel u. a. 2011). Diese Attributionsmuster sind für spätere Leistungsunterschiede mitverantwortlich und führen vor allem bei Mädchen zu einer Form der erlernten Hilflosigkeit. Dieses zeigt sich in einem geringeren Interesse sowie in einem negativen Attributionsstil für den MINT-Bereich (vgl. Finsterwald u. a. 2012).

### **Technikbezogene Attributionsmuster**

Wenn Wahrnehmungen der eigenen bereichsspezifischen Fähigkeiten und Kompetenzen in engem Zusammenhang mit Stereotypen stehen, ist dies kritisch zu reflektieren, da sich geschlechtsspezifische Einstellungen für den Bereich Technik bereits in sehr jungen Jahren ausprägen. Hallström u. a. (2015) war es möglich, nachzuweisen, dass technikbezogene Geschlechterstereotypen bereits im Kindergarten existieren. Insbesondere technisches Spielzeug führt bereits im Alter zwischen drei und fünf Jahren dazu, dass sich Stereotypen entwickeln. Mit zunehmendem Alter wurden diese stereotypen Geschlechtsidentitäten stabiler (vgl. Hallström u. a. 2015; Freeman 2007). Dabei werden eher Jungen als Mädchen von Eltern, Erziehenden und Lehrenden ermutigt sich mit Technik auseinanderzusetzen (vgl. Hallström u. a. 2015; Finsterwald u. a. 2012; Mawson 2007). Langfristig führt dies dazu, dass Jungen sich mehr für Technik interessieren und selbstsicherer im Umgang mit dieser sind (vgl. Hallström u. a. 2015; Mawson 2010; de Vries 2005). Vor allem bei ungewohnten Auseinandersetzungen mit dem Gegenstand Technik sind Jungen aktiver als Mädchen. Während Jungen interessiert daran sind, neue Dinge auszuprobieren, distanzieren sich Mädchen von der Aufgabe, aufgrund ihres geringeren technischen Selbstvertrauens. Die Mädchen übernehmen dann eher Assistenzrollen (vgl. Hallström u. a. 2015, 10). Turja u. a. (2009) kommen zu dem Schluss, dass Mädchen ein geringes Selbstvertrauen in Aktivitäten haben, die als Männerdomäne gelten. In diesem Sinne scheinen Mädchen weniger Erfahrung im Umgang mit Technik zu haben und könnten daher annehmen, dass sie nicht in der Lage sind mit Technik umzugehen. Aus diesem Grund führen sie ihr eigenes Scheitern oft auf mangelnde Fähigkeiten und ihre Erfolge auf nicht kontrollierbare Umstände zurück (vgl. Turja u. a. 2009).

Obwohl umfangreiche Forschungen bezüglich Geschlechterunterschieden im Umgang mit technischen Objekten vorhanden sind, befassen sich nur wenige Studien mit den Erklärungsmustern für diese Unterschiede. Hinzukommend fokussieren diese Studien zumeist nur bestimmte informations- und kommunikationstechnische Objekte, wie den Computer (vgl. Hawi 2010; Koch u. a. 2008;

Dickhäuser & Stiensmeier-Pelster 2002). Hervorzuheben sind daher die Studien von Baumert und Geiser (1996) sowie Ziefle und Jakobs (2009), welche Attributionsstile mit einem allgemeineren Technikverständnis erhoben haben.

Im Rahmen der Crosstel-Studie untersuchten Baumert und Geiser (1996) die selbstwertschützenden oder selbstwertbedrohenden Erklärungen von Misserfolgen bei 531 Grundschulern und Grundschülerinnen. Die Kinder, mit einem Durchschnittsalter von zehn Jahren, stammten aus den USA sowie Deutschland und besuchten die 4. Klasse. In der ersten Analyse zeigt sich, dass Misserfolge bei technischen und hauswirtschaftlichen Aufgaben von den Kindern zu über 60 % auf mangelnde Anstrengung (internal variabel) anstatt auf fehlende Begabung (internal stabil) zurückgeführt wurden. Baumert und Geiser schlussfolgern daraus, dass die Kinder selbstwertschützende Attributionsmuster bevorzugten. Detailliertere Analysen der Daten zeigten jedoch, dass geschlechtsspezifische Attributionsmuster vorlagen. Vor allem Mädchen erklärten ihr Versagen bei technischen Aufgabenstellungen mit ihrer Unfähigkeit. Insgesamt haben die Studienteilnehmerinnen zu 48 % selbstwertbedrohende internal-stabile Erklärungen für Misserfolge angegeben. Die männlichen Studienteilnehmer dagegen neigten dazu, ihr Scheitern mit nicht ausreichender Anstrengung zu begründen. Nur 25 % von ihnen wählten eine selbstwertbedrohende Attribution (vgl. Baumert & Geiser 1996).

Ähnliche Ergebnisse konnten auch Ziefle und Jakobs (2009) in ihrer Studie feststellen. In einem Teilaspekt ihrer Erhebung haben die Forscherinnen sich mit technikbezogenen Einstellungen auseinandergesetzt, welche Kausalattributionen von Erfolgen und Misserfolgen im Umgang mit Technik fokussieren. An diesem Teil der Studie beteiligten sich 175 Kinder und Jugendliche im Alter zwischen zehn und 20 Jahren. Beim Vergleich der Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Geschlechtern zeigte sich, dass sowohl Jungen als auch Mädchen negative Erfahrungen in der Auseinandersetzung mit Technik gemacht haben. Als gravierendster Unterschied konnte aber verzeichnet werden, dass Mädchen weitaus häufiger als die Jungen ihre Misserfolge mit internalen Attributionen begründeten, wie fehlendes Verstehen der Unterrichtsinhalte, zu geringes Grundverständnis von Technik oder mangelndes Nachvollziehen des Lernzwecks. Altersbedingte Unterschiede in den Attributionen konnten nicht ermittelt werden (vgl. Ziefle & Jakobs 2009, 81).

Der Forschungsstand zeigt einen deutlich ungünstigeren Attributionsstil seitens der Mädchen. Langfristig können diese Erklärungsmuster zu einem niedrigen technischen Selbstkonzept und schlechteren Leistungen führen, wodurch sich die Attributionsstile verfestigen.

## 4 Zielsetzung und Forschungsfragen

Im Rahmen der Erhebung zum technischen Selbstkonzept von durchschnittlich Neunjährigen wurden daher in einem Unterkonstrukt zur technischen Selbsteinschätzung die kindlichen Attributionstendenzen untersucht. Erhoben wurde, ob die Grundschüler und Grundschülerinnen selbstwertschützende oder selbstwertbedrohende Erklärungen für Misserfolge bzw. Erfolge bei technischen Aufgaben wählen. Insbesondere sollte ermittelt werden, inwieweit sich geschlechtsspezifische Unterschiede in den Erklärungsmustern finden lassen. Hinzukommend sollte untersucht werden, ob und welche altersspezifischen Attributionsentwicklungen innerhalb der Geschlechtergruppen vorliegen.

## 5 Methode und Design

Die Erhebung der Attributionsstile wurde in Orientierung an der Arbeit von Baumert und Geiser (1996) vorgenommen. Hierbei wurden die Items nicht übernommen, sondern inhaltlich modifizierte Beispiele entwickelt. Ziel war es, mit den Items ein breites Spektrum an Problem- und Handlungsfeldern der Technik anzubieten (vgl. VDI 2004; Schmayl 2004; Sachs 1979), welche die Kinder zur Gestaltung und Bewältigung ihrer Lebenswirklichkeit nutzen. Die inhaltlichen Beispiele der Problem- und Handlungsfelder der Technik stammen aus dem Perspektivrahmen Sachunterricht (vgl. GDSU 2013, 65-72) sowie lebensnahen Situationen der Schüler und Schülerinnen. Hierbei wurden beispielhaft vier Situationen mit Erfolgserlebnis aus den Feldern Arbeit und Produktion, Bauen und Wohnen, Transport und Verkehr sowie Schützen und Sicherheit beschrieben. Hinzukommend wurden drei Misserfolgssituationen dargestellt, deren Beispiele aus den Bereichen Information und Kommunikation, Versorgung und Entsorgung sowie Haushalt und Freizeit stammen. Bei beiden Situationstypen konnten die Kinder zur Erklärung des Handlungsausgangs zwischen den Antwortkategorien Fähigkeit, Anstrengungen, Aufgabenschwierigkeit oder Zufall wählen. Die Abb. 1 zeigt ein Beispiel für eine Misserfolgssituation.

b. ... du sollst eine Glühlampe wechseln. Es gelingt dir nicht. Warum?

<input type="checkbox"/> Ich bin dafür zu ungeschickt.	<input type="checkbox"/> Die Aufgabe war zu schwer.
<input type="checkbox"/> Ich habe nicht lange genug probiert.	<input type="checkbox"/> Ich hatte kein Glück.

Abb. 1: Beispiel Misserfolgssituation

Zur Angabe der Reliabilität einer Skala wird üblicherweise Cronbachs Alpha genutzt. Für die Unterskala Attribution mit 7 Items liegt der Cronbachs Alpha-Wert bei  $\alpha=.32$  (getrennt betrachtet für Erfolgssituationen mit 4 Items  $\alpha=.42$  und für Misserfolgssituationen mit 3 Items  $\alpha=.30$ ). In Bezug auf die verwendete Kurzska ist das Cronbachs Alpha jedoch kein zuverlässiges Maß zur Angabe der internen Konsistenz. Der Reliabilitätskoeffizient wurde zur Berechnung von langen Skalen entwickelt und wird stark durch die Itemzahl eines Tests beeinflusst, unabhängig von der Dimensionalität oder Reliabilität (GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften o.J.; McNeish 2018; Rey 2017; Leiner 2016). Da die Verwendung des Cronbachs Alpha in der statistischen Methodenforschung in jüngeren Fachartikeln kritisch besprochen wird (vgl. McNeish 2018), werden geänderte Kennwerte zur Betrachtung der Reliabilität empfohlen (vgl. Rey 2017) (siehe Tab. 3).

**Tab. 3:** Zusammenhang zwischen der Itemzahl eines Tests und den resultierenden Cronbachs Alpha-Werten bei einer durchschnittlichen Korrelation von  $r=0.1$  zwischen den einzelnen Items (Rey 2017, 70-71).

Itemzahl	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Cronbachs Alpha	.36	.53	.63	.69	.74	.77	.80	.82	.83	.85

Zudem umfasst jedes verwendete Item inhaltlich nur eines der sieben verschiedenen Problem- und Handlungsfelder der Technik, wodurch eine eingeschränkte Eindimensionalität zu erwarten war. Hinzukommend wurden die Items geschlechts- und bereichsspezifisch sehr inhomogen beantwortet. Folglich war die Höhe von Cronbachs Alpha vorab bereits begrenzt und eine geringe interne Konsistenz zu erwarten. Für eine genaue Analyse der technikbezogenen Attributionstile von Kindern im Grundschulalter ist eine Ausweitung des Itempools in den jeweiligen Handlungsfeldern der Technik notwendig. Da in der Studie zum technischen Selbstkonzept die Attributionstile nur eine Tendenz zur Selbsteinschätzung liefern sollten und der Umfang des Erhebungsinstruments kindgerecht bleiben musste, wurde auf eine detailliertere Erhebung verzichtet.

## 6 Stichprobe

Von Oktober 2017 bis Januar 2018 nahmen 502 Schüler und Schülerinnen der 3. und 4. Klasse von acht Essener Grundschulen an der Studie zum technischen Selbstkonzept teil. Aufgrund von fehlenden Werten standen zum Attributions-

teil des Fragebogens aber nur die Daten von 498 Kindern ( $N=260$  Mädchen und  $N=238$  Jungen) zur Verfügung. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung lag das Durchschnittsalter bei  $M=8.79$  Jahren ( $SD=0.74$ ). Für eine einfachere Auswertung erfolgte eine Einteilung nach Altersgruppen in die Gruppe der 7- bis 8-Jährigen, 9-Jährigen und 10- bis 11-Jährigen, wie in Tab. 4 ersichtlich.

**Tab. 4:** Altersstruktur Stichprobe

	Alter					Gesamt
	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre	10 Jahre	11 Jahre	
Mädchen	5	94	127	33	1	260
Jungen	2	77	123	29	7	238
Alters- gruppierung	7 bis 8 Jahre		9 Jahre	10 bis 11 Jahre		498
	178		250	70		

## Ergebnisse

Zur Analyse der Daten wurde zuerst die prozentualen Verteilungen der Kausalattributionen von Jungen und Mädchen untersucht. Für eine detaillierte Auswertung wurden in einem zweiten Schritt die Antworten zu Erfolgs- und Misserfolgserlebnissen getrennt betrachtet. Bei Erfolgserlebnissen unterscheiden sich die Attributionen von erfolgs- und misserfolgsmotivierten Menschen primär durch eine Erklärung über internale oder externale Faktoren. Bei Misserfolgen hingegen liegt der Unterschied in der Wahl zwischen stabilen und variablen Faktoren. Daher wurden die Erfolgsergebnisse auf der Lokalitätsdimension analysiert, die Misserfolgsergebnisse hingegen auf der Stabilitätsdimension.

## Erfolgsattribution bei technischen Aufgaben

Der Mittelwertvergleich zwischen Jungen ( $M=2.91$ ,  $SD=.97$ ) und Mädchen ( $M=2.90$ ,  $SD=.88$ ), bezüglich ihrer Wahl von internalen oder externalen Attributionsmustern, ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied  $t(500)=-.238$ ,  $p=.812$ . Dabei begründen beide Geschlechter ihren Erfolg vorrangig mit internalen Ursachen. Die Schülerinnen erwogen zu 64,5 % und die Schüler zu 65,1 % internale Begründungen. Hierbei wird die Anstrengung leicht stärker als Erfolgskriterium bewertet, als ihre technischen Fähigkeiten. Weniger entscheidend sind für die Kinder externale Ursachen, wie die Aufgabenschwierigkeit oder der Zufall (siehe Abb. 2).

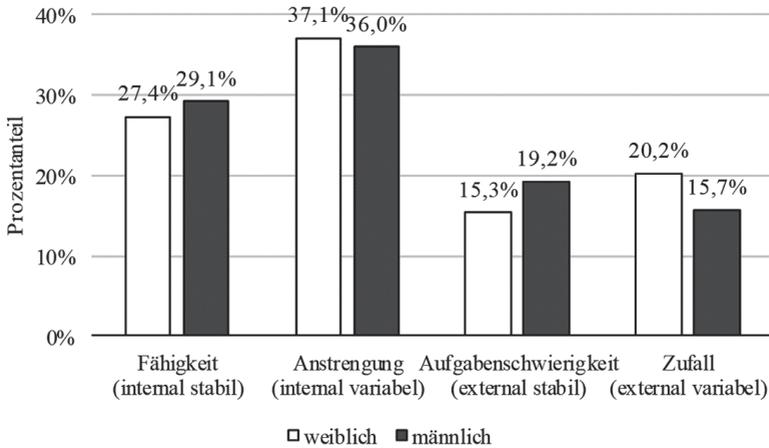


Abb. 2: Erfolgsattribution nach Geschlecht

So gaben 37,1 % der Mädchen an, die technischen Aufgaben aufgrund ihrer Anstrengungsbereitschaft erfolgreich gelöst zu haben und 27,4 %, weil sie die Fähigkeiten dazu besitzen. Ähnliche Antworten waren auch bei den Jungen zu finden. Hierbei nannten 36,0 % ihre Anstrengungsbereitschaft und 29,1 % ihre Begabung für die positiven Leistungen. Lediglich 35,5 % der befragten Mädchen und 34,9 % der Jungen nannten externe Ursachen für ihre Erfolge. Hierbei gaben 20,2 % der Schülerinnen an, dass sie durch Zufall Erfolg hatten und 15,3 % nannten die leichten Aufgaben als Grund. Für die Schüler zeigte sich ein umgekehrtes Bild. Sie nannten zu 19,2 % die leichten Aufgabenstellungen und zu 15,7 % den Zufall als Erklärungsansatz.

#### *Erfolgsattribution nach Altersgruppen weiblich*

Für die altersspezifische Gruppenanalyse der Mädchen wurde ein Chi-Quadrat-Test zwischen Altersgruppen und Erfolgsattribution durchgeführt. Keine erwarteten Zelloberhäufigkeiten waren kleiner als fünf. Es gab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Alter und Attribution,  $\chi^2(2) = 0.45$ ,  $p = .798$ ,  $\varphi = 0.02$ . Über alle drei Altersgruppen hinweg wurden für Erfolge bei technischen Herausforderungen vorrangig interne Ursachenfaktoren herangezogen. Hierbei überwiegt die Attribuierung auf die Anstrengungsbereitschaft, gefolgt von der Fähigkeit (siehe Abb. 3). Berücksichtigt werden muss dabei, dass mit steigendem Alter die Zunahme der Attribution von Fähigkeiten wächst, von 25,3 %, auf 27,8 % bis zu 31,6 %. Für die Kausalattribution von Anstrengung hingegen zeigt sich ein gegensätzlicher Trend. Hier nimmt die Attribution mit steigendem Alter ab, von

38,0 %, auf 37,1 % bis auf 34,6 %. Die Ursachenklärung auf externe Faktoren wie Aufgabenschwierigkeit und Zufall bleiben in den Altersgruppen der Mädchen relativ stabil. Für die Aufgabenleichtigkeit als Erfolgsbegründung schwanken die Angaben von 15,7 %, auf 15,6 % bis auf 13,2 %. Die Attribution auf Zufall stellt sich als noch stabiler dar und bewegt sich innerhalb der Altersgruppen zwischen 21,0 %, 19,5 % und 20,6 %.

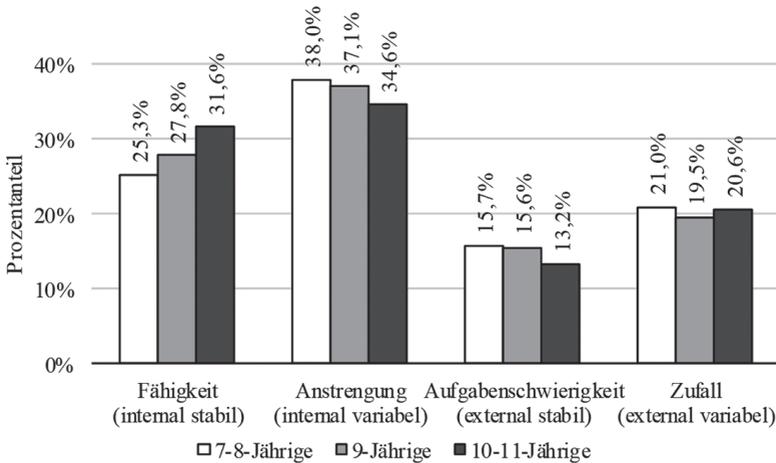


Abb. 3: Erfolgsattribution nach Altersgruppen weiblich

### Erfolgsattribution nach Altersgruppen männlich

Für die altersspezifische Gruppenanalyse der Jungen wurde ein Chi-Quadrat-Test zwischen Altersgruppen und Erfolgsattribution durchgeführt. Keine erwarteten Zellohäufigkeiten waren kleiner als fünf. Es gab einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit einem kleinen Effekt zwischen Alter und Attribution,  $\chi^2(2) = 10,18$ ,  $p = .006$ ,  $\varphi = 0,10$ . In den Altersgruppen der Jungen zeigt sich, dass bevorzugt auf interne Faktoren attribuiert wird, wenn eine technische Aufgabe erfolgreich bearbeitet wurde (siehe Abb. 4). Die Daten lassen dabei den Rückschluss zu, dass mehrheitlich die eigene Anstrengung als Grund für den Erfolg genannt wird. Hierbei steigt die Präferenz in den Altersgruppen der 7- bis 8-Jährigen zur Gruppe der 9-Jährigen von 33,7 % auf 37,8 % und sinkt in der Gruppe der 10- bis 11-Jährigen auf 34,7 %. Dagegen steigt die Wahl für den Ursachenfaktor Fähigkeit mit zunehmendem Alter kontinuierlich von 25,1 %, auf 29,1 % bis auf 38,2 % an. Die Neigung, erfolgreiche Handlungen mit einer leichten Aufgabenstellung zu begründen, nimmt mit steigendem Alter ab, von

22,9 % auf 19,3 % bis auf 11,1 %. Die Wahl des Zufalls als Erfolgsgrund sinkt zwischen den Altersgruppen der 7- bis 8-Jährigen von 18,4 % auf 13,8 % in der Gruppe der 9-Jährigen und steigt leicht an auf 16,0 % für die 10- bis 11-Jährigen.

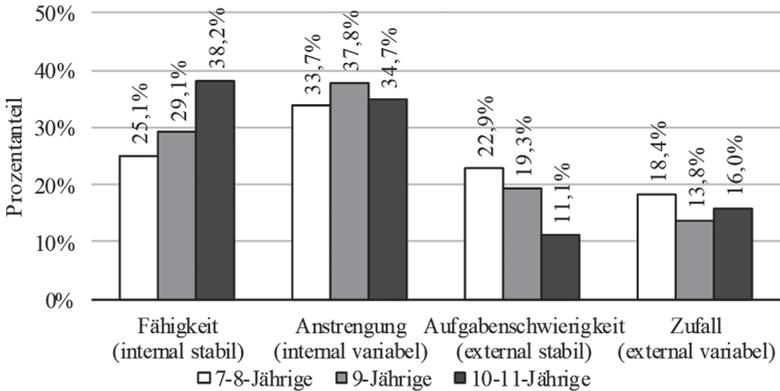


Abb. 4: Erfolgsattribution nach Altersgruppen männlich

### Misserfolgsattribution bei technischen Aufgaben

Für Misserfolge im Bereich Technik konnte im Mittelwertvergleich bei Jungen ( $M=2.73$ ,  $SD=1.00$ ) und Mädchen ( $M=2.49$ ,  $SD=1.00$ ) ein signifikanter Unterschied festgestellt werden, bezüglich ihrer Wahl von stabilen oder variablen Attributionsmustern. Hierbei attribuierten die Jungen durchschnittlich um 0.24 Punkte mehr auf günstigere variable Faktoren (95%-CI[0.06, 0.42]),  $t(500) = 2.69$ ,  $p < .001$ . Jungen wählen dabei zu 58,7 % und Mädchen zu 50,9 % variable Gründe. Die Attribution Zufall (external variabel) wird häufiger als mangelnde Anstrengung (internal variabel) als Ursachenklärung angegeben. Für die Mädchen folgen aber mit 49,1 % annähernd auf gleicher Höhe die stabilen Gründe, wie ihre mangelnden Fähigkeiten oder die schwierige Aufgabe. Jungen rekurren nur zu 41,3 % auf diese Kausalfaktoren (siehe Abb. 5).

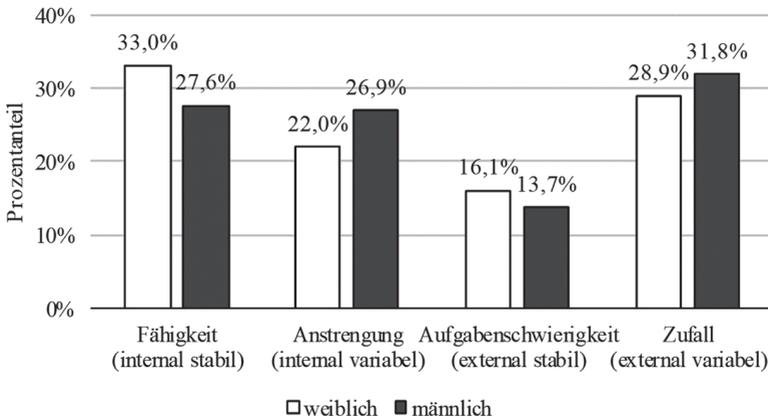


Abb. 5: Misserfolgsattribution nach Geschlecht

In der Einzelfaktorenanalyse zeigt sich für die Schülerinnen ein deutlich ungünstigeres Attributionsverhalten. Für ihr Versagen machen sie zu 33,0 % hauptsächlich ihre mangelnden Fähigkeiten (internal stabil) als Ursache verantwortlich. Gefolgt wird diese Attribution vom Zufall (external variabel) mit 28,9 %, der fehlenden Anstrengungsbereitschaft (internal variabel) mit 22,0 % und mit 16,1 % die Aufgabenschwierigkeit (external stabil). Die Jungen führen ihre Misserfolge zu 31,8 % auf den Zufall (external variabel), zu 27,6 % auf ihre fehlende Begabung (internal stabil) gefolgt von 26,9 % auf ihre geringe Anstrengung (internal variabel) und nur zu 13,7 % auf den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben zurück.

#### *Misserfolgsattribution nach Altersgruppen weiblich*

Für die altersspezifische Gruppenanalyse der Mädchen wurde ein Chi-Quadrat-Test zwischen Altersgruppen und Misserfolgsattribution durchgeführt. Keine erwarteten Zelhäufigkeiten waren kleiner als fünf. Es gab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Alter und Attribution,  $\chi^2(2) = 2.11$ ,  $p = .348$ ,  $\varphi = 0.05$ . In der altersspezifischen Analyse für Misserfolgsattributionen von Mädchen lässt sich feststellen, dass zwischen den Gruppen der 7- bis 8-Jährigen und der 9-Jährigen die Zustimmung auf die Attribution mangelnde Fähigkeit von 29,1 % auf 37,1 % steigt. Innerhalb der Gruppe der 10- bis 11-Jährigen sinkt die Zustimmungsrate wieder auf 29,4 %. Die Begründung auf den Zufall (external variabel) als Kausalattribution sinkt mit zunehmendem Alter von 30,1 % auf 28,7 % bis auf 26,5 %. Für die Attributionen von Anstrengung sowie Aufgabenschwierigkeit zeigen sich ähnliche Tendenzen. Die Antworttendenzen für die Anstrengungen (internal variabel) bewegt sich für die Altersgruppen der 7-

bis 8-Jährigen und 10- bis 11-Jährigen gleich bei ca. 24 %, während sie für die Gruppe der 9-Jährigen auf 19,7 % sinkt. Für die Aufgabenschwierigkeit (external stabil) als Ursache, sinken die Werte zwischen 16,9 % für die jüngste Gruppe auf 14,5 % für die 9-Jährigen, bevor sie für die Gruppe der Ältesten auf 19,6 % steigen (siehe Abb. 6).

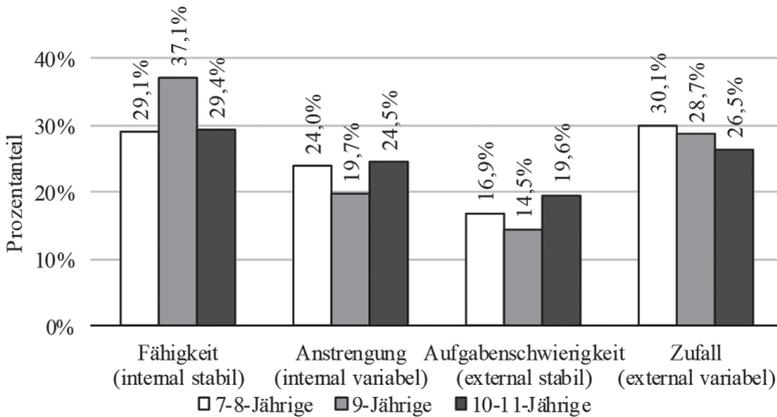


Abb. 6: Misserfolgsattribution nach Altersgruppen weiblich

Insgesamt schwanken zwischen den Altersgruppen der Schülerinnen die Tendenzen, variable oder stabile Ursachen für Misserfolge bei technischen Aufgaben heranzuziehen. Sowohl für die Gruppe der 7- bis 8-Jährigen (54,1 %) als auch für die Gruppe der 10- bis 11-Jährigen (51,0 %) überwiegen die variablen Gründe. Nur für die Gruppe der 9-jährigen Mädchen lässt sich festhalten, dass sie zu 51,6 % auf ungünstigere stabile Ursachen für ihren Misserfolg attribuieren.

*Misserfolgsattribution nach Altersgruppen männlich*

Für die altersspezifische Gruppenanalyse der Jungen wurde ein Chi-Quadrat-Test zwischen Altersgruppen und Misserfolgsattribution durchgeführt. Keine erwarteten Zelhäufigkeiten waren kleiner als fünf. Es gab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Alter und Attribution,  $\chi^2(2) = 4.32, p = .115, \varphi = 0.08$ . In den Altersgruppen der 7-bis 8-Jährigen und 9-jährigen Jungen steigt die Kausalattribution auf Zufall (external variabel) von 29,5 % auf 33,6 %, bevor sie für die Gruppe der 10- bis 11-Jährigen auf 30,6 % sinkt. Die Ursache in den fehlenden Fähigkeiten wird von der jüngsten Jungengruppe zu 27,8 % benutzt und steigt leicht an für die Gruppe der 9-Jährigen, bevor die Tendenz innerhalb der Gruppe der Ältesten auf 25,0 % abnimmt. Eine gegensätzliche Entwicklung

lässt sich für die Begründung der geringen Anstrengungsbereitschaft feststellen. Von der Gruppe der 7- bis 8-Jährigen zu den 9-Jährigen fallen die Werte von 26,4 % auf 24,1 %, bevor sie für die Gruppe der 10- bis 11-Jährigen auf 37,0 % ansteigen. Nur für den Faktor Aufgabenschwierigkeit fallen über alle Altersgruppen hinweg die Zustimmungswerte von 16,0 % auf 14,1 % bis auf 7,4 % (siehe Abb. 7).

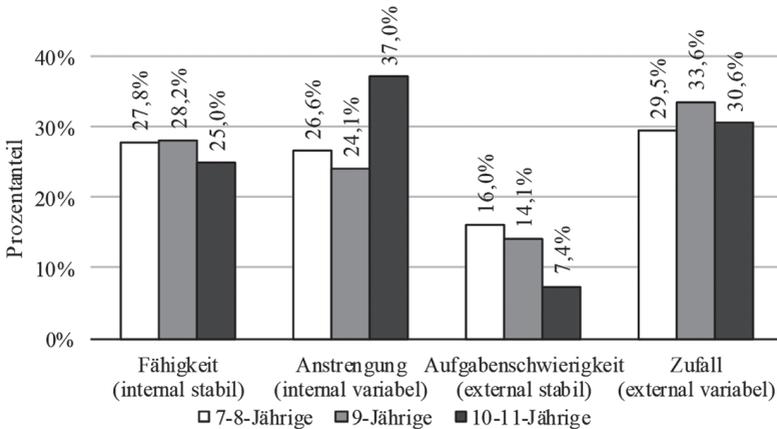


Abb. 7: Misserfolgsattribution nach Altersgruppen männlich

Insgesamt zeigt sich bei den Jungen über alle Altersgruppen hinweg, dass Misserfolge auf die günstigeren variablen Ursachen bezogen werden. Dabei ist in den Daten eine stetige Zunahme zwischen den Gruppen zu verzeichnen von 56,1 % in der Gruppe der 7- bis 8-Jährigen, 57,7 % bei der Gruppe der 9-Jährigen bis 67,6 % für die Gruppe der 10- bis 11-Jährigen.

## 7 Diskussion

Die Schüler und Schülerinnen zeigen bei ihren Erklärungsmustern für Erfolge bei technischen Alltagsaufgaben insgesamt ein positives Attributionsverhalten. Mehrheitlich werden internale Faktoren als Ursachenzuschreibung gewählt. Dieses Verhalten lässt sich auch innerhalb der altersspezifischen Erhebungen wiederfinden. Insbesondere die Anstrengungsbereitschaft wird von den Kindern als entscheidender Faktor für Erfolge benannt. Die Ergebnisse entsprechen vorangegangenen Studienergebnissen, wobei von besonderem Interesse ist, dass die Jungen in dieser Erhebung die Attribuierung auf Anstrengung derjenigen auf Fähigkeit vorziehen.

Bei den Mädchen konnte sich bestätigen, dass sie ihre Erfolge vorrangig auf Anstrengungsbereitschaft statt auf Fähigkeit begründen.

Die beobachtete Zunahme der Attribuierung auf Fähigkeit bei beiden Geschlechtern kann mit deren kognitiven Reifungsprozessen zusammenhängen, da sich erst mit durchschnittlich acht Jahren ein realistischeres Fähigkeitskonzept herauszubilden beginnt. Dies kann eine veränderte Fähigkeitseinschätzung zur Folge haben (vgl. Helmke 1998). Basierend auf der Auseinandersetzung mit der technischen Perspektive im Sachunterricht und im privaten Umfeld der Kinder wäre es möglich, dass ein Zuwachs an Wissen und Handlungskompetenz ebenfalls für veränderte altersbedingte Begründungstendenzen verantwortlich sind. Die Attributions Tendenzen bei Erfolgssituationen legen dabei nahe, dass die Schüler und Schülerinnen positive Emotionen mit dem Gegenstandsbereich Technik verbinden und motivierter sind sich mit diesem zu befassen. Folglich könnten sie über höhere Erfolgserwartungen verfügen, die ihr zukünftiges Lernverhalten positiv beeinflussen. Dies gilt in weiteren Studien zu überprüfen.

Bei Misserfolgen zeigen die Jungen und Mädchen auf den ersten Blick ebenfalls ein positives Attributionsverhalten, da sie sich mehrheitlich auf variable Ursachen beziehen. Dabei ist der Faktor Anstrengung vom Individuum kontrollierbar und folglich veränderbar. Dies impliziert, dass das Kind eine gewisse Kontrolle über seine Leistungsergebnisse bei technischen Aufgaben ausüben kann. Da der Zufall ein Umstand ist, der nicht vom Kind beeinflussbar ist, dient diese Attribution dem Selbstwertschutz, da es nicht im Rahmen seiner Möglichkeiten lag etwas zu ändern.

Die Analyse der Einzelfaktoren der Misserfolgsattributionen zeigt aber ein verändertes Bild. Hier attribuieren sowohl Mädchen als auch Jungen verstärkt auch auf mangelnde Fähigkeiten als Ursache für ihr Versagen. Besonders die altersspezifische Analyse der Mädchen macht deutlich, dass dieser stabile, für sie nicht kontrollierbare, Grund eine wichtige Erklärung für das Versagen bei technischen Aufgaben darstellt. Dieses Verhalten würde auf ein selbstwertbedrohendes Erklärungsmuster hindeuten, das mit niedrigen Erfolgserwartungen einhergehen kann und langfristig ihr Lernverhalten negativ beeinflussen könnte. Bei den Jungen überwiegen innerhalb der Altersgruppen noch die variablen Erklärungsmuster, wodurch sie eher über ein selbstwertschützendes Attributionsstil verfügen. Diese Ergebnisse decken sich mit bisherige Studienergebnissen. Die Attributionstendenzen für stabile versus variabel Faktoren bei Misserfolgssituationen tendieren zu einer positiven eher erfolgsmotivierten Auseinandersetzung mit dem Gegenstandsbereich Technik. Die auffälligen geschlechterspezifische Auswertungen der Einzelfaktoren zeigen aber eine Ambivalenz in den Ergebnissen. Hierbei lassen sich Anzeichen eines selbstwertbedrohenden Attributionsmusters finden, welches langfristig die Erfolgserwartung sowie das Lernverhalten der Schüler und Schülerinnen beeinflussen könnte.

Diese Erhebung kann, aufgrund ihres Umfangs, nur Tendenzen bezüglich der selbstwertschützenden oder selbstwertbedrohenden Attributionsstile von Kindern im Grundschulalter liefern. Daher sollten die Forschungen zu diesem Bereich intensiviert werden, um valide Aussagen zu treffen. Die Ergebnisse deuten aber darauf hin, dass geschlechterspezifische Attributionsmuster für den Bereich Technik zu Ungunsten der Mädchen vorliegen. Daraus folgend sind aktive Auseinandersetzungen mit dem Gegenstand Technik bereits in jungen Jahren von Nöten, um langfristig Hemmnisse sowie Inkompetenzgefühle im Umgang mit Technik zu vermeiden.

## Literatur

- Banse, G. (2017): Auf dem Weg zur kulturellen Technikbewertung. In: L.-G. Fleischer & B. Meier (Hrsg.): Technik & Technologie. *technè cum episteme et commune bonum*. Ehrenkolloquium anlässlich des 70. Geburtstages von Gerhard Banse. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 131, 111-130.
- Banse, G. (2013): Erkennen und Gestalten – oder: über Wissenschaften und Machenschaften. In: W. Bienhaus & W. Schlagenhaut (Hrsg.): Technische Bildung im Verhältnis zur naturwissenschaftlichen Bildung. Offenbach am Main: BE.ER Konzept, 21-49.
- Baumert, J. & Geiser, H. (1996): Alltagserfahrungen, Fernsehverhalten, Selbstvertrauen, sachkundiges Wissen und naturwissenschaftlich-technisches Problemlösen im Grundschulalter. North Carolina: Crosstel.
- Dickhäuser, O. & Meyer, W.-U. (2006): Gender differences in young children's math ability attributions. In: *Psychology Science* 48 (1), 3-16.
- Dickhäuser, O. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002): Erlernte Hilflosigkeit am Computer? Geschlechtsunterschiede in computerspezifischen Attributionen. In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 49, 44-55.
- Dresel, M., Heller, K., Schober, B. & Ziegler, A. (2001): Geschlechtsunterschiede im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich: Motivations- und selbstwertschädliche Einflüsse der Eltern auf Ursachenerklärungen ihrer Kinder in Leistungskontexten. In: C. Finkbeiner; G. W. Schnaitmann (Hrsg.): *Lehren und Lernen im Kontext empirischer Forschung und Fachdidaktik*. Donauwörth: Auer, 270-288.
- Eggert, D., Reichenbach, C. & Bode, S. (2014): *Das Selbstkonzept Inventar (SKI) für Kinder im Vorschul- und Grundschulalter: Theorie und Möglichkeiten der Diagnostik*. Dortmund: Borgmann Publishing.
- Finsterwald, M., Schober, B., Jöstl, G. & Spiel, C. (2012): Motivation und Attributionen: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In: H. Stöger, A. Ziegler & M. Heilemann (Hrsg.): *Mädchen und Frauen in MINT. Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten*. Berlin: LIT, 193-212.
- Fischer, M. (1996): *Technikverständnis*. In: *Interkulturelle Herausforderungen im Frankreichgeschäft*. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Försterling, F. (1986): *Attributionstheorie in der Klinischen Psychologie*. München: Psychologie Verlags Union.
- Försterling, F. & Stiensmeier-Pelster, J. (1994): *Attributionstheorie*. Göttingen: Hogrefe.
- Freeman, N. K. (2007): Preschoolers' perception of gender appropriate toys and their parents' beliefs about gendered behaviours: miscommunication, mixed messages, or hidden truths? In: *Early Childhood Education Journal* 34 (5), 357-366.

- Gabriel, K., Möske, E. & Lipowsky, F. (2011): Selbstkonzeptentwicklung von Jungen und Mädchen im Anfangsunterricht – Ergebnisse aus der PERLE-Studie. In: F. Hellmich (Hrsg.): *Selbstkonzepte im Grundschulalter. Modelle, empirische Ergebnisse, pädagogische Konsequenzen*. Stuttgart: Kohlhammer, 133-158.
- GDSU – Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Georgiou, S., Stavrinos, P. & Kalavana, T. (2007): Is Victor Better than Victoria at Math? In: *Educational Psychology in Practice* 23 (4), 329-342.
- GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (o.J.): Kurzskaalen psychologischer Merkmale. Online unter: <https://www.gesis.org/kurzskalen-psychologischer-merkmale/kurzskalen/need-for-cognition/guetekriterien/>. (Abrufdatum: 04.07.2020).
- Hallström, J., Elvstrand H. & Hellberg, K. (2015): Gender and technology in free play in Swedish early childhood education. In: *International Journal of Technology and Design Education* (25) 2, 173-149.
- Hawi, N. (2010): Causal attributions of success and failure made by undergraduate students in an introductory-level computer programming course. In: *Computer & Education* 54 (4), 1127-1136.
- Heider, F. (1977): *Psychologie der interpersonalen Beziehungen*. Stuttgart: Klett Verlag.
- Helmke, A. (1998): Vom Optimisten zum Realisten? Entwicklung des Fähigkeitsselbstkonzeptes vom Kindergarten bis zur 6. Klassenstufe. In: F. E. Weinert (Hrsg.): *Entwicklung im Kindesalter*. Weinheim: Beltz/Psychologie Verlags Union, 115-132.
- Hoffmann, L. (2002): Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. In: *Learning and Instruction* 12 (4), 447-465.
- Kessels, U. (2012): Selbstkonzept: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten, In: H. Stöger, A. Ziegler, M. Heilemann (Hrsg.): *Mädchen und Frauen in MINT: Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten*. Berlin: LIT-Verlag, 163-191.
- Koch, S., Müller, S. & Sieverding, M. (2008): Women and computers. Effects of stereotype threat on attribution of failure. In: *Computer & Education* 51 (4), 1795-1803.
- Krapp, A., Geyer, C. & Lewalter, D. (2014): Motivation und Emotion. In: T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, 193-224.
- Laskowski, A. (2000): *Was den Menschen antreibt. Entstehung und Beeinflussung des Selbstkonzepts*. Frankfurt/New York: Campus.
- Leiner, D. J. (2016): Cronbachs Alpha sinnvoll einsetzen. Online unter: <http://www.dominik-leiner.de/alpha.pdf>. (Abrufdatum: 04.07.2020).
- Mammes, I. (2016): Natur und Technik in Kindergarten und Grundschule. In: G. Graube & I. Mammes (Hrsg.): *Gesellschaft im Wandel. Konsequenzen für natur- und technikwissenschaftliche Bildung in der Schule*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 152-166.
- Mawson, B. (2010): Children's Developing Understanding of Technology. In: *International Journal of Technology and Design Education* 20 (1), 1-13.
- Mawson, B. (2007): Factors of effecting learning in technology in the early years at school. In: *International Journal of Technology and Design Education* 17 (3), 253-269.
- McClure, J., Meyer, L., Garisch, J., Fischer, R., Weir, K. & Walkey, F. (2011): Students' attributions for their best and worst marks: Do they relate to achievement? In: *Contemporary Educational Psychology* 36 (2), 71-81.
- McNeish, D. (2018): Thanks coefficient alpha, we'll take it from here. In: *Psychological Methods* 23(3), 412-433.
- Meece, J., Bower Glienke, B. & Burg, S. (2006): Gender and motivation. In: *Journal of School Psychology* 44 (5), 351-373.
- Quaiser-Pohl, C. (2012): Mädchen und Frauen in MINT: Motivation und Attributionen: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In: H. Stöger, A. Ziegler & M. Heilemann

- (Hrsg.): Mädchen und Frauen in MINT. Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten. Berlin: LIT, 13-40.
- Rey, G. (2017): Methoden der Entwicklungspsychologie: Datenerhebung und Datenauswertung. Norderstedt: Books on Demand.
- Ropohl, G. (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
- Sachs, B. (1979): Skizzen und Anmerkungen zur Didaktik eines mehrperspektivischen Technikunterrichts. In: Technik. Ansätze für eine Didaktik des Lernbereichs Technik, Fernstudienlehrgang Arbeitslehre. Studienbrief zum Fachgebiet Technik. Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, 41-80.
- Schnotz, W. (2009): Pädagogische Psychologie kompakt. Weinheim: Beltz.
- Solga, H. & Pfahl, L. (2009): Doing Gender im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich. In: J. Milberg (Hrsg.): Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft. Berlin: Springer, 155-219.
- Schmayl, W. (2004): Vom Aufbau und den Inhalten des Technikunterrichts. Teil 2. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht 28 (111), 7-15.
- Stiensmeier-Pelster, J. & Schwinger, M. (2008): Kausalattributionen. In: W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.): Handbuch der Pädagogischen Psychologie. Göttingen: Hogrefe, 74-84.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (2012): Technik – bauen und konstruieren. Hintergründe und Praxisideen für die Umsetzung in Hort und Grundschule. Online unter: [https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/1\\_Forschen/Themen-Broschueren/Broschuere\\_Technik\\_Bauen\\_Konstruieren\\_2012\\_akt.pdf](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/1_Forschen/Themen-Broschueren/Broschuere_Technik_Bauen_Konstruieren_2012_akt.pdf). (Abrufdatum 04.07.2020).
- Turja, L., Endepohls-Ulpe, M. & Chatoney, M. (2009): A Conceptual Framework for Developing the Curriculum and Delivery of Technology Education in Early Childhood. In: International Journal of Technology and Design Education 19 (4), 353-365.
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2004): Bildungsstandards Technik für den mittleren Schulabschluss, Düsseldorf. Online unter: <http://www.sn.schule.de/~nw/tc/files/bildungsstandards-technik>. (19.10.2018).
- De Vries, M. (2005): Teaching About Technology: An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-Philosophers. Dordrecht: Springer.
- Weiner, B. & Kukla, A. (1970): An attributional analysis of achievement motivation. In: Journal of Personality and Social Psychology 15(1), 1-20.
- Weiner, B. (1972): Attribution theory, achievement motivation, and the educational process. In: Review of educational research, 42 (2), 203-215.
- Weiner, B. (1979): A theory of motivation for some classroom experiences. In: Journal of Educational Psychology 71(1), 3-25.
- Weiner, B. (2009): Motivationspsychologie. Weinheim: Beltz.
- Ziefle, M. & Jakobs, E.-M. (2009): Wege zur Technikfaszination. Sozialisationsverläufe und Interventionspunkte. Berlin: Springer Verlag.



*Svantje Schumann*

## **Technische Ereignisse in Stummfilmen erschließen – eine Untersuchung der Bildungsprozesse von Kindern**

### **1 Skizzierung des Forschungsprojekts und der Fragestellung**

Technische Bildungsinhalte werden als unverzichtbare Elemente einer zeitgemäßen Allgemeinbildung und elementaren Grundbildung angesehen (Sachs 2001, Kruse & Labudde 2016). Nach wie vor findet aber nur wenig Technikunterricht im Rahmen des Sachunterrichts statt (vgl. Linke 2013). Hempel (2007) plädiert vor dem Hintergrund der Annahme, dass die Förderung von technischem Verständnis als Voraussetzung eine Diagnose von kindlicher Lebenswelt und kindlichen Bildungsprozessen benötigt, für die verstärkte Beforschung von Bildungsprozessen. Hingewiesen wird darauf, dass kaum erforscht ist, wie Bildungsprozesse im Technikbereich verlaufen und wie Kinder zu Interpretationen über Technik kommen (Kruse & Labudde 2016). Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden eine Forschungsstudie vorgestellt, die auf Erkenntnisgewinn zu technikbezogenen Bildungsprozessen im Sachunterricht abzielt. Es wurden Technik-Stummfilme entwickelt, die anschließend von Kindern der Primarstufe in Partnerarbeit an Notebook-Stationen angeschaut wurden. Im Gespräch miteinander versuchten sie, sich die Filme zu erschließen.

Erschließen ist zu einem zentralen Begriff der Sachunterrichtsdidaktik geworden (vgl. GDSU 2013, 9). Kahlert (2009, 17) sieht im Erschließungsbegriff das vielleicht am meisten Einvernehmlichkeit für sich in Anspruch nehmen könnende Leitbild des Sachunterrichts. Gleichzeitig fällt der Mangel an Wissen über Erschließungsprozesse bei Kindern auf. Es besteht die Forderung, Rekonstruktionsleistungen der Kinder stärker als Ausgangspunkte von Erschließungsprozessen zu nutzen (vgl. Royar & Streit 2010) und unmittelbarer an kindlichen Interessen anzuknüpfen (Schönknecht & Maier 2012). In Bezug auf Erschließungsprozesse im Sachunterricht wird davon ausgegangen, dass vor allem solche Bildungsprozesse nachhaltig auf Kinder im Primarschulalter wirken, bei denen die Kinder sich Erklärungen selbst konstruieren können (vgl. u. a. Wagenschein 2005, Bielmeier 2012).

Bezüglich des oben beschriebenen Forschungssettings – Stummfilm-Erschließung durch Kinder – wurden nun zwei gegenläufige Annahmen aufgestellt: Erstens:

Stummfilme regen dazu an, genau zu beobachten und Beobachtungen sprachlich auszudrücken bzw. Fragen zu formulieren – so werden abduktive und induktive Erschließungsprozesse potentiell unterstützt (vgl. Geiss & Schumann 2014), denn Sprache ist das Medium des Austauschs über Sinngehalte und die Grundlage von Deutung (vgl. Leber & Oevermann 1994, 384f.). Zweitens: Kinder im Primarschulalter benötigen zum abduktiven und induktiven Erschließen von technischen Ereignissen bzw. Gegenständen u. a. die originale Begegnung und die Möglichkeit des handelnden Erschließens (u. a. GDSU 2018) – beide letztgenannten Zugänge fehlen im Fall des Angebots „Stummfilme“ und erschweren abduktives und induktives Erschließen. Das Spannungsfeld, das von beiden Annahmen gebildet wird, führt zu dem Anliegen, Erschließen von Technik näher zu untersuchen und Widersprüche dadurch ggf. auflösen zu können sowie, wenn möglich, bildungswirksame Maßnahmen zur Unterstützung rekonstruierender Lernprozesse im Bereich Technik abzuleiten.

## 2 Der sachunterrichtsdidaktische Theorierahmen

Um die Ergebnisse der Forschungsstudie später im Kontext aktueller fachdidaktischer Literatur beleuchten zu können, soll im Folgenden der aktuelle Forschungsstand bezüglich der Bedeutung des Handelns und der Sprache für Bildungsprozesse umrissen werden.

### 2.1 Annahmen bezüglich der Bedeutung des Handelns für Erschließungsprozesse im Sachunterricht generell

Im Sachunterricht wird oft von der Prämisse ausgegangen, dass Kinder vor allem von der Handlungsorientierung, der durch Handeln erwerbbarer Lernerfahrung, profitieren (vgl. u. a. Dewey 1933; Donaldson 1991; Soostmeyer 1998; 2002; Giest 2004; Kaiser 2004; Heck u. a. 2009, 46). Handlungsorientiertes Lernen ist laut Einsiedler (2015) sowie Gervé und Mayer (2018) ein Grundprinzip des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts. Laut Hartinger (1997) ist es besonders wichtig für den Aufbau von Interesse.

Gleichzeitig wird immer wieder betont, dass für den Handlungsbegriff eine lerntheoretische Begriffsfundierung bzw. Konzeptfundierung fehle und er unscharf und unterbestimmt sei. Kritisiert wird, dass als handlungsorientiert deklarierter Unterricht in der Realität häufig auf ein bloßes Tun hinauslaufe und Reflexionsphasen vernachlässigt würden (Kahlert 2009, 184). Handlungsorientierter Unterricht ist empirisch wenig untersucht (Franz u. a. 2018, 9ff.); es besteht beispielsweise wenig Kenntnis darüber, in welchen Alters- und Entwicklungsstufen Kinder ggf. in besonderer Weise auf welche Formen eines handlungsgeprägten Zugangs zu Phänomenen angewiesen sind.

## 2.2 Annahmen bezüglich der Bedeutung des Handelns für den Technikunterricht speziell

Die Annahmen in Bezug auf das Handeln im Bereich der Technischen Bildung stellen sich sehr heterogen dar. Teilweise wird für handlungsorientierten, teilweise für gedanklich-analytischen Technikunterricht plädiert. Köhnlein (2012, 471) beispielsweise sieht in der Schulung des „produktiven und konstruktiven Denkens das übergreifende formale Ziel im Bereich der technischen Dimension“ und plädiert sowohl für „das mentale Spiel mit Vorstellungsbildern“ (Köhnlein 2012, 472) als auch für „das Untersuchen, Probieren, Planen, Konstruieren und Erfinden“ (Köhnlein 2012, 471). Empfohlen wird von der GDSU letztlich das kombinierte Angebot von Handlungs- und Verstehensprozessen: „Erst die Verknüpfung von Handlungs- und Verstehensprozessen ermöglicht das Erfassen von technischen Gegenständen, Prozessen und Abläufen, die Übertragung des Erfassten auf weitere technische Bereiche sowie die kritische Auseinandersetzung mit Technik.“ (GDSU 2013, 44)

## 2.3 Annahmen bezüglich der Bedeutung der Sprache im Sachunterricht generell

Sprache wird in der Sachunterrichtsdidaktik meistens unter der Fragestellung betrachtet, wie sich Fachunterricht auf die Sprachentwicklung auswirkt. Angenommen wird in der Literatur vor allem die positive Wirkung naturwissenschaftsbezogener Bildungsanlässe und -inhalte auf insbesondere den Wortschatz (Tomcin & Reiners 2009, Gottwald 2012/2016, Neugebauer & Nodari 2017).

Aussagen zum Zusammenhang von Sprache und Verständnis finden sich vor allem in allgemeinerer Form. Beispielsweise geht Sprache gemäß Butler (2006) über ein reines Benennen hinaus und kann als handelnder Bildungsprozessmodus verstanden werden – Sprache „tut“ also etwas: sie führt zu Deutungen. Insgesamt sind aber Untersuchungen zur Bedeutung von Sprache für den Aufbau von Fachverständnis kaum zu finden. Es gibt die Annahme, dass bewusste Versprachlichungen von naturwissenschaftlichen Sachverhalten allmählich das Verständnis und damit die Erkenntnis erweitern (Goedhart 1999, Aeschlimann u. a. 2008, Ostergaard & Hugo 2008, Archie 2016). Wagenschein (1923/1996) sieht in einer sorgfältigen Versprachlichung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten das Potential, Beziehungen zwischen alten und neuen Begriffen zu sehen und so eine Transformation sowohl im Bereich der Sprache als auch im Bereich des Verständnisses herbeiführen zu können.

Nur vereinzelt finden sich Beobachtungen und Aussagen zu Bildungsprozessen, die im Zusammenhang mit der Fachsprache stehen. Wagenschein geht von der Annahme aus, dass sich zunächst die Muttersprache entwickelt und daraus dann in einem Prozess der Ausschärfung, Beschränkung und Eindeutigkeitsbestim-

mung bruchlos die Fachsprache hervorgeht (Wagenschein 1976, 1923/1996). Sowohl Wagenschein als auch Merzyn (1998) und Apolin (2004) vertreten die Auffassung, dass eine zu frühe Einführung von Fachbegriffen und ein zu frühes Bestehen auf korrekter Fachsprache zur Unbeliebtheit naturwissenschaftlichen Unterrichts beitrüge.

#### **2.4 Annahmen bezüglich der Bedeutung der Sprache im Technikunterricht speziell**

Auch wenn er sich nicht explizit auf den Bereich der Technik bezieht, so lassen sich einige Hinweise bzw. Beobachtungen Wagenscheins unmittelbar auf den Technikbereich beziehen. Gemeint ist die Beobachtung, dass Kinder, wenn sie sensibilisiert wurden für den Aspekt einer Definition, „bald einen gewissen sportlichen Eifer, sich an Schärfe und Knappheit der Definition zu übertreffen“ an den Tag legten und dabei erfahren würden, dass „man zuletzt bei gewissen Grundbegriffen haltmachen muß“ und dass man „sich sowohl vor zu engen als auch vor zu weiten Definitionen zu hüten hat“ (Wagenschein 1923/1996, 6). Noch schwieriger als gute Definitionen aufzustellen sei es, sprachlich Beziehungen bzw. Zusammenhänge zwischen verschiedenen Teilen eines Gegenstands auszudrücken. Um Zusammenhänge zu verstehen, kann man nach Wagenschein entweder von der Logik der Funktionsweise ausgehen (z. B. beim Fernrohr überlegen, wie der Weg des Lichts durch das Fernrohr ist und diesen nachvollziehen) oder von der Logik der Herstellung (z. B. die Reihenfolge des Zusammenbaus von Einzelteilen zum Ganzen betrachten) (Wagenschein 1923/1996, 10).

Köhnlein (2012, 32) ist der Meinung, dass das Potential des dialogischen Charakters von Erschließungsprozessen von der Naturwissenschaftsdidaktik bisher zu wenig ausgeschöpft wird. Mikelskis-Seifert & Gromadecki (2006) fordern, Gesprächsabläufe im Sachunterricht stärker zu untersuchen. Und Merzyn schreibt: „Sprache spielt für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine vielfach unterschätzte, eminent wichtige Rolle“ (Merzyn 1998, 11). Wenn Sprache, und sei es nur der Vermutung nach, so eine wichtige Rolle für Erschließungsprozesse besitzt, ist erklärungsbedürftig, warum der versprachlichenden, potentiell argumentativen Auseinandersetzung von Kindern im Rahmen von Erschließungsprozessen im Sachunterricht so wenig Bedeutung seitens der Forschung geschenkt wird.

### 3 Methodik

#### 3.1 Datenerhebung und Analyse

Vorgestellt wird eine hermeneutische Fallstudie, die im Rahmen eines PgbB MINT-Bildungsprojekts in einer fünften Klasse mit 16 Schülerinnen und Schülern einer Primarschule in der Schweiz generiert wurde (vgl. <https://www.fhnw.ch/de/die-fhnw/hochschulen/ht/mint-bildung>).

Im Klassenzimmer wurden zehn Notebook-Stationen aufgestellt – an jeder Station war ein anderer Stummfilm auf einem Video-Player abrufbar: Dübel, Reißverschluss, Wagenheber, Handschwengelpumpe, Mährescher, Handbohrmaschine, Heißklebepistole, Kugelschreiber, Fahrradschaltung, Schleuderschneeketten.

Die Kinder arbeiteten in Zweiergruppen an den Notebook-Stationen. Hinter dem Modell der Partnerarbeit steckt die Idee der Externalisierung von Gedankengängen. Die Bildungsforschung steht oft vor dem Problem, dass Lernprozesse von Kindern als innerer Prozess, als Dialog mit sich selbst stattfinden, so dass man kein Protokoll davon generieren kann. Und die Analyse von Protokollen mit hohen Anteilen nonverbaler Sequenzen beinhaltet die Gefahr, zu spekulativ zu werden. Für die Beforschung kindlicher Bildungsprozesse bietet es sich an, die Externalisierung bereits in das Setting des Kommunikationsrahmens einzuschalten, so dass man den Prozess unmittelbar analytisch begleiten kann und später die sich entwickelnde, fortlaufende Rekonstruktion vor sich hat.

Der Auftrag war, sich zu zweit den Film an einer Station anzuschauen und zu versuchen, den Film zu verstehen und sich über den Film auszutauschen. Es wurde darauf hingewiesen, dass es möglich ist, den Film mehrmals anzusehen oder zwischendrin anzuhalten. Die Kinder durften – dies war freiwillig – zudem Fragen, Beobachtungen oder Skizzen notieren. Wenn die Kinder das Gefühl hatten, eine Station abgeschlossen zu haben, konnten sie zu zweit selbstständig die nächste freie Notebook-Station aufsuchen. Zusätzlich zu den Filmen standen den Kindern nur an vier Notebook-Stationen Materialien zur Verfügung (z. B. an Station „Dübel“ große Dübel mit passenden Schraubhaken und an der Station „Handbohrmaschine“ mehrere Handbohrmaschinen, Holz und ein Satz Bohrer). So gab es in Hinblick auf die spätere Analyse eine Vergleichsmöglichkeit zwischen Stationen mit und Stationen ohne zur Verfügung gestelltes Material. Die Kinder taten sich freiwillig zu Zweiergruppen zusammen. Die aufgezeichneten Gespräche der Kinder (s. u.) wurden objektiv-hermeneutisch analysiert.

Es wird davon ausgegangen, dass thesengenerierende Methoden wie die Objektive Hermeneutik gerade in Bereichen mit viel Erkenntnisgewinnungsbedarf viel Erkenntnisgenerierungs-Potential haben. Die Methode der Objektiven Hermeneutik ist im Gegensatz zu einer subsumierenden Vorgehensweise eine rekonstruktive Methode. Sie zielt darauf ab, die typischen, d.h. charakteristischen Strukturen zu erforschender Phänomene zu entschlüsseln und die „hinter den Erscheinungen

operierenden objektiven Gesetzmäßigkeiten ans Licht zu bringen” (Oevermann 1996, 1). Die Methode versucht, Lesarten bezüglich möglicher Bedeutungsstrukturen zu formulieren und auf diese Weise Thesen zu generieren.

Optimale Grundlage für die Anwendung der Objektiven Hermeneutik sind gerätebasiert aufgezeichnete Protokolle – hierbei gehen keine Daten verloren und die Aufzeichnung ist weder subjektbehaftet noch „intelligent“. Eine in der sozialwissenschaftlichen Forschung gebräuchliche Alternative, die „Beobachtung der Beobachtung“ wird von der Objektiven Hermeneutik abgelehnt, weil schriftliche, von beobachtenden Personen verfasste und eben nicht gerätebasierte Protokolle immer eine Mischform aus Datenerhebung und -auswertung darstellen; Datenerhebung und -interpretation lassen sich nicht mehr trennen. Im Zentrum stand insgesamt die Beobachtung des realen, möglichst wenig durch Vorgaben überprägten Interaktionsgeschehens.

Die Kinder wurden an den Stationen gefilmt und die Gespräche der Kinder wurden mit Hilfe eines neu entwickelten Verfahrens audiografischer Unterrichtsbeobachtung aufgezeichnet. Jede Schülerin/jeder Schüler wurde mit einem USB-Stick-großen Aufnahmegerät ausgestattet, welches mit Hilfe eines Clips an der Kleidung befestigt wurde. Die Audiografierung mittels Stick sollte dafür sorgen, dass individuelle Äußerungen nicht verloren gehen. Alle 16 Aufnahmegeräte wurden mit einem Synchronisations-Tonsignal versehen, um die Tonspuren später auf eine gemeinsame Zeitschiene legen zu können. Die Tonaufnahmen wurden später mit einem Mehrspur-Sequencer am Computer nachbearbeitet, synchronisiert und geschnitten. Die so bearbeiteten MP3-Aufnahmen wurden manuell transkribiert und mit Hilfe der Methode der Objektiven Hermeneutik analysiert. Die Details des Aufnahme- und Transkriptionsverfahrens können bei der Autorin nachgefragt werden, eine ausführliche Darstellung ist bislang noch nicht publiziert.

Mit Hilfe der Studie sollen Erkenntnisse darüber generiert werden, wie Kinder sich bei der Begegnung mit den Technik-Stummfilmen verhalten und bei der Erschließung vorgehen – auch, um damit eine bessere Grundlage zu erhalten, die ggf. das Ableiten von bildungswirksamen Maßnahmen zur Unterstützung rekonstruktiver Erschließungsprozesse im Technikunterricht der Primarstufe zulässt.

### 3.2 Stummfilm-Setting

An den Notebook-Stationen kamen auf verschiedene Weise generierte Stummfilme zum Einsatz, die jeweils spezifische Merkmale aufweisen (alle entwickelten Stummfilme sind auf einer Online-Plattform aufgeschaltet und stehen sowohl für die Aus- und Weiterbildung von Pädagog\*innen als auch für den Einsatz in Schulen sowie für die weitere Forschung zur Verfügung, siehe Schumann 2018b). Allen eingesetzten Stummfilmen ist gemeinsam, dass sie in einer Gesamtlänge von ca. 2 bis 3 Minuten den technischen Ablauf eines Vorgangs bzw. einen Gegenstand

zeigen. Mit Ausnahme der beiden realgefilmten Videos „Fahrradschaltung“ und „Handbohrmaschine“ waren die eingesetzten Filme Animationen. Die Filme „Schleuderschneeketten“ und „Reißverschluss“ bestanden aus sowohl animierten als auch real gefilmten Abschnitten.

Im Fall der „Animation“ werden Einzelbilder erstellt und so angezeigt, dass sich für den Betrachter ein bewegtes Bild ergibt. Eine Animation analysiert die in der Realität existierenden Bewegungsabläufe, muss sie aber nicht 1:1 umsetzen, sondern kann z. B. einzelne Details vergrößert darstellen oder das Timing verändern, um sehr schnell ablaufende Prozesse zu verlangsamen und damit besser wahrnehmbar zu machen. Innenansichten können zugänglich gemacht oder Innen- und Außenansichten gleichzeitig dargestellt werden.

Das Filmformat „real Gefilmtes“ zeigt Vorgänge/Ereignisse von filmisch bzw. fotografisch abgebildeten realen Dingen. Es hat den Vorteil, den Gegenstand unverfälscht vor sich zu haben, ohne dass Abstraktionsleistungen vollbracht werden müssen. Es geht vor allem um das Vorführen einer Handlung oder eines technischen Ereignisses.

## 4 Analyse

Die Analyse der Gesprächssequenzen (die Analyse der Aufschriebe wird aus Darstellungsgründen nur gestreift) mittels Objektiver Hermeneutik kann im Folgenden nur exemplarisch dargestellt werden.

Die Methode der Objektiven Hermeneutik (Oevermann u. a. 1979, Oevermann 1996, Wernet 2006) versteht sich als rekonstruktionslogisches, thesengenerierendes Verfahren. Rekonstruktionslogische Analysen begründen sich gerade auf dem Gebiet der Grundlagenforschung damit, dass sie weitgehend ohne noch sehr spekulative, empirisch kaum überprüfte theoretische Vorannahmen auskommen. Geht man davon aus, dass die bisherige Theorielage noch ungenügend empirisch untersucht ist, scheint es angemessen zu sein, sich möglichst von ihr zu lösen.

Bei der Methode wird ein Protokoll nach allen Seiten hin erschöpfend analysiert – es besteht der Anspruch, aus relativ wenigen Daten die maximale Erkenntnis, in Form von Thesen, zu generieren. Bezüglich der Datenauswertung gilt, dass die Objektive Hermeneutik nicht eine Methode des Verstehens im Sinne eines Nachvollzuges subjektiver Dispositionen oder eine Methode des Sich-Einfühlens, sondern eine strikt analytische Methode der lückenlosen Erschließung und Rekonstruktion von objektiven Sinn- und Bedeutungsstrukturen ist (Oevermann 1996: 16). Im Zuge der Datenauswertung wird versucht, von einer konkreten Äußerung beginnend die objektive Bedeutungsstruktur zu rekonstruieren, d. h. die objektiv geltenden Sinnstrukturen werden intersubjektiv überprüfbar an konkreten, les-, hör- und sichtbaren Ausdrucksgestalten zu entziffern versucht (Oevermann 1996: 1).

Es wird im Fall der Objektiven Hermeneutik nicht von einer bestehenden Theorie ausgegangen und von ihr ausgehend Hypothesen abgeleitet, die anschließend geprüft werden, sondern bei der Analyse des Materials werden Hypothesen bzw. Aussagen generiert. Dahinter steckt auch die Auffassung, dass eine Theorie (oder auch ein theoretischer Begriff) erst in der rekonstruierenden Darstellung einer konkreten Sache seine Gültigkeit erweisen kann. Wenn man eine Sequenz in hinreichender Länge bruchlos rekonstruiert hat, so die Annahme, bildet sich die Fallstrukturgesetzlichkeit ab, aus der heraus eine je konkrete Lebenspraxis ihre Wahl bzw. ihre Entscheidungen wiedererkennbar getroffen hat.

Einige grundlegenden Prinzipien, die für das Verständnis der Datenauswertung mit der Methode der Objektiven Hermeneutik eine besondere Bedeutung haben, sind, in Anlehnung an Wernet (2006):

- Das Totalitätsprinzip: Das Totalitätsprinzip bedeutet eine vollständige Bearbeitung dessen, was textlich vorliegt, und dessen „totale“ (d. h. bis ins letzte Partikel reichende) Rekonstruktion. Dieser Vorgehensweise liegt die Auffassung zugrunde, dass alles im Text Enthaltene motiviert ist (im Sinne von: eine Bedeutung hat).
- Das Wörtlichkeitsprinzip und das Lesartenprinzip: Es dürfen nur solche Schlüsse gezogen werden, die vom Text erzwungen sind. Interpretationen im Stil „was sein kann“ sind nicht zulässig, also Lesarten, die zwar mit dem Text kompatibel sind, aber nicht zwingend diesen Schluss zulassen. Es dürfen daher nur diejenigen Lesarten expliziert werden, die in der Ausdrucksgestalt noch konkret markiert und von ihr erzwungen sind.
- Das Prinzip der Gültigkeit bzw. der Authentizität: Aus der Beachtung des Prinzips der Gültigkeit bzw. Authentizität folgt, dass das „Authentische“ immer im Text markiert ist, wobei Authentizität nicht gleichbedeutend mit dem „Wahren“ oder einzig „Richtigen“ zu sehen ist – gerade das „Unwahre“ und „Fehlerhafte“ wird als authentisch und somit gültig betrachtet. Das Authentische ist das eigentliche, zu verifizierende Thema, die Primärbedeutung. Bei Texten kann eine Primärbedeutung von einer sekundären Ausdrucksform gerahmt werden, z. B. kann Ironie die sekundäre Rahmung einer Primärbedeutung sein. Diese Rahmung ist ebenfalls authentisch. Gemäß dem Prinzip der Wörtlichkeit muss sie, bei Annahme ihres Gebrauchs, im Text „markiert“, d. h. erkennbar sein. Die bloße Annahme von Rahmungen, ohne dass diese im Text markiert und von diesem erzwungen sind, ist für die Gegenstandserschließung hinderlich und nach der Vorgehensweise der Objektiven Hermeneutik nicht zulässig.
- Das Prinzip der Sequenzanalyse: Grundlegend für die Methode der Objektiven Hermeneutik ist die Sequenzialität, worunter kein triviales zeitliches und räumliches Nacheinander bzw. Hintereinander verstanden wird, sondern die mit jeder Einzelhandlung als Sequenzstelle sich vollziehende Öffnung neuer Optionen oder Schließung vorausgehend eröffneter Möglichkeiten. Es gibt ein

Gesamt an Sequenzregeln, durch die an einer je gegebenen Sequenzstelle die sinnlogisch möglichen Anschlüsse erzeugt werden und auch die jeweils möglichen sinnlogisch kompatibel vorausgehenden Handlungen festgelegt sind und entsprechend erschlossen werden können.

#### 4.1 Schleuderschneeketten

Der Film zeigt in einer Mischung aus Animation und realen Filmaufnahmen die Funktionsweise von Schleuderschneeketten. Bei plötzlich auftretendem Schnee lassen sich vom Fahrerhaus aus die Schneeketten unter die Antriebsräder zuschalten. Ein Schwenkarm, an dessen Ende sich ein drehbares Kettenrad befindet, fährt aus. Trifft das Kettenrad auf den Antriebsreifen, beginnt es sich zu drehen und die Kettenstränge werden zwischen Lauffläche und Fahrbahn geschleudert und bringen sogenannten Grip unter die Antriebsräder.



Abb. 1: Exemplarische Screenshots aus dem Technik-Stummfilm „Schleuderschneeketten“

Eine Gesprächssequenz stellt sich wie folgt dar:

A (Junge, 11 Jahre): *Schleuderschneeketten steht da. Was auch immer Schleuderschneeketten sind.*

B (Junge, 11 Jahre): *Ein LKW. Und es schneit. Der schlingert.*

A: *Ah cool, Automatik. Oder was? Nein echt jetzt? Nice, der hat dann da so Ketten, echt jetzt, die dann den Schnee jetzt direkt unter den Rädern wegmachen? Nice, ist ja richtig nice. Alter, die schleudern dann da so rum. Das will ich nochmal sehen. Aber wie gehen die dann da wieder weg, weil die klemmen doch dann unter dem Rad fest?*

*Ah nee, anscheinend nicht, ist vielleicht zu rutschig? Hey, aber cool. Als ob 's das wirklich gibt. Das würde ich gerne mal sehen. Nice.*

*B: Damit kann man natürlich überall fahren. Coole Aufnahmen.*

*A: Alter, als ob es die tatsächlich gibt, ist ja richtig cool. Aber wie verstaubt man die dann bitte, ich mein, die haben da unten doch gar keinen Platz? Naja. Da! Da klappen sie schon ein. Also die gehen dann einfach unter die Räder und dadurch ist eben kein Schnee mehr unter den Rädern, sondern diese Teile. Man hat aber nichts zu tun. Man muss nicht aussteigen, man muss keine Schneeketten dranhängen. Das sind halt einfach diese Teile. Ein Knopfdruck reicht. Cool.*

In dieser Gesprächssequenz hat A den Dateinamen „Schleuderschneeketten“ gelesen. Sein Satz „Was auch immer Schleuderschneeketten sind“ zeigt, dass er zunächst keinen Anknüpfungspunkt an diese Bezeichnung findet. B drückt zu den Themen „LKW“, „schneien“ und „schlingern“ kurz aber prägnant die im Film dargestellte Gesamtsituation aus – das Schneien entpuppt sich ja als wesentliches, nicht nur rahmendes Element des Films. „Schlingern“ ist dabei ein sehr treffender, bildlich-lebhafter Beschrieb für die Bewegung des LKW.

A benennt mit der Feststellung „Automatik“ ein Schlüsselement des Films, nämlich das Neue an der Erfindung: der Mensch muss nicht mehr aussteigen und die Schneeketten anlegen, sondern die technische Vorrichtung ermöglicht es ihm, die Schneeketten per Knopfdruck zu aktivieren. In den Äußerungen „echt jetzt“, „nice“, „cool“ kommt zur Geltung, dass er verstanden hat, was für eine Leistung es ist, sich so etwas auszudenken.

Die Vermutung von A besteht in der Vorstellung, die Ketten würden den Schnee unter den Rädern beiseiteschieben, wegräumen. Was ihn ausgehend von dieser Vermutung irritiert ist, dass die Ketten aber immer wieder durch das Rad eingeklemmt werden, und so am Wegschleudern von Schnee gehindert werden. Er kommt nicht auf die alternative Deutung, dass die Ketten quasi Griffigkeit herstellende Elemente sind.

Die Frage „Aber wie verstaubt man die [Schneeketten] dann bitte, ich mein, die haben da unten doch gar keinen Platz?“ weist darauf hin, dass A keine Vorstellung davon hat, wie viel Platz unter einem LKW vorhanden ist (auch „normale“ Schneeketten oder ganze Ersatzräder werden oft dort aufgehängt gelagert), dass ihm die Raumverhältnisse unter einem LKW nicht deutlich vor Augen stehen.

## 4.2 Dübel

Dargestellt ist eine Wand im Querschnitt, in die ein Loch gebohrt ist. In dieses wird ein Dübel gesteckt und anschließend eine Schraube eingedreht. Zu sehen ist, wie beim Eindrehen der Schraube der Dübel verformt wird und es wird darzustellen versucht, wie es zwischen Dübel und Wand zu einem Form- und Kraftschluss kommt.

Eine Gesprächssequenz lautete wie folgt:

A (Junge, 11 Jahre): *Das ist ein, eine Wand, mit einem Loch drin, und da ist ein Dübel und eine Schraube.*

B (Junge, 11 Jahre): *Und jetzt wird der Dübel in die Wand geschoben, und die Widerhaken hindern ihn daran, dass er wieder rausgeht. Die Schraube wird reingeschraubt. Und der Dübel geht aber nicht bis zum Ende vom Loch, sondern nur fast, und die Schraube berührt aber das Ende.*

A: *War es das schon? Hhm.*

B: *Nochmal schauen. Jetzt geht der Dübel in die Wand. Dann verhaken sich diese Häk-, Dinger.*

A: *Und warum schraubt man die Schraube nicht gleich in die Wand? Zu locker. Oder was?*

B: *Hhm.*

A: *Hhm.*

Diese Zweiergruppe kämpfte bei der Erschließung mit der Frage nach der Funktion des Dübels – die Funktion eines Dübels scheint eher außerhalb dessen zu liegen, was Kinder bereits erfahren haben. Junge A nimmt zunächst eine sehr sachliche Beschreibung der Situation vor, bewegt sich auf der konkret-logischen Ebene dessen, was man wahrnimmt. In seiner Beschreibung ist alles Wesentliche benannt. Das Wort „Dübel“ ist ihm vertraut. Junge B formuliert den Vorgang des Einsteckens des Dübels. Sein Ausdruck „den Dübel schieben“ trifft den Vorgang gut, auch wenn ein Techniker diesen Ausdruck eher nicht verwenden würde. Das Detail „Widerhaken“ wird vom Kind erkannt – die Widerhaken sind technisch vor allem wichtig, wenn man einen Dübel in ein Loch in der Decke steckt, also über Kopf arbeitet. Auch die Funktion der Widerhaken ist erkannt worden – die Verhinderung des Herausfallens bzw. Zurückrutschens. Nicht klar ist, ob der Junge das Hindern am Herausgehen in diesem Moment aus dem Filmkontext ableitet oder schon vorher Bescheid gewusst hat. Es ist möglich, dass er es im Film erschlossen hat, denn in der Animation ist gut zu erkennen, wie die Häkchen zusammengedrückt werden und sich dann im Lochinnern wieder abspreizen. Was in der Gesprächssequenz fehlt, ist das Erschließen oder Erkennen des Prinzips von Dübel und Schraube, also dass die Schraube den Dübel auseinanderpresst, so dass es zu einem Kraft- und Formschluss kommt – was den eigentlichen Grund darstellt, warum die Schraube dann in der Wand hält. Diese Funktion der Fixierung der Schraube durch den Dübel wurde nicht erkannt.

Was Junge B noch feststellt, ist, dass der Dübel etwas kürzer ist als das Loch. Tatsächlich müssen Schraube und Dübel nicht 100%ig übereinpassen; wichtig ist nur, dass das Loch in Betonwänden so tief gebohrt ist, dass die Schraube nicht gegen die hintere Wand stößt (denn dann würde sie durch die Drehbewegung den Dübel wieder herausbefördern). Wäre der Dübel sehr viel länger als die Schraube,

könnte das sich auch ungünstig auf die Haltekraft auswirken, weil er sich dann in die Länge verziehen kann.

Interessant ist, dass Junge B das Gefühl hat, etwas Wichtiges übersehen oder die Sache noch nicht ganz durchdrungen zu haben. Er macht Gebrauch von der Möglichkeit, einen Teil des Films noch einmal anzusehen. Junge A stellt dann mit der Warum-Frage die Frage nach der Funktion des Dübels. Die für die Funktion wichtige Bewegung des Dübels – das Auseinanderdrücken der zwei Dübelschalen – haben beide Jungen nicht gesehen bzw. beachtet; sie haben in Bezug auf den Dübel nur die Widerhakenbewegung wahrgenommen. Dübel werden verwendet in Wänden, in denen sich eine Schraube kein Gewinde schneiden kann – entweder, weil die Wand zu hart ist, oder weil die Wand Schaden nehmen könnte, z. B. weil sie sehr porös ist, oder weil die Wand Hohlräume hat (z. B. Gipsplattenwände – in diesen Wänden werden Spezialdübel eingesetzt, sog. Hohlraumdübel).

## 5 Zusammenfassung des Erkenntnisgewinns

Im Folgenden sollen Aussagen, zu denen die Analyse führt, zusammenfassend dargestellt werden. Der Erkenntnisgewinn wird der Übersicht halber in verschiedenen Themengruppen zusammengefasst.

### 5.1 Bedeutung des medialen Zugangs „Technik-Stummfilme“ für Erschließungsprozesse

Dass die rein mediale Präsentation der technischen Gegenstände bzw. Ereignisse – ohne Möglichkeit eines handelnden Zugangs und der originalen Begegnung – an das kindliche Interesse anzuschließen und die Kinder zu motivieren vermochte, zeigte sich darin, dass fast alle Zweiergruppen entweder in ihrem Aufschrieb oder im Gesprächsverlauf Fragen formulierten.

Zudem zeigen die Gesprächsaufzeichnungen, dass sich die Kinder sehr konzentriert (d.h. die Kinder ließen sich kaum ablenken, die Erkenntnisgewinnung stand im Mittelpunkt ihrer Bemühungen) eine ganze Schulstunde lang mit den Stationen auseinandersetzen. Die Gespräche waren auf die Themen fokussiert; nach Abschluss einer Station suchten die Kinder unmittelbar die nächste Station auf und ließen sich auf das dort gezeigte Thema ein. Zum einen liegt hier der Erklärungsansatz nahe, dass die Kinder zeitlich länger anhaltenden Medienkonsum gewöhnt sind und dass der Reiz von Medien auf Kinder stark ist. Ein weiterer Erklärungsansatz gründet sich auf der Tatsache, dass bei den Stummfilmen die Darstellungsweise „Animation“ dominierte und dass diese Darstellungsweise auf Kinder eine Faszination ausübt, weil die Dinge einerseits realistisch wirken, andererseits Blicke ins Innere ermöglichen oder Prozesse des Auseinander- und Zusam-

menbaus in Form animierter Explosionszeichnungen verfolgt werden können. Es lässt sich zudem die Vermutung aufstellen, dass die Stationen, an denen von auffallend vielen Kindern Fragen formuliert waren, Themen zum Gegenstand hatten, die an die Lebenswelt der Kinder anschließen und Kinder so genügend Anknüpfungspunkte haben, um Fragen zu stellen. Ebenfalls fiel auf, dass die Kinder von sich aus die Möglichkeit nutzen, die Filme zwischendurch anzuhalten oder sich Passagen wiederholt anzuschauen.

## 5.2 Bedeutung der Anknüpfung an die kindliche Lebenswelt für Erschließungsprozesse

Für die Filme, die bei vielen Kindern auf großes Interesse stießen, gilt in besonderem Maße, dass sie unmittelbar an die Lebenswelt der Kinder anschließen („Reißverschluss“, „Handbohrmaschine“). Die Äußerungen und Aufschriebe der Kinder bezüglich des Films „Schleuderschneeketten“ zeigen, dass die Kinder an dem Gegenstand und Mechanismus interessiert waren, obwohl dieser keinen engen Bezug zur kindlichen Lebenswelt aufweist – die Vermutung ist, dass er den Kindern wegen seines hohen Grads an Konkretheit und wegen der guten Wahrnehmbarkeit aller Abläufe erfassbar erschien. Dass Filme schwer zu verstehen sind, äußerten Kinder in Bezug auf die Filme „Wagenheber“, „Handschwengelpumpe“, „Kugelschreiber“, „Mähdrescher“ und „Fahrradschaltung“. Kompliziert macht das Erschließen dieser Filme, dass nicht alles, was passiert, sichtbar ist. Nicht sichtbar sind im Fall der Handschwengelpumpe z. B. die sog- und druckbasierten Vorgänge oder beim Wagenheber der Gewindegzugmechanismus.

## 5.3 Bedeutung der Sprache und des Dialogs für Erschließungsprozesse

Sowohl in den Aufschrieben als auch in den Gesprächssequenzen zeigte sich, dass die Kinder überwiegend von Beobachtungen und der Versprachlichung der Beobachtung ausgehen. Diesen Schritt lassen sie nicht aus, obwohl denkbar wäre, dass er nach dem Motto: das haben wir gesehen, das müssen wir nicht nochmals erwähnen, weggelassen würde. Das Gegenteil ist der Fall – die Kinder teilen sich gegenseitig mit, was sie gesehen haben. Oftmals begannen die Sequenzen damit, dass die Kinder die Situation im Film beschrieben. Im Prozess des Erschließens teilten die Kinder sich immer wieder ihre bisherigen Erfahrungen und ihr Vorwissen mit. Den Kindern ist der Austausch darüber, woher sie etwas kennen, erkennbar wichtig; im Dialog regen sie sich gegenseitig an, Erinnerungen, Erfahrungen und Anknüpfungspunkte gegenseitig zu aktivieren.

Die Kinder kamen in ihren Gesprächen ohne exakte Bezeichnungen, elaborierte Formulierungen und ohne komplexe sprachliche Strukturen (wenn-dann, je-desto, weil, damit) aus. Häufig fanden die Kinder von selbst sehr treffende Bezeichnungen für Gegenstände, Bauteile oder Vorgänge (vgl. z. B. die Bezeich-

nung „Hebelarm“ für den Pumpenarm der Handschwengelpumpe oder das Verb „schlingern“ zur Beschreibung des LKW-Fahrverhaltens in Schnee, Kap. 4.1). In manchen Äußerungen zeigt sich auch, dass es den Kindern möglich ist, sich an gezeigte, ihnen unbekannte Elemente mit eigenen Wortschöpfungen anzunähern (z. B. im Fall des Wagenhebers „Drehaufwagen“, „Autolüpfert“). Ungenauigkeiten oder das Fehlen von Begriffen sowie Auslassungen oder Platzfüller (z. B. „irgendwie“) weisen darauf hin, dass bestimmte Vorstellungen noch nicht gebildet wurden. Für Dinge, die einer sich bildenden Person noch unklar sind oder zu denen kein Bezug da ist, fehlen ihr oft die Worte. Gleichzeitig darf nicht aus dem Blick geraten, dass trotz solcher Verständnislücken oft auch viel Wesentliches erfasst wird.

#### **5.4 Bedeutung des rekonstruktiven Erschließens für technische Bildungsprozesse**

Bezüglich des rekonstruktiven Schließens fällt auf, dass die Kinder sich besonders häufig des abduktiven Schließens in Form des Analogieschlusses bedienen (Hinweise darauf liefern Formulierungen wie „das sieht aus wie“, „das ist wie bei“, „das kenne ich von“, „das gibt es auch bei“). Die Kinder machen Gebrauch vom konkret-logischen Denken. Dies zeigt sich u. a. darin, dass sie sich auf die unmittelbar vorliegenden, beobachtbaren Merkmale eines Gegenstands beziehen und die räumliche Orientierung bei Beschreibungen eine große Rolle spielt, z. B. in Form einer Innen-Außen-, Oben-Unten-, Rechts-Links Strukturierung von Beschreibungen und dass Beschreibungen generell wichtig sind und ständig von den Kindern vorgenommen werden. Überwiegend verfügten die Kinder nicht über fertige Konzepte; am häufigsten trat ansatzweise Konzeptwissen bezüglich des Hebelgesetzes auf (ein Beispiel an der Station „Wagenheber“: „Das hat irgendwas mit Hebelkraft zu tun, also das muss ja eigentlich ganz leicht sein, man kann ja nicht einfach mit Kraft ein Auto hochstemmen“).

In Bezug auf die Kinder fiel auf, dass einige in der Lage waren, das Wesentliche in den Filmen zu erkennen und zu benennen und die gezeigten Prozesse zu ordnen und zu strukturieren sowie Einzelheiten wegzulassen und Kompliziertes auf Einfaches zu überführen. Aber nicht immer waren die Kinder in der Lage, das Wesentliche an einem Gegenstand oder Vorgang zu erfassen; manchmal blieb die Erschließung eher oberflächlich. Dies ist ein Hinweis darauf, dass es notwendig ist, zusätzlich zum Stummfilm den Gegenstand oder das Ereignis direkt vor sich zu haben und sich handelnd-erkundend damit auseinanderzusetzen sowie ggf. mit Hilfe eines sokratisch-mäeutischen Gesprächs auf wichtige Fragen oder Merkmale aufmerksam zu werden.

Beim Aufspüren von Zusammenhängen machten die Kinder am ehesten Gebrauch von der Logik der Funktionsweise (vgl. Wagenschein 1923/1996, 10, Kap. 2.4) in der Art, dass sie sich entlang der ablaufenden Handlung vorwärtshängeln

(ein Beispiel an der Station „Heißklebepistole“: *„Da ist jetzt der Kleber drin. Der wird dann, wenn man drückt, immer weiter nach vorne geschoben, und da vorne wird er erhitzt, und dann kommt er eben flüssig vorne raus, aber hinten ist er fest.“*. Neben Fragen nach der Funktion traten „Was ist das?-Fragen“ auf, mit Hilfe derer Kinder sich nach der Bezeichnung erkundigen (phonologische Elaboration). Dass die Kinder anfangen, über Bedeutungen nachzudenken, ist erkennbar an Fragen wie *„Was kann man damit machen?“*, *„Wozu braucht man das?“*, *„Warum hat es ein Gewinde?“*, *„Wie ist die Bewegung?“* (semantische Elaboration).

### 5.5 Der Erkenntnisgewinn im Kontext des aktuellen Forschungsstands

Bezüglich der Bedeutung des medialen Zugangs für Erschließungsprozesse decken sich die Befunde der vorliegenden Studie mit eigenen vorangegangenen Forschungsergebnissen, u. a. mit dem Forschungsergebnis, dass Fragen der Kinder ein wichtiger Indikator für ihre Neugier sind (vgl. Schumann 2018a) und dass Filme die originale Begegnung in Bildungsprozessen nicht ersetzen können (vgl. Schumann 2015). Dass Zugänge qua Medien ein Potential für Erschließungsprozesse haben, andererseits auch Risiken bergen, ist bisher zu wenig genauer untersucht worden. In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass Medien einerseits fokussierend wirken und viele Möglichkeiten für eine gute Beobachtung in sich bergen, andererseits aber auch eine sehr oberflächliche Rezeption der Inhalte erfolgen kann. Über die Wirkung von verschiedenen Filmformaten auf Kinder, z. B. die festgestellte Beliebtheit von Animationen bei Kindern, ist bisher ebenfalls kaum etwas bekannt.

Die Bedeutung der Anknüpfung von Inhalten an die kindliche Lebenswelt für Erschließungsprozesse ist hingegen vielfach untersucht (vgl. u. a. GDSU 2013, Hempel 2007). Gut in der vorliegenden Studie erkennbar war, dass Kinder auch dann ihnen eher fremde Gegenstände oder Vorgänge zu erschließen vermochten, wenn sich diese auf der Basis von sinnlicher Wahrnehmung im Modus konkret-logischen Denkens als gut erschließbar erwiesen, auch wenn Vorwissen und Vorerfahrungen fehlten.

Wie eingangs dargestellt, wird eine nähere Untersuchung der Bedeutung der Sprache und des Dialogs für Erschließungsprozesse gefordert. Bezüglich der Versprachlichung von Beobachtungen und der Auswahl von Wörtern im Rahmen von Beschreibungen stimmen die Befunde mit der Annahme Wagenscheins überein, Kinder könnten selbst gut feststellen, wann ein Begriff besonders treffend oder klärend wirke und kämen in Erschließungsprozessen auch ohne Fachbegriffe aus (Wagenschein 1923/1996). In den Dialogen fiel vor allem die gemeinsame Fokussierung auf einen Sachverhalt auf und das den Dialogen innewohnende Potential, dass Kinder erfahren können, wie andere denselben Sachverhalt wahrnehmen und interpretieren, dass es einen Unterschied gibt zwischen „meinen“ und „wissen“ und dass es übergeordnete Probleme und Teilprobleme gibt. Die Kinder

scheuten sich nicht, sich Momente des Nicht-Verstehens einzugestehen und auch mit Vermutungen, derer sie sich nicht sicher waren, zu den Dialogen beizutragen. Köhnlein weist bezüglich solcher Dialoge darauf hin, dass gelingende Kommunikation das „Wagnis, Eigenes in die Unwägbarkeiten des Diskurses einzubringen“ bedeute und dass es notwendig sei, „die Perspektive der anderen produktiv aufzunehmen, mitzuvollziehen, was andere denken, und zu versuchen, den Gesamtzusammenhang zu überblicken“ (Köhnlein 2012, 122f.).

Über die Bedeutung des rekonstruktiven Erschließens ist, vor allem im Zusammenhang mit Überlegungen zum Konstruktivismus, bereits viel nachgedacht worden, gleichzeitig wird in den Schulen überwiegend das deduktive Vorgehen praktiziert. Über das in der vorliegenden Studie häufiger anzutreffende abduktive Erschließen von Kindern, z. B. mit Hilfe von Analogieschlüssen, gibt es nur wenige Untersuchungen (Hoffmann o.J.). Hinweise auf das Bedürfnis von Kindern, im konkret-logischen Modus erschließen zu können, welche die vorliegende Studie enthält, ließen sich bereits in vorangegangenen Studien finden (Geiss & Schumann 2015). Die Frage, ob Kinder von sich aus in Erschließungsprozessen in der Lage sind, Wesentliches zu identifizieren und wann es Bedarf an partieller Unterstützung gibt, ist in der sachunterrichtsdidaktischen Forschung vor allem Thema in den vielfältigen Auseinandersetzungen unter den Stichwörtern „Instruktion“ und „Konstruktion“ (vgl. Giest, Heran-Dörr & Archie 2012). In Bezug auf sich auf technische Inhalte beziehende Erschließungsprozesse ließ sich in der vorliegenden Studie feststellen, dass für die Kinder häufig die Fragen nach der Funktion bzw. des Funktionierens im Vordergrund standen – laut Wagenschein ist dies ein sinnvoller und möglicher Weg der Erschließens von Technik (Wagenschein 1923/1996, 10).

## **6 Ableitungen bezüglich Möglichkeiten der Unterstützung rekonstruktiver Erschließungsprozesse**

Die zweite Forschungsfrage lautete: Lässt sich aus den Erkenntnissen ableiten, wie rekonstruktive Erschließungsprozesse, bezogen auf technische Ereignisse, zusätzlich zu dem Angebot „Stummfilme“, unterstützt werden können? Im Folgenden werden die wichtigsten diesbezüglich generierten Thesen dargestellt.

### **6.1 Die Unterstützung rekonstruktiver Erschließungsprozesse durch Materialien und die Ermöglichung eines handlungsorientierten Zugangs**

Auch wenn die Kinder erstaunlich ausdauernd mit Hilfe des medialen Zugangs versuchten, Gegenstände und Abläufe zu durchdringen, griffen sie an den Stationen mit zur Verfügung gestelltem Material überwiegend sofort nach diesem.

Von der originalen Begegnung (Copei 1955, Roth 1970) scheint für Kinder der Primarstufe ein großer Reiz auszugehen. Manche Fragen lassen sich auch nur auf der Basis der gemachten Erfahrungen stellen. Einige Prinzipien und Funktionen allerdings lassen sich weder im Film noch im Original, sondern fast nur im Modell sichtbar machen. Modelle sollten, wenn sie im Technikunterricht auf der Primarstufe eingesetzt werden, von ihrer Beschaffenheit her so wenig abstrahiert und so nah am Original wie möglich sein, damit die Prinzipien so eindeutig wie möglich zur Wirkung kommen.

## 6.2 Die Unterstützung durch Film und Bilddarstellungen

Sowohl bei der originalen Begegnung als auch bei der Begegnung im Film kann in Bezug auf die Erschließung ein dialektisches Wechselspiel aus Beobachtung von Markierungen am Gegenstand und das Bilden von Lesarten erlebt werden. Teilweise sind Film-Protokolle sogar besonders wertvoll, denn der Film kann beispielsweise angehalten und der Moment damit eingefroren werden, der Film kann verlangsamt abgespielt werden oder man hat bei animierten Filmen die Möglichkeit, auf einfache Weise und sofort Einblicke ins Innere zu erhalten. Insgesamt gilt: Die Güte des zugrundeliegenden Protokolls spielt für das Bilden von Lesarten und das Generieren von Deutungsvorschlägen eine zentrale Rolle. Wenn ein Film prägnant ein Phänomen oder einen technischen Vorgang wiedergibt und Details gut erkennbar sind, die Proportionen stimmen etc., unterstützt dies den Erkenntnisgewinnungsprozess maßgeblich.

In der Studie griffen die Kinder von sich aus auf die Möglichkeit zurück, von Zeichnungen Gebrauch zu machen, um einen Sachverhalt in ihren Aufschrieben darzustellen. Im Fall älterer Schülerinnen und Schüler der Primarstufe lassen sich durch Zeichnungen Prinzipien bzw. Mechanismen klären, die sich evtl. der Wahrnehmung stärker entziehen, z. B. der Aufbau und die Funktion des Bohrfutters der Handbohrmaschine oder der Sitz der Kugel im Kugelschreiber. Die Zeichnungen der Kinder ermöglichen auch eine (Eigen-)Diagnose ihres Verständnisses. Eine Handbohrmaschine aus dem Gedächtnis zeichnen kann der Annahme nach beispielsweise nur diejenige Person, die die Bauteile und ihr Zusammenspiel verstanden und bewusst wahrgenommen hat.

## 6.3 Die Unterstützung durch Texte

Eine bildungswirksame Herausforderung für Kinder könnte es sein, selbst Kommentierungen zu einem Film zu entwerfen. Kinder können beim Verfassen von Erklärtexten lernen, auf bestimmte Kriterien zu achten, z. B. auf Einfachheit (leicht verständliche Texte, anschauliche Texte), Übersichtlichkeit/Geordnetheit (leicht nachzuvollziehende Gliederung), Kürze (Prägnanz) und Anregungsintensität. Die Kinder könnten sich für die von ihnen erstellten Redetexte gegenseitig

Feedback geben, also Vorschläge kritisch in Hinblick auf die Verständlichkeit von Texten für Laien anschauen.

Nachdenken lässt sich auch über die Möglichkeit, Sich-Bildenden zusätzlich zu technischen Gegenständen, Materialien und Modellen erklärende Sachtexte anzubieten. Fachtexte weisen neben dem Fachwortschatz eine hohe inhaltliche Dichte auf und stellen gehobene Anforderungen an Leserinnen und Leser, u. a. weil sie viele Nebensatz- und Passivkonstruktionen enthalten (Senn 2008). Ein anderer Ansatz, von Texten Gebrauch zu machen, mit dem man rekonstruktives Erschließen eher unterstützt, könnte darin bestehen, dass die Kinder eigene Textvorschläge entwerfen – in der vorliegenden Studie haben sie das bereits freiwillig getan, darin also offenbar einen Sinn oder Mehrwert gesehen.

#### **6.4 Die Unterstützung durch den sokratisch-mäeutischen Dialog und Impulsfragen**

Es fiel auf, dass in den Fällen, in denen Kinder beim Erschließen kaum über die Beobachtung und Beschreibung hinauskamen, von ihnen häufig wichtige Details übersehen wurden oder ihnen für tiefergehende Erschließungsprozesse wichtige Fragen fehlten. Fragen sind zentral in ihrer Funktion, einen Anker zu setzen, von dem aus man einen Gegenstand weiterführend beobachten und untersuchen kann. Ein Beispiel: Bei der rekonstruktiven Erkundung eines Kugelschreibers kann wichtige Erkenntnis generiert werden, wenn der Frage nachgegangen wird, warum ein Kugelschreiber Kugelschreiber heißt. Die Frage kann eine Suche und Auseinandersetzung mit der Kugel auslösen und zu weiteren Fragen führen, z. B. zu der Frage, wie es kommt, dass die Kugel weder aus dem Schreibgerät herausfällt noch ins Innere rutscht oder zu der Frage, woran es liegen kann, wenn ein Kugelschreiber nicht schreibt (z. B. ist die Tinte leer oder die Kugel eingetrocknet oder das Papier so glatt, dass es für die Mine keinen ausreichenden Widerstand leistet, um rollen zu können). Fragen fördern ein vertieftes Erschließen, schützen vor Oberflächlichkeit und lenken den Blick auf für Technikkonzepte entscheidend wichtige Details.

## **7 Fazit**

Vor dem Hintergrund des Anspruchs des Sachunterrichts, an die Rekonstruktionsleistungen von Kindern anschließen und Kinder beim Versuch, sich die technische Welt zu erschließen, unterstützen zu wollen, scheint es notwendig zu sein, Erschließungsprozesse von Kindern in Bezug auf Technik näher zu untersuchen. In der vorliegenden Studie zeigt sich, dass Kinder in der Primarstufe interessiert daran sind, sich rekonstruktiv erschließend mit technischen Ereignissen bzw. Ge-

genständen auseinanderzusetzen, und dass sie eine hohe Anstrengungsbereitschaft mitbringen, wenn es darum geht, Funktionsweisen und Bauweisen zu erkunden. Kinder sind aber, so zeigte die Studie, nicht immer in der Lage, selbstständig und nur auf der Basis der eingesetzten Stummfilme und des Peergroup-Dialogs auf wesentliche Prinzipien und die entsprechend entscheidenden, technischen Details aufmerksam zu werden. Die Studie gibt Hinweise darauf, dass es hilfreich sein kann, Kinder auf bestimmte Bauteile oder Funktionsmechanismen aufmerksam zu machen, z. B. durch Impulsfragen (z. B. „Warum heißt der Kugelschreiber Kugelschreiber?“) oder mittels sokratisch-mäeutischer Dialoge.

Die Unterstützung rekonstruktiver Erschließungsprozesse von Kindern birgt die Chance, dass die Kinder über die Ebene des Beobachtens und der Beschreibung hinauskommen und die Erfahrung machen können, wie man rekonstruktiv erschließend zu Interpretationen über die Welt gelangen kann. Die Erschließung von sowohl einzelnen Bauteilen als auch das Erfassen der Bauteil-Beziehungen zueinander kann dem Potential nach zu einer, den Dingen einen Sinn gebenden, Erschließung von Technikkonzepten führen.

## Literatur

- Aeschlimann, U.; Buck, P.; Hugel, A.; Ostergaard, E.; Rehm, M. & Rittersacker, C. (2008): Phänomenologische Naturwissenschaftsdidaktik. In: GDCP (Hrsg.): *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung*. Tagungsband der Jahrestagung 2007. Berlin: LIT Verlag, 179-181.
- Apolin, M. (2004): Sprache im Physikunterricht. In: PLUS LUCIS 1/2004, 15-18.
- Archie, C. (2016): Sachunterricht sprachsensibel gestalten. In: Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (Hrsg.): *Lernarrangements für den Sachunterricht*, Teil 1, 20-28.
- Bielmeier, B. (2012): Wissensarbeiter sind die Zukunft. In: [www.fortschrittsforum.de](http://www.fortschrittsforum.de), August 2012. Online unter: <http://www.fortschrittsforum.de/debattieren/bildung-modernisierung/artikel/artikel/wissensarbeiter-sind-die-zukunft-1/page.pdf> (Abrufdatum: 21.09.2018).
- Butler, J. (2006): *Haß spricht: Zur Politik des Performativen*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Copei, F. (1955): *Der fruchtbare Moment im Bildungsprozeß*. 3. Auflage 1955. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Dewey, J. (1933): *How we think. A restatement of the relation of reflective thinking to the education process*. Lexington, Massachusetts: D. C. Heath and Company.
- Donaldson, M. (1991): *Wie Kinder denken. Intelligenz und Schulversagen*. München, Zürich: Piper.
- Einsiedler, W. (2015): *Geschichte der Grundschulpädagogik. Entwicklungen in Westdeutschland und in der DDR*. Heilbrunn: Klinkhardt.
- Franz, U.; Giest, H.; Hartinger, A.; Heinrich-Dönges, A. & Reinhoffer, B. (2018): Editorial. In: U. Franz, H. Giest, A. Hartinger, A. Heinrich-Dönges & B. Reinhoffer (Hrsg.): *Handeln im Sachunterricht*. GDSU, Band 28. Heilbrunn: Klinkhardt, 9-16.
- Geiss, R. & Schumann, S. (2014): Erschließungsprozesse im Sachunterricht – Ansprüche, Konzepte, Praxis oder: Wie kann Unterricht die Entwicklung eines Forscherhabitus unterstützen? In: [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de), Nr. 20, April 2014.
- Geiss, R. & Schumann, S. (2015): Orientierung als ein Anspruch des Sachunterrichts. Wie kann Sachunterricht in der Grundschule Kindern zu Orientierung verhelfen? [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de)

- richt.de, Beiheft Nr. 21, 2015. Online unter: [https://www2.hu-berlin.de/ws/ebeneI/superworte/zumsach/schu\\_gei.pdf](https://www2.hu-berlin.de/ws/ebeneI/superworte/zumsach/schu_gei.pdf) (Abrufdatum: 01.10.2018).
- Gervé, F. & Mayer, J. (2018): Handlungsorientierung in Doppeldeckern: Forschungsbasierte Seminarentwicklung und Demokratielernen im Planspiel In: Jahresband 28, 191-198.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Giest, H. (2004): Handlungsorientiertes Lernen. In: D. Pech & A. Kaiser (Hrsg.): *Neuere Konzeptionen und Zielsetzungen im Sachunterricht*. Basiswissen Sachunterricht Band 2. Baltmannsweiler: Schneider, 90-98.
- Giest, H.; Heran-Dörre, E. & Archie, C. (Hrsg.) (2012): *Lernen und Lehren im Sachunterricht*. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion. GDSU Band 22. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Goedhart, M. (1999): Das Gespräch als Mittel zur Begriffsentwicklung, erläutert am Beispiel von Siedepunktbegriffen. In: GDCP (Hrsg.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Probleme und Perspektiven. Tagungsband der Jahrestagung 1998. Alsbach, Bergstraße: Leuchtturm-Verlag, 97-99.
- Gottwald, A. (2012/2016): *Sprachförderndes Experimentieren im Sachunterricht*. Wiesbaden: Springer VS.
- Hartinger, A. (1997): *Interessenförderung: eine Studie zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hartinger, A. (1997): *Interessenförderung: eine Studie zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Heck, U.; Weber, C. & Baumgartner, M. (2009): *Lernen in Erfahrungsräumen*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Hempel, M. (2007): Diagnostik der kindlichen Lebenswelt als Voraussetzung zur Förderung des Kompetenzerwerbs der Lernenden. In: R. Lauterbach, A. Hartinger, B. Feige & D. Cech (Hrsg.): *Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen*. GDSU Band 17. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hoffmann, M. H. G. (o.J.): *Lernende lernen abduktiv: eine Methodologie kreativen Denkens*. Online unter: <http://www.prism.gatech.edu/~mh327/03-MH-abduktiv-Lernen.pdf> (Abrufdatum: 01.10.2018).
- Kahlert, J. (2009): *Der Sachunterricht und seine Didaktik*. 3. Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kaiser, A. (2004). *Praxisbuch handelnder Sachunterricht*. Band 2. Baltmannsweiler: Schneider.
- Köhnlein, W. (2008/2011): *Die Bildungsaufgaben des Sachunterrichts und der genetische Zugriff auf die Welt*. Vortrag, gehalten 2008 an der Universität Gifu, Japan. In: GDSU-Journal März 2011, Heft 1. Online unter: [http://www.gdsu.de/gdsu/wp-content/uploads/2011/02/koehnlein\\_1\\_11\\_a.pdf](http://www.gdsu.de/gdsu/wp-content/uploads/2011/02/koehnlein_1_11_a.pdf) (Abrufdatum: 22.06.2018).
- Köhnlein, W. (2012): *Sachunterricht und Bildung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kruse, S. & Labudde, P. (2016): *Technology Education in Switzerland*. In: M. J. de Vries, S. Fletcher, S. Kruse, P. Labudde, M. Lang, I. Mammes, C. Max, D. Münk, B. Nicholl, J. Strobel & M. Winterbottom (Hrsg.): *Technology Education Today: International Perspectives*. Münster, New York: Waxmann, 59-74.
- Leber, M. & Oevermann, U. (1994): *Möglichkeiten der Therapieverlaufsanalyse in der objektiven Hermeneutik*. Eine exemplarische Analyse der ersten Minuten einer Fokaltherapie aus der Ulmer Textbank „Der Student“. In: D. Garz & K. Kraimer (Hrsg.): *Die Welt als Text*. Theorie, Kritik und Praxis der objektiven Hermeneutik. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 383-427.
- Linke, S. (2013): *Aktuelle fachdidaktische Grundlagen und Entwicklungsperspektiven im Erkenntniskomplex Technik*. In: H.-J. Fischer, H. Giest & D. Pech (Hrsg.): *Der Sachunterricht und seine Didaktik*. Bestände prüfen und Perspektiven entwickeln. GDSU Band 23. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Merzyn, G. (1998): *Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht*. In: *Praxis der Naturwissenschaften*, Heft 2/47, 1998, 203-205 und 243-246.

- Merzyn, G. (2008): Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. Baltmannsweiler: Schneider.
- Mikelskis-Seifert, S. & Gromadecki, U. (2006): Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen. Unterricht zur Einführung in die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Heft 93, Juni 2006, 17. Jahrgang, 31-37.
- Neugebauer, N. & Nodari, C. (2017): Förderung der Schulsprache in allen Fächern: Praxisvorschläge für Schulen in einem mehrsprachigen Umfeld. 5. korrigierte Auflage. Bern: Schulbuchverlag plus.
- Oevermann, U.; Allert, T.; Konau, E. & Krambeck, J. (1979): Die Methodologie einer „objektiven Hermeneutik“ und ihre allgemeine forschungslogische Bedeutung in den Sozialwissenschaften. In: Soeffner, H. G. (Hrsg.): Interpretative Verfahren in den Sozial- und Textwissenschaften. Stuttgart: J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, 352-434.
- Oevermann, U. (1996): Krise und Muße. Struktureigenschaften ästhetischer Erfahrung aus soziologischer Sicht. Vortrag am 19.6. in der Städel Schule, Frankfurt am Main. Online unter: <http://www.agoh.de/cms/de/downloads/uebersicht/oeffentlich/oevermann/Oevermann-Ulrich-Krise-und-Mu%C3%9Fe-Struktur-eigenschaften-%C3%A4sthetischer-Erfahrung-aus-soziologischer-Sicht-%281996-%29/> (Abrufdatum: 04.09.2018).
- Ostergaard, E. & Hugo, A. (2008): Vom Phänomen zum Begriff – und zurück. Entwicklung phänomenologischer Unterrichtskompetenzen. In: GDCP (Hrsg.): Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Tagungsband der Jahrestagung 2007. Berlin: LIT Verlag, 182-184.
- Roth, H. (1970): Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens. 12. Auflage 1970. Hannover: Schroedel.
- Royar, T. & Streit, C. (2010): MATHelino. Kinder begleiten auf mathematischen Entdeckungsreisen. Seelze: Kallmeyer.
- Sachs, B. (2001): Technikunterricht – Bedingungen und Perspektiven. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 100, 5-12.
- Schönknecht, G. & Maier, P. (2012): Diagnose und Förderung im Sachunterricht. Kiel: IPN.
- Schumann, S. (2015): Der Wert der originalen Begegnung. «Die wichtigste Voraussetzung für Bildung ist die Muße». Interview: Jennifer Degen. Zoomagazin Basel, 10-11. Online unter: [http://www.zoobasel.ch/cgi-bin/magazin/files/Die\\_wichtigste\\_Voraussetzung\\_ist\\_die\\_Musse.pdf](http://www.zoobasel.ch/cgi-bin/magazin/files/Die_wichtigste_Voraussetzung_ist_die_Musse.pdf) (Abrufdatum: 10.09.2018).
- Schumann, S. (2018a): Naturwissenschaftsdidaktik in der Frühpädagogik. Die Bedeutung der sozialen Kooperation für die frühe naturwissenschaftliche Bildung. Aachen: Shaker Verlag. Zugl. Habilitationsschrift Universität Bremen.
- Schumann, S. (2018b): Technik-Stummfilme. Online-Plattform für die Aus- und Weiterbildung von PädagogInnen, die Nutzung in Schulen und weitere Forschung. Online unter: <http://web.fhnw.ch/ph/projekte/technik-stummfilme> (Abrufdatum: 10.07.2018).
- Senn, S. (2008): Sachtexte lesen – in allen Fächern. In: Rundschreiben Zentrum Lesen – Pädagogische Hochschule der FHNW – Institut Forschung und Entwicklung 14/2008.
- Soostmeyer, M. (1998): Zur Sache Sachunterricht. Begründung eines situations-, handlungs- und sachorientierten Unterrichts in der Grundschule. Frankfurt am Main: Lang.
- Soostmeyer, M. (2002): Genetischer Sachunterricht – Unterrichtsbeispiele und Unterrichtsanalysen zum naturwissenschaftlichen Denken bei Kindern in konstruktivistischer Sicht. Baltmannsweiler: Schneider.
- Tomcin, R. & Reiners, C. S. (2009): Auf malerischem Weg zur Chemie. Zum didaktischen Potential von Chemie-Foto-Stroyps. In: Chemkon 16/1, 6-13.
- Wagenschein, M. (1968): Die Sprache im Physikunterricht. In: Zeitschrift für Pädagogik, 7. Beiheft. Weinheim, Berlin, Basel, 125-142.

- Wagenschein, M. (1976): Die pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig: Georg Westermann Verlag.
- Wagenschein, M. (1999): Verstehen lehren. Genetisch – Sokratisch – Exemplarisch. Weinheim und Basel: Beltz.
- Wagenschein, M. (1923/1996): Über die Förderung der sprachlichen Ausdrucksfähigkeit durch den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Hausarbeit für die Staatsprüfung für das höhere Lehramt. April 1996 herausgegeben vom Martin-Wagenschein-Archiv, Hasliberg Goldern.
- Wagenschein, M. (2005): Was bleibt? Verfolgt am Beispiel der Physik. In: [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de), Nr. 5, Oktober 2005.
- Wernet, A. (2006): Hermeneutik – Kasuistik – Fallverstehen. Eine Einführung. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.

*Lennart Goecke, Jurik Stiller und Julia Schwanewedel*

## **Algorithmusverständnis in der Primarstufe – Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material**

### **1 Einleitung**

Ein autonom fahrendes Fahrzeug kann einen Unfall nicht vermeiden, aber entscheiden, ob eine ältere Person oder ein Kind in den Unfall verwickelt werden. Nach welchen Regeln soll entschieden werden, wer verletzt wird? Solche Dilemmata und damit verbundene ethische Richtlinien werden und müssen bei Entwicklung komplexer, (teilweise) eigenständig agierender technischer Systeme in den Blick genommen werden.

Menschen in der digitalen Welt kommen ständig mit Informatiksystemen in Berührung. Das plakative Eingangsbeispiel verdeutlicht, wie mannigfaltig mögliche Folgen der technologischen Durchdringung von Lebenswelt sein können. Phänomene im Zusammenhang mit Künstlicher Intelligenz (KI-Phänomene) werden in der zukünftigen Lebenswelt, aller Voraussicht nach, eine zunehmend große Rolle spielen. Wenn die Funktionsweisen von Artefakten durch KI-Phänomene verändert oder geprägt werden, verschwimmt auch die Grenze dessen, was einschlägig als technisches Artefakt verstanden wird (vgl. zum Technikverständnis u. a. Mammes 2013, 11; Ropohl 2009, 29ff.).

Dem Sachunterricht als für die Lebenswelterschließung zuständigen Fach fällt die Verantwortung zu, über die didaktische Relevanz von KI-Phänomenen zu entscheiden. Um das Beispiel KI-Phänomene fachlich angemessen beschreiben und bewerten zu können, bedarf es der Informatik als (weitere) Bezugswissenschaft. Die Informatik, als Wissenschaft der Informationsverarbeitung (Gumm, Sommer 2011, 1), ist für die fachliche Klärung von KI-Phänomenen und erst recht für bereits weit verbreitete Artefakte der von Digitalisierung geprägten Lebenswelt zuständig. Damit ist nicht automatisch die Konsequenz verbunden, informatische Probleme per se als bildungsrelevant zu betrachten (für einen möglichen Zugang zur Bewertung von Bildungsrelevanz GDSU 2013; vgl. Klafki 1994).

Dieser Beitrag stellt den aktuellen Stand eines im Projekt *DigiLit* verorteten Dissertationsprojekts vor. Das Projekt *DigiLit* verfolgt das Ziel der empirischen Schärfung und normativen Verortung Informatischer Grundbildung in der Pri-

marstufe (Goecke, Stiller, Pech 2018a, z. B.). Ein Ziel des Promotionsprojekts ist die Beschreibung des Algorithmischen Denkens. Dazu wird in einem ersten Schritt (qualitativ) exploriert, wie Kinder Algorithmen verstehen (*Algorithmusverständnis*). Aus dieser Teilstudie gewonnene Erkenntnisse fließen in die Operationalisierung ein, auf deren Basis die Konstruktion eines Testinstruments für die Hauptstudie erfolgt. Dieses Instrument schließlich soll nach erfolgter empirischer Validierung im Kontext einer populationsbeschreibenden Studie quantitativ eingesetzt werden. Nachfolgend wird zunächst der theoretische Rahmen des Projekts *DigiLit* und anschließend das geplante methodische Vorgehen dargestellt.

## 2 Theorie

Da das Forschungsprojekt *DigiLit* in der Sachunterrichtsdidaktik angesiedelt ist, wird für diese Arbeit nur ausschnitthaft auf internationale Entwicklungen bezüglich des Gefüges der Schulfächer verwiesen, wie beispielhaft auf das 2014 eingeführte Fach *Computing* in Grundschulen des Vereinigten Königreichs – welches das dort zuvor vorhandene Fach *Information and Communication Technology (ICT)* ersetzt. Im Folgenden werden zunächst Bezüge zur Fachwissenschaft Informatik und sachunterrichtsdidaktische Konsequenzen dargestellt. Anschließend wird ausdifferenziert, inwieweit das diesem Projekt zugrunde liegende Verständnis technischer Bildung im Sachunterricht hierzu bereits anschlussfähig ist.

Spätestens als Folge des KMK-Strategiepapiers „Bildung in der digitalen Welt“ wird über die Bedeutung und Ausgestaltung Informatischer Grundbildung auch für die Grundschule in Deutschland diskutiert (KMK 2016). Dabei beginnt der allgemeine Diskurs zur Auseinandersetzung mit Informatik für Kinder ab dem Kindergartenalter mit dem vor mehr als 30 Jahren erschienenen Werk *Mindstorms* von Papert (1980) – oder schon mit Perlman (1976).

Die thematische Breite der Fachwissenschaft Informatik eröffnet vielfältige Anschlussmöglichkeiten an bestehende Schul- und Bezugsfächer (Gumm, Sommer 2011). Der Einfluss von Informatik bzw. Informatiksystemen auf Lebenswelten von Kindern ist unbestreitbar groß, sodass informatische Themen auch im aktuelle herrschenden Paradigma „Lebensweltorientierung“ der Sachunterrichtsdidaktik relevant sind (vgl. beispielhaft Kahlert 2016). Verschiedene Konzeptionen der curricularen Einbindung von Informatik in den Grundschulunterricht werden derzeit vielfältig diskutiert, sind für dieses Forschungsprojekt jedoch

nicht ausschlaggebend.<sup>1</sup> Bei fachbezogener Zuständigkeit<sup>2</sup> ist eine Einbindung in andere Fächer wie Deutsch (z. B. Anders 2018) oder Mathematik ebenfalls möglich. Plausibel erscheint uns jedoch eine Ausschärfung des Sachunterrichtsverständnisses, indem relevante Inhalte, die im Zusammenhang mit Informatik stehen, in die Perspektiven des Sachunterrichts mit aufgenommen werden. „Um Möglichkeiten und Folgewirkungen von Technik zu erkennen und eine humane und zukunftsfähige Technik mitdenken, mit verantworten und mitgestalten zu können, braucht jeder Mensch grundlegende Kenntnisse von Technik und ihren Wirkungs- und Bedingungsbeziehungen“ (GDSU 2013, 63) – indem Technik u. a. menschengemachte Artefakte, also auch Informatiksysteme umfasst, ergibt sich u. E. eine zwingende Notwendigkeit, Informatische Bildung mit in das Sachunterrichtsverständnis einzubeziehen. Vorschläge hierzu existieren bereits seit geraumer Zeit (Borowski, Diethelm, Mesaroş 2010; Goecke, Stiller 2018; Straube, Mamlouk, Köster, Nordmeier, Müller-Birn, Schulte 2013). Hinzu kommt, dass technische Phänomene bereits in sachunterrichtlichen Konzeptionen als Gegenstand des Sachunterrichts benannt werden. Im Sinne nicht-analoger Technik sind Wirkmechanismen digitaler Geräte insofern curricular und konzeptionell angemessener Inhalt von Sachunterricht.<sup>3</sup>

Borowski, Diethelm, Mesaroş weisen bspw. darauf hin, dass „nur dem Sachunterricht die Aufgabe und Kompetenz [zufalle], IKT auch als Unterrichtsgegenstand zu betrachten, um den Schülern zusätzlich zu den Handlungsanweisungen auch Erklärungen anzubieten“ (ebd., 2)<sup>4</sup>. Diese grundsätzlichen Argumente für die Relevanz informatischer Grundbildung im Sachunterricht finden sich auch schon bei Klafki (1994, 60):

„Wir brauchen in einem zukunftsorientierten Bildungssystem auf allen Schulstufen und in allen Schulformen eine gestufte, kritische informations- und kommunikationstechnologische Grundbildung als Moment einer neuen Allgemeinbildung; ‚kritisch‘, das heißt so, daß die Einführung in die Nutzung und in ein elementarisiertes Verständnis der modernen, elektronisch arbeitenden Kommunikations-, Informations- und Steuerungsmedien immer mit der Reflexion über ihre Wirkungen auf die sie benutzenden Menschen, über die möglichen sozialen Folgen des Einsatzes solcher Medien und über den möglichen Mißbrauch verbunden werden.“

1 Auf die Debatte über die Notwendigkeit eines eigenen Faches Informatik in der Grundschule sei hier nur verwiesen (v.a. [https://bscw.ham.nw.schule.de/pub/bscw.cgi/d5795101/2016-03-05\\_PflichtfachInformatik.pdf](https://bscw.ham.nw.schule.de/pub/bscw.cgi/d5795101/2016-03-05_PflichtfachInformatik.pdf)), sie soll nicht Gegenstand dieses Beitrags sein.

2 Antworten auf die Frage, ob und wie Informatische Grundbildung als Element von (fachübergreifender) Medienbildung Eingang in die Schule finden soll, werden hier nicht angeboten.

3 Die konkrete Umsetzung im Sachunterricht (eigene Perspektive, innerhalb der technischen Perspektive, über Medienbildung etc.) diskutieren Stiller & Goecke (2019).

4 Anmerkung der Autor\*innen: IKT steht für Informations- und Kommunikationstechnologien; die Verwendung des generischen Maskulinums spiegelt nicht die Ansicht der Autor\*innen wider.

Jüngere Arbeiten im Kontext der Sachunterrichtsdidaktik diskutieren vor allem zwei Ansatzpunkte: Einerseits kann die informatische Erschließung von Phänomenen der Lebenswelten prinzipiell als bildungsrelevant begründet werden. Das können sowohl Beispiele wie ein Algorithmus zum Straße überqueren oder eine Bauanleitung sein als auch die Funktionsweise einer Druckerwarteschlange oder ein digitales Thermometer. Andererseits wird informatische Grundbildung als expliziter Bestandteil von Bildung im Sachunterricht der Grundschule diskutiert. Informatische Grundbildung meint als Konstrukt Inhalts- und Prozessbereiche informatischer Bildung, die für die Erschließung informatisch-durchdrungener Lebenswelt notwendig sind (Goecke, Stiller, Pech 2018b; Murmann 2018; Stiller, Goecke 2019; Straube, Mamlouk, Köster, Nordmeier, Müller-Birn, Schulte 2013).

Die innerhalb der Sachunterrichtsdidaktik vielfältigen Anschlussstellen für informatische Bildung könnten auch als eigenständige Perspektive umgesetzt werden. Da vor allem technische und informatische Bildung sich nicht trennscharf operationalisieren lassen, scheint uns zunächst die Erweiterung dieser Perspektive angezeigt. Indem die „nutzenorientierten, künstlichen [und] gegenständlichen“ (Mammes 2013, 11) Artefakte aus Lebenswelten häufig auch Informationen verarbeiten können, verschwimmen mögliche Abgrenzungen technischer und informatischer Bildung. Beispielhaft zeigen die Forschungsprojekte von Martschinke et al. in diesem Band diese selbstverständliche Verwobenheit, da etwa für das Problemlösen auf Informatiksysteme zurückgegriffen werden kann.

## 2.1 Begriffe: Technik/Technische Bildung und Technische Perspektive

Was bedeutet ‚Technik‘ im Kontext des Sachunterrichts und zugleich unter informatischem Fokus? In Übereinstimmung mit Ropohl (2009) wird grundsätzlich der mittlere Technikbegriff zugrunde gelegt, wonach „künstlich gemachte Gegenstände und menschliches Handeln umfasst [werden], aber nur solches Handeln, das [...] mit Artefakten zu tun hat“ (ebd., 30). Dies deckt sich mit der VDI-Richtlinie: VDI 3780 Technikbewertung – Begriffe und Grundlage, wonach:

- „die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen (Artefakte oder Sachsysteme)“,
  - „die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen“ sowie
  - „die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden“
- umfasst wird.

Analog zu Ropohl (2009) wird die Verwendung einer scharfen Steinkante zum Schneiden also auch hier als technisches Handeln verstanden. Allerdings bedingt die Schwerpunktsetzung unseres Forschungsvorhabens auch den Fokus auf tech-

nische Artefakte, die im Zusammenhang mit Informatik stehen. Für diese Arbeit werden technische Artefakte adressiert, die zugleich im Zusammenhang zu Informatik stehen, indem sie bspw. informationsverarbeitende Teilsysteme enthalten. Mit dieser Schwerpunktsetzung bleiben gemäß der sachunterrichtsdidaktischen Aufgabe, Lebenswelten zu erschließen, viele alltägliche Artefakte im Fokus technischer Bildung. Beispiele für adressierte technisch-informatische Artefakte können Smartphones, Haushaltsgeräte oder Unterhaltungselektronik sein, ebenso wie digitale Preisschilder im Supermarkt – und nicht zuletzt auch Heizkörper, die sich per fernsteuerbarem (smarten) Thermostatventil regeln lassen. Um also etwa die Funktionsweise eines Geschirrspülers oder einer Waschmaschine nachzuvollziehen oder bei Fehlfunktionen diese zu lokalisieren oder abstellen zu können, bedarf es mittlerweile grundlegender informatischer Bildung, da etwa Programmschaltwerke kaum noch verwendet werden. Ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweisen von zunehmend auch auf digitaler Technik basierenden Artefakten ist insofern eine wichtige Voraussetzung der Entwicklung von Technikmündigkeit, also der Befähigung zur mündigen Teilhabe an von Technik geprägter Gesellschaft.

Informatische Grundbildung wird insofern als ein wichtiger Kompetenzbereich technischer Bildung verstanden, der das Erschließen lebensweltlicher Artefakte in einer von Digitalisierung geprägten Welt ermöglicht. Hieraus folgt, dass auch ein grundlegendes Verständnis von Algorithmen als Teil technischer Grundbildung verstanden wird, indem damit Voraussetzungen für das Verstehen und Bewerten technischer Artefakte heutiger und erst recht zukünftiger Lebenswelten geschaffen werden. Und nicht zuletzt werden die für Computertechnik notwendigen Artefakte mithilfe technischer Verfahren hergestellt – die hohe Bedeutung von Informationstechnologie für Technik in der Gegenwart und Technik in der Zukunft insgesamt betont indes auch Wolffgramm (2012, 69).

Nach Zinn (2018) existiert in der Technikdidaktik mit dem „mehrperspektivischen Ansatz“ eine Schwerpunktsetzung technischer Bildung mit dem Ziel „sachangemessene, verantwortungsvolle Handlungsfähigkeit und kritische Urteilsfähigkeit in einer von Technik geprägten Welt“ zu ermöglichen (ebd., 66). So kann die kritische Beurteilung des Umgangs mit Heizungen in Hinblick auf Energieeinsparungen durch informatische Aspekte erweitert werden: Statt bspw. durch Isolation und richtige Bedienung von Fenstern und Thermostat, kann die bedarfsabhängige Regelung der Raumtemperatur abhängig von körperlicher Anwesenheit ebenfalls zur Energieeinsparungen beitragen.

## 2.2 Herleitung der Fragestellung

Als Teil des Projekts *DigiLit* wurden bereits verschiedene Sachunterrichtsbezüge aus unterschiedlichen Blickrichtungen theoretisch untersucht und argumentiert: Fragen des forschungsorientierten Handelns, nach digitaler Medienbildung sowie nach Beispielen für vielperspektivischen Sachunterricht (Goecke, Stiller 2018;

Goecke, Stiller, Pech 2018b; Goecke, Stiller, Pech, Pinkwart 2017; Stiller, Goecke 2019). Darin wird die bereits eingangs skizzierte Relevanz des Themas ausführlich aus konzeptionellen, theoretischen und empirischen Arbeiten abgeleitet.

Insgesamt zeigen die Beispiele vielfältige Begründungsfiguren für die Berücksichtigung Informatischer Grundbildung in der Grundschule. Gemeinsam mit ähnlichen, international teils weiter vorgeschrittenen Umsetzungen, muss wohl nicht mehr diskutiert werden, *ob*, sondern *wie* Informatische Grundbildung in der Grundschule stattfinden sollte.

Um Konsequenzen für didaktisches oder auch bildungspolitisches Handeln bestmöglich begründen zu können, fehlen indes Erkenntnisse darüber, wie Kindern die informatische Erschließung von Phänomenen der Lebenswelten prinzipiell gelingt (s. u., 2.4 Forschungsstand). Aus dem Anliegen, zu der Erschließung des Desiderats kindlichen Lernens hinsichtlich informatischer Phänomene beizutragen, resultiert das dem Dissertationsvorhaben zugrunde liegende Interesse: die Erarbeitung *empirisch gesicherter Erkenntnisse über das Verständnis von Informatikphänomenen von Kindern*. Im ersten Schritt wird dazu die folgende Forschungsfrage verfolgt: *Wie verstehen Kinder Algorithmen?* Die mit dieser Arbeit angestrebten Ergebnisse bilden die Grundlage für eine anschließende Testkonstruktion zur Messung des Konstrukts *Algorithmusverständnis*. Dabei erfolgt die Benennung des Konstrukts im Kontext eines weiten Verständnisses des Begriffs „Algorithmus“. Das Konstrukt steht hier für die algorithmischen Phänomene, denen Kinder unter bestimmten Bedingungen Bedeutung beimessen. Das Erkenntnisinteresse umfasst nicht nur ob bzw. wie Kinder Algorithmen identifizieren oder erstellen, sondern auch ob und wie sich das Konstrukt von verwandten Aspekten informatischen Denkens abgrenzen lässt.

### 2.3 Theoretischer Hintergrund Forschungsfrage

Das im Fokus dieses Forschungsprojekt stehende Konstrukt ist noch unzureichend operationalisiert. Insbesondere didaktische Traditionen der Sekundarstufen sind nicht hinreichend, stellen gleichzeitig aber einen relevanten Ausgangspunkt dar. Die an dieser Stelle vorgestellte Planung einer qualitativen Eingrenzung zur Modellbildung für das Konstrukt *Algorithmusverständnis in der Primarstufe* muss mit dem Henne-Ei-Problem umgehen, denn es ist noch unklar, welche Bedeutungen Kinder mit den Phänomenen verbinden, die das Forschungskonstrukt thematisiert. Gleichzeitig sind theoretische Grundlagen für die Planung und erste Operationalisierungen notwendig.

Im Folgenden werden zentrale theoretische Konstrukte dargestellt, die voraussichtlich für die Durchführung und Auswertung sowie die anschließende Weiterverwendung der Daten notwendig sind.

### *Computational Thinking*

Für den Begriff *Computational Thinking* (CTh) gibt es keine eindeutige Übersetzung ins Deutsche. Am nächsten kommt dem englischen Begriff im Deutschen *Informatisches Denken*, für diese Arbeit werden beide Begriffe synonym verstanden. Der Begriff CTh wird erstmals bei Papert (1980), allerdings wenig spezifisch, verwendet. Inhaltlich lassen sich grundsätzlich zwei Schwerpunkte der Definitionen von CTh ausmachen. Entweder umfasst der Begriff vor allem diejenigen Fähigkeiten, die vor allem Informatiker\*innen für ihre Arbeit benötigen (Curzon, McOwan 2018) oder es bezieht sich allgemeiner auf Fähigkeiten und Verständnisweisen, die für alle Menschen relevant sind.

International erfährt der Begriff CTh spätestens seit Wing (2006) auch außerhalb der Informatik Aufmerksamkeit. Wing bezieht sich u. a. auf grundlegende analytische Fähigkeiten, die Menschen internalisieren (können), um Probleme zu lösen. Im Fokus stehen Probleme, die grundsätzlich von Computern gelöst werden können. Dabei sind explizit auch nicht-computerbezogene Handlungen und alltägliche Problemlösestrategien gemeint, wie etwa das Suchen eines verlegten Schlüssels und das damit verbundene Rückwärtsabrufen der eigenen Bewegung aus dem Gedächtnis. Die derzeit gebräuchliche Definition von Computational Thinking geschieht über die vier Schlüsselkonzepte: „decomposition, data representation, algorithmic thinking and abstraction and [how] these concepts are linked together to solve a complex problem“ (Calderon 2018, 280f.; Khine 2018, 7f.). Darunter wird die Fähigkeit verstanden, ein Problem in Teilprobleme zu zerlegen und dass bzw. wie die Teillösungen zusammen das Hauptproblem lösen. Die hierfür benötigten Informationen müssen für die Lösung bspw. als Variablen repräsentiert werden, um Algorithmen für die Lösungen zu finden und zu erarbeiten. Die Abstraktion beschreibt die Fähigkeit, das gefundene Vorgehen auf ähnliche Probleme anwenden zu können.

Wie vielfältig CTh interpretiert und diskutiert werden kann, zeigt (Barba 2016, o. S.) essayhaft mit der Behauptung:

„The operational aspect of making problems computable is essential, but not aspirational. Most people don't want to be a computer scientist, but everyone can use computers as an extension of our minds, to experience the world and create things that matter to us.“<sup>5</sup>

---

5 „Der operative Aspekt, Probleme berechenbar zu machen, ist wesentlich, aber nicht **erstrebenswert**. Die meisten Menschen wollen keine Informatiker\*innen sein, aber jeder kann Computer als Erweiterung unseres Geistes benutzen, um die Welt zu erleben und Dinge zu schaffen, die für uns wichtig sind.“ [angesichts unterschiedlicher Übersetzungsvarianten des Begriffs **aspirational**: hier mit **erstrebenswert** übersetzt]

Hier zeigt sich eine Zielorientierung, die sowohl sachunterrichtsdidaktisch als auch mediendidaktisch anschlussfähig ist: Computertechnologie selbstverständlich als Hilfe bei der Orientierung in Lebenswelten zu nutzen und dazu ggf. etwas zu gestalten, sei es ein Programm oder etwas Ästhetisches. Der Begriff CTh wird unterschiedlich interpretiert, vermutlich da unterschiedliche Konstrukte Schnittmengen mit dem ursprünglich innerhalb der Informatik geprägten Begriff aufweisen – etwa das Modellieren bzw. Problemlösen. Eine Rolle spielt dabei auch, dass spätestens mit Papert (1980) erforscht wird, ob und wie die Ausprägung der Fähigkeit des Computational Thinking sich auf andere Fähigkeiten auswirkt (s.u., 2.4 Forschungsstand).

### *Algorithmusverständnis*

Nach Curzon, McOwan (2018) stellt *Algorithmisches Denken* ein Herzstück des Computational Thinking dar. Demnach ist Algorithmisches Denken die Fähigkeit, über das Lösen von Problemklassen mithilfe von Algorithmen zu reflektieren. Es steht also nicht allein die Lösung eines Problems im Fokus, sondern stets die Lösung für viele ähnliche Probleme (ebd., 4f.). Hier zeigt sich, dass die Begriffe Computational Thinking und Algorithmisches Denken weniger trennscharf sind, als die gebräuchliche Definition von CTh suggeriert.

Dabei ist Algorithmisches Denken mehr als nur das Verstehen von Algorithmen, was bspw. Hubwieser (2007) kritisch anmerkt. Ein Algorithmus im engeren Sinne stellt die Verarbeitungsschritte dar, die Eingabedaten schrittweise in Ausgabedaten wandeln. Diese Handlungsvorschriften müssen so präzise formuliert sein, dass sie von Geräten oder Menschen eindeutig ausgeführt werden können (Herold, Lurz, Wohlrab 2007, 27). Im weiteren Sinne lassen sich Algorithmen auch allgemeiner als (genau definierte) Handlungsvorschriften oder Ablaufbeschreibungen verstehen (Gesellschaft für Informatik 2019, 13).

Im Unterschied zu Computational Thinking bezieht sich Algorithmisches Denken auf die wesentlich für die Funktionsweise eines Geräts verantwortlichen Prinzipien: (modellhafte) Algorithmen. Reale Informatiksysteme fußen selbstverständlich auf zu umfangreichen Programmstrukturen, als dass diese sinnvoll mit Erstler\*innen thematisiert werden könnten. Damit eignet sich das Konstrukt Algorithmisches Denken gut für eine empirische Arbeit im Kontext des kindlichen Verständnisses von Informatikphänomenen, da sich sowohl das äußerlich sichtbare Verhalten von Geräten algorithmisch beschreiben lässt als auch mithilfe einer Vielzahl für junge Lerner\*innen optimierten Programmierumgebungen selbst algorithmische Strukturen erstellt werden können.

Unter *Algorithmusverständnis* wird für diese Arbeit daher vordergründig verstanden, wie sich das Algorithmische Denken von Menschen empirisch beschreiben lässt. Der derzeitige Projektstand dient vor allem der Eingrenzung des Forschungs-konstrukts, bspw. zu klären, inwieweit Computational Thinking und *Algorith-*

*musverständnis* sich für Grundschul Kinder trennscharf betrachten lassen. Daher werden zunächst auch weitere mögliche – nicht eindeutig *Algorithmusverständnis* betreffende – Varianten einer Operationalisierung nicht automatisch negiert, jedoch mit einem Kern „Funktionsweisen informatischer Phänomene“ versehen.

## 2.4 Forschungsstand

Informatische Grundbildung in der Grundschule ist weitgehend unerforscht. Für den deutschsprachigen Raum und erst recht für spezifische Fragestellungen der Sachunterrichtsdidaktik existieren derzeit vor allem theoretische oder kleinere explorative Studien, die auf Selbsteinschätzungen der Proband\*innen basieren. Bischof, Sabitzer (2011) sowie Mittermeir, Bischof, Hodnigg (2010) haben bspw. die Selbsteinschätzung des Interesses basierend auf einer dichotomen Geschlechterzuordnung erfragt. Demnach interessierten sich Grundschul Kinder grundsätzlich stärker als Schüler\*innen der weiterführenden Schulen für informatische Themen, außerdem verschiebe sich die Interessensverteilung nach Gender von annähernd gleich im Grundschulalter auf schief zugunsten der Jungen auf der weiterführenden Schule (Bischof, Sabitzer 2011, 101–103). Leonhardt (2015) hat in einem Prä-Post-Design eine Interessens- und Selbstwirksamkeitserwartungssteigerung von 11-/12-jährigen Mädchen (n = 23) nach einer Intervention zu informatischer Bildung gemessen.

Im Zusammenhang mit einem Versuch, die Problemlösefähigkeit bei Kindern durch eine Scratch-basierte Intervention zu steigern, berichten Kalelioğlu, Gülbahar (2014) zwar keinen messbaren Effekt dieser Intervention, stellen aber deskriptiv fest, dass „all the students liked programming and wanted to improve their programming“ (ebd., 33). Fessakis, Gouli, Mavroudi (2013) stellen ähnliche Selbsteinschätzungsergebnisse für 5- bis 7-Jährige vor und erhalten zusätzlich Indizien für eine gesteigerte Problemlösefähigkeit (ebd., 87).

Für bildungspolitische Entscheidungen, Informatische Grundbildung / Computational Thinking stärker curricular zu verankern, spielt die Annahme eines vorteilhaften Transfereffekts auf kognitive Fähigkeiten eine große Rolle (Scherer, Siddiq, Sánchez Viveros 2018, 1). In ihrer Metaanalyse (n = 105 Studien) können sie die Ergebnisse der Metaanalyse von Liao, Bright (1991) weitestgehend bestätigen. Demnach existieren positive Transfereffekte, am stärksten bei Fähigkeiten, die Ähnlichkeiten zu Computational Thinking aufweisen – dazu gehören „problem solving“, „creative thinking“ sowie „mathematic modeling“. „Overall, the positive transfer effect suggested that learning computer programming has certain cognitive benefits“. Einschränkend anzumerken ist bei beiden Studien, dass sie überwiegend auf Studien jenseits des Grundschulalters basieren. Allerdings gehen die Autor\*innen davon aus, dass der positive Transfereffekt den Konstrukten innewohnt und daher nicht vom Alter moderiert wird (vgl. Scherer, Siddiq, Sánchez Viveros 2018, 19).

### 3 Forschungsdesign

Im Projekt wurde bereits eine Prästudie zu kindlichen Verständnisweisen bei der Exploration von interaktivem Material durchgeführt, sowie theoretische und sachunterrichtsdidaktische Grundlagen erarbeitet (Goecke, Stiller, Pech 2018a). Abbildung 1 stellt bereits abgeschlossene sowie zukünftige Meilensteine vor.

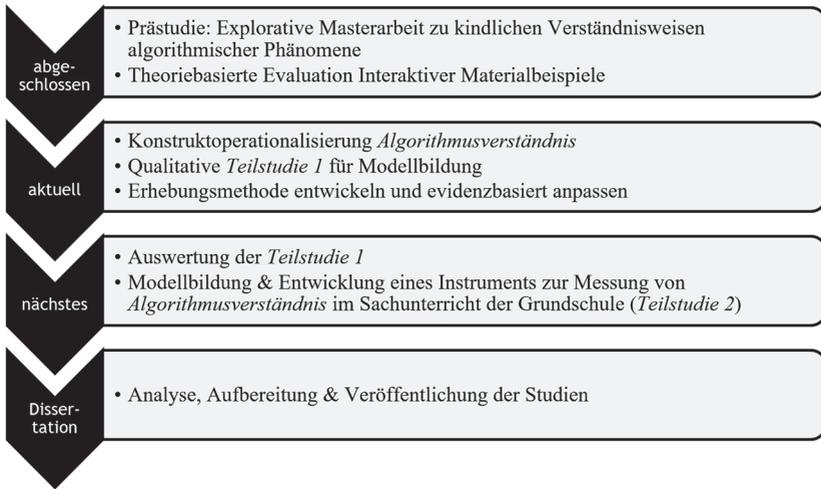


Abb. 1: Meilensteine (eigene Darstellung)

Bezüglich des Konstrukts *Algorithmusverständnis* existieren wenige Studien mit Bezug auf Grundschule (vgl. Abschnitt 2.4). Viele Erkenntnisse beziehen sich dabei auf Fassetten des Umgangs mit programmierbarem Material – aufgrund bisherigen Mangels an (Lern)Materialvielfalt. Aus diesem Grund wurde für das Projekt *DigiLit* ein zweistufiges Design entwickelt: Geplant ist eine mehrteilige Feldstudie. In einer ersten Teilstudie werden das Konstrukt *Algorithmusverständnis* exploriert und Hypothesen generiert. Konsekutiv erfolgt eine populationsbeschreibend angelegte Querschnittstudie, die idealerweise Hypothesenprüfung möglich macht.

#### 3.1 Teilstudie 1

##### *Design*

Die Teilstudie 1 ist als kleinskalige explorative Querschnittstudie geplant. Ziel ist die Exploration des Konstrukts *Algorithmusverständnis* anhand einer (videographierten) Erhebungssituation, die sowohl die Bearbeitung kleinerer Arbeitsaufträge als auch die Arbeit mit programmierbarem Material ermöglicht. Nach

der Erfassung von demographischen Daten und unabhängigen Variablen (siehe unten) werden in Anlehnung an die auch in Metastudien konsensuale Binnenstrukturierung (z. B. Scherer, Siddiq, Sánchez Viveros 2018) für die Operationalisierung des *Algorithmusverständnis* in Teilstudie 1 die Impulse, die allesamt auf programmierbarem Material beruhen, dreigeteilt. Das bezieht für den aktuellen Stand des Projekts explizit zunächst auch offline-Materialien ein.

*Abhängige Variable*

Als abhängige Variable wurde *Algorithmusverständnis* festgelegt und zunächst von den Konstrukten Computational Thinking und Algorithmisches Denken abgegrenzt (Abbildung 1). Für Computational Thinking existieren zahlreiche Operationalisierungen, bei denen Algorithmisches Denken einen wichtigen Bestandteil darstellt (vgl. Abschnitt 2.3; Kalelioğlu 2018).

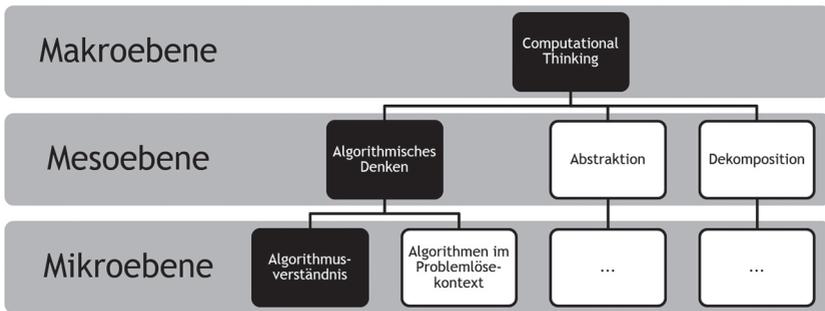


Abb. 2: Operationalisierung des Konstrukts Algorithmusverständnis (eigene Darstellung)

Im Konstrukt werden die Teilstrukturen *creating*, *modifying* und *evaluating* in Subskalen und Teilimpulsen abgebildet. Unter *creating* wird dabei das Erzeugen eines Codes aus einem vorgegebenen Register verstanden. *Modifying* meint hier die Veränderung der Programmierung eines bereits bestehenden Codes auf demselben Komplexitätsniveau (a) und die Veränderung der Programmierung eines bereits bestehenden Codes auf höherem Komplexitätsniveau (b). Schließlich wird *evaluating* hier als das Identifizieren von Fehlern in einer bestehenden Programmierung aufgefasst.

*Unabhängige Variablen*

Im Projekt *DigiLit* wird davon ausgegangen, dass zahlreiche Kovariaten mit dem *Algorithmusverständnis* zusammenhängen. Zunächst wird angestrebt, die unabhängigen Variablen Alter, Vorerfahrung in Bezug auf Coding, Affinität zu (auch nicht-digitaler) Technik und Affinität zu Problemlösesituationen in lebenswelt-

lichen Kontexten zu erfassen. Die Vorerfahrungen in Bezug auf Coding sollen sich sowohl beispielsweise auf die mittlerweile zahlreichen auf Lego basierenden programmierbarem Materialien beziehen können oder auf Vorerfahrung mit Robotern. Problemlösesituationen in lebensweltlichen Kontexten ergeben sich u. a. in bestimmten Gesellschaftsspielen.

Hinzu kommen Informationen zu weiteren demographischen Daten.

### *Stichprobe*

Für die Teilstudie 1 wird eine Ad-Hoc-Stichprobe aus der Grundgesamtheit der zirka 5 bis maximal 12 Jahre<sup>6</sup> alten Schülerinnen und Schülern Berlins gezogen. Angestrebt wird eine Stichprobengröße von mindestens 20 Personen.

## **3.2 Teilstudie 2**

Die Teilstudie 2 ist als großskalige Querschnittstudie geplant. Die Teilstudie soll populationsbeschreibende Erkenntnisse und die Prüfung von aus Teilstudie 1 abgeleiteten Hypothesen ermöglichen. Dabei kommen voraussichtlich computerbasierte Instrumente zum Einsatz, die in komplettem oder hilfsweise inkomplettem, rotiertem Design<sup>7</sup> distribuiert werden. Auswertungsmethodisch werden einschlägige latente Variablenmodelle (z. B. IRT) angewendet.

### *Abhängige Variable*

Die Operationalisierung des Konstrukts *Algorithmusverständnis* in der Teilstudie 2 hängt maßgeblich von den Erkenntnissen der Teilstudie 1 ab. Erwartbar wird die Binnenstruktur der oben skizzierten und in Abbildung 1 aufgeführten Variante stark ähneln.

### *Unabhängige Variable*

Zu den für Teilstudie 1 bereits identifizierten Variablen sind für die großskalige Erhebung in Teilstudie 2 voraussichtlich noch weitere Kovariaten zu identifizieren: So dürften die Vorerfahrung mit Computern (aufgrund des Erhebungsformats) oder zum Beispiel Lesegeschwindigkeit und verständnis erhebliche Varianzaufklärung mit sich bringen.

---

6 die Grundschule in Berlin umfasst die Klassenstufen 1 bis 6

7 aus Platzgründen kann und soll hier keine ausführliche Erläuterung der bisherigen Designvarianten erfolgen, für einen grundlegenden Überblick vgl. z. B. Döring & Bortz 2016

### Stichprobe

Für die Teilstudie 2 wird möglichst eine Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit der Berliner Schülerinnen und Schüler der vierten und fünften Klassen gezogen. Diese Eingrenzung der Stichprobe basiert auf der Annahme und den ersten Erkenntnissen, wonach der Erstzugang zu manchen der Materialien unterhalb der vierten Klasse wenig niedrigschwellig zu sein scheint.

## 4 Ergebnisse

Als Teil des Gesamtprojekts *DigiLit* wurden bereits Videodaten in der Prästudie ausgewertet. In der explorativen Erhebung zeigt sich dabei, dass die befragten Drittklässler\*innen – auch ohne explizite schulische Vorerfahrungen – algorithmische Verständnisweisen ausdifferenzieren. Die Prästudie basiert auf der Auswertung mittels Dokumentarischer Methode und Videoausschnitten, in denen Kinder der dritten Klasse mit dem Material *Cubelets* explorierend umgehen. Dabei zeigten Proband\*innen bspw. intuitive *Verständnisweisen der Übertragung und Speicherung von Information* innerhalb eines Roboters. Darüber hinaus neigen die befragten Kinder (n = ca. 22)<sup>8</sup> beim Umgang mit *Legø Education WeDo 2.0* dazu, Fahrzeuge positiv zu beschleunigen und fügen hierzu – technisch wirkungslos – eine hohe Anzahl von Programmierblöcken zusammen, die jeweils – technisch wirkungslos – hohe Werte für die Motorgeschwindigkeit festlegen. Auf Nachfrage ist ein in der Stichprobe verbreitetes Konzept, das Fahrzeug sei dadurch tatsächlich schneller. Ein Nachfragen und anschließendes systematisches Testen kann das Konzept *Motorgeschwindigkeit* elaborieren. Für zukünftige Arbeiten lassen sich verschiedene Konsequenzen ableiten, bspw. Aufgaben, die mit der Erhöhung von Geschwindigkeit zu tun haben und ein Fokus auf algorithmische Konzepte zur Beeinflussung der Geschwindigkeit legen. Außerdem hat die Analyse der Videodaten gezeigt, dass *Algorithmusverständnisse* erkennbar werden, die erst durch die systematische und detaillierte Analyse von Handlung und Gesprochenem interpretiert werden können (Goecke 2017a, 2017b; Goecke, Stiller, Pech 2018a; Goecke, Stiller, Pech, Pinkwart 2017).

8 Die genaue Anzahl der untersuchbaren Kinder ist nicht genau, da mehrere Kameras das Geschehen einer ganzen Klasse aufzeichneten, wobei nicht jedes Kind sichtbar wurde. Von 7 Zweiergruppen ließen sich Programme nachweisen, die die beschriebenen Aspekte zur Beschleunigung enthalten.

## 5 Ausblick/Schlussfolgerungen

Die in Abschnitt 4 skizzierten Ergebnisse der Vorstudie haben die Entwicklung bzw. Anpassung des Forschungsdesigns zur Untersuchung von Informatischer Grundbildung bzw. Algorithmusverständnissen maßgeblich beeinflusst. So greift die geplante Teilstudie 1 die Erkenntnis auf, dass kindliches *Algorithmusverständnis* durch eine detaillierte qualitative Analyse sichtbar werden kann, indem vor einer standardisierten Erhebung zunächst fundierte Erkenntnisse über kindliche Verständnisweisen von Algorithmen gewonnen werden sollen.

Bemühungen wie die *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich* (Gesellschaft für Informatik 2019), die *Dagstuhl-Erklärung* der Gesellschaft für Informatik (Gesellschaft für Informatik 2016) oder die KMK Strategie zur *Bildung in der digitalen Welt* (KMK 2016) deuten darauf hin, dass informatische Grundbildung zunehmend als wichtig für Grundschulbildung wahrgenommen wird. Dabei existiert noch unzureichend belastbare Erkenntnis über kindliches Lernen im Kontext informatischer Bildung. Indem ein Testinstrument für potentiell repräsentative Aussagen über *Algorithmusverständnisse* von Grundschulkindern entwickelt wird, trägt das vorgestellte Forschungsprojekt zur Erschließung der Algorithmusverständnisse von Grundschüler\*innen bei und hilft insofern, einem Desiderat in Bildungs- bzw. Grundschulforschung zu begegnen.

### Literatur

- Anders, P. (2018): Vom User zum Maker. Kinder gestalten und erzählen mit Scratch. In: Brandt, B. & Dausend, H. (Hrsg.): *Digitales Lernen in der Grundschule. Fachliche Lernprozesse anregen*. Münster.
- Barba, L. A. (2016): Computational Thinking: I do not think it means what you think it means. <http://lorenabarba.com/blog/computational-thinking-i-do-not-think-it-means-what-you-think-it-means/>, 23.11.2018.
- Bischof, E. & Sabitzer, B. (2011): Computer Science in Primary Schools – Not Possible, But Necessary?! In: Kalas, I., & Mittermeier, R. T. (Hrsg.): *Informatics in Schools. Contributing to 21st Century Education*. Berlin, Heidelberg, 94–106.
- Borowski, C., Diethelm, I. & Mesaroş, A.-M. (2010): Informatische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Theoretische Überlegungen zur Begründung, In: [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de), H. 15.
- Calderon, A. (2018): Susceptibility to Learn Computational Thinking Against STEM Attitudes and Aptitudes. In: Khine, M. S. (Hrsg.): *Computational Thinking in the STEM Disciplines*. Cham.
- Curzon, P. & McOwan, P. W. (2018): *Computational Thinking*. Berlin, Heidelberg.
- Fessakis, G., Gouli, E. & Mavroudi, E. (2013): Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study, In: *Computers & Education*, 63, 87-97.
- GDSU (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn.
- Gesellschaft für Informatik (2016): *Dagstuhl-Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt*. [https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erkla\\_rung\\_2016-03-23.pdf](https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erkla_rung_2016-03-23.pdf).
- Gesellschaft für Informatik (2019): *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich*. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. erarbeitet vom Arbeitskreis »Bildungsstandards

- Informatik im Primarbereich«. [https://www.informatikstandards.de/docs/v142\\_empfehlungen\\_kompetenzen-primarbereich\\_2019-01-31.pdf](https://www.informatikstandards.de/docs/v142_empfehlungen_kompetenzen-primarbereich_2019-01-31.pdf), 28.10.2019.
- Goecke, L. (2017a): Exploration der Zugänge von Drittklässler\_innen beim Umgang mit programmierbarem Material im Sachunterricht. eine videographische Analyse. Masterarbeit.
- Goecke, L. (2017b): Informatische Bildung in der Grundschule. Exploration des Felds anhand algorithmischer Phänomene. [https://www.researchgate.net/publication/314151983\\_Informatische\\_Bildung\\_in\\_der\\_Grundschule\\_Exploration\\_des\\_Felds\\_anhand\\_algorithmischer\\_Phanomene](https://www.researchgate.net/publication/314151983_Informatische_Bildung_in_der_Grundschule_Exploration_des_Felds_anhand_algorithmischer_Phanomene), 28.04.2017.
- Goecke, L. & Stiller, J. (2018): Informatische Phänomene und Sachunterricht. Beispiele für vielperspektivischen Umgang mit einem Einplatinencomputer. In: Thomas, M. & Weigend, M. (Hrsg.): Informatik und Medien. 8. Münsteraner Workshop zur Schulinformatik 18. Mai 2018 an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 9-18.
- Goecke, L., Stiller, J. & Pech, D. (2018a): Algorithmische Verständnisweisen von Drittklässler/innen beim Explorieren von programmierbarem Material. In: Franz, U., Giest, H., Hartinger, A., & Heinrich-Dönges, A. (Hrsg.): Handeln im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 101-108.
- Goecke, L., Stiller, J. & Pech, D. (2018b): Digitale Medien im Sachunterricht. Informatische Bildung und Medienbildung in Forschung und Lehre. In: Brandt, B., & Dausend, H. (Hrsg.): Digitales Lernen in der Grundschule. Fachliche Lernprozesse anregen. Münster, 179-204.
- Goecke, L., Stiller, J., Pech, D. & Pinkwart, N. (2017): Informatische Grundbildung: Exploration des Erstzugangs zu Lego® Wedo 2.0 und Cubelets von Drittklässler\_innen. In: Diethelm, I. (Hrsg.): Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. 17. GI-Fachtagung Informatik und Schule vom 13.-15. September 2017 in Oldenburg, Bonn.
- Gumm, H.-P. & Sommer, M. (2011): Einführung in die Informatik. 9. Aufl. München.
- Herold, H., Lurz, B. & Wohlrab, J. (2007): Grundlagen der Informatik. Praktisch, technisch, theoretisch. München.
- Hubwieser, P. (2007): Didaktik der Informatik. Grundlagen, Konzepte, Beispiele. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg.
- Kahlert, J. (2016): Der Sachunterricht und seine Didaktik. 4. Aufl. Bad Heilbrunn.
- Kalelioglu, F. (2018): Characteristics of Studies Conducted on Computational Thinking: A Content Analysis. In: Khine, M. S. (Hrsg.): Computational Thinking in the STEM Disciplines. Cham.
- Kalelioglu, F. & Gülbahar, Y. (2014): The Effects of Teaching Programming via Scratch on Problem Solving Skills: A Discussion from Learners' Perspective, In: Informatics in Education, 13, H. 1, 33-50.
- Khine, M. S. (Hrsg.) (2018): Computational Thinking in the STEM Disciplines. Cham.
- Klafki, W. (1994): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik.
- KMK (2016): Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Gemeinsame\\_Erklaerung\\_KMK\\_VBM\\_v.\\_14.06.2018.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Gemeinsame_Erklaerung_KMK_VBM_v._14.06.2018.pdf), 14.09.2018.
- Leonhardt, T. (2015): Etablierung eines begabungsfördernden Lernumfeldes für Mädchen im Bereich Informatik.
- Liao, Y.-K. C. & Bright, G. W. (1991): Effects of Computer Programming on Cognitive Outcomes: A Meta-Analysis. In: Journal of Educational Computing Research, 7, H. 3, 251-268.
- Mammes, I. (Hrsg.) (2013): Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven. Baltmannsweiler.
- Mittermeir, R. T., Bischof, E. & Hodnigg, K. (2010): Showing Core-Concepts of Informatics to Kids and Their Teachers. In: Hromkovič, J. (Hrsg.): Teaching fundamental concepts of informatics. 4th International Conference on Informatics in Secondary Schools – Evolution and Perspectives, ISSEP 2010, Zurich, Switzerland, January 13-15, 2010 ; proceedings. Berlin, 143-154.

- Murmann, L. (2018): Zur Sache Informatik, In: LOG IN, 189/190, 47-50.
- Papert, S. (1980): Mindstorms. Children computers and powerful ideas. 2nd. ed. New York NY.
- Perlman, R. (1976): Using Computer Technology to Provide a Creative Learning Environment for Preschool Children. <http://hdl.handle.net/1721.1/5784>.
- Ropohl, G. (2009): Allgemeine Technologie eine Systemtheorie der Technik. Karlsruhe.
- Scherer, R., Siddiq, F. & Sánchez Viveros, B. (2018): The cognitive benefits of learning computer programming: A meta-analysis of transfer effects, In: Journal of Educational Psychology.
- Stiller, J. & Goecke, L. (2019): Forschungsbezogene Lehre im Sachunterricht mit Einplatinencomputern. In: Knörzner, M., Förster, L., Franz, U. & Hartinger, A. (Hrsg.): Forschendes Lernen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn.
- Straube, P., Mamlouk, N. M., Köster, H., Nordmeier, V., Müller-Birn, C. & Schulte, C. (2013): DoInG – Informatisches Denken und Handeln in der Grundschule, In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- Wing, J. M. (2006): Computational thinking, In: Communications of the ACM, 49, H. 3, 33.
- Wolffgramm, H. (2012): Allgemeine Techniktheorie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten (Einführung in die Denk- und Arbeitsweisen der allgemeinen Techniklehre). <https://dgtb.de/wp-content/uploads/2018/11/Wolffgramm-Allgemeine-Techniktheorie-klein.pdf>, 23.11.2018.
- Zinn, B. (2018): Technikdidaktik in der Allgemeinbildung. In: Zinn, B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.): Technikdidaktik. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme, 63-69.

*Sabine Martschinke, Susanne Palmer Parreira und Ralf Romeike*

## **Informatische (Grund-)Bildung schon in der Primarstufe? Erste Ergebnisse aus einer Evaluationsstudie**

### **1 Problemaufriss**

Vom Getränkeautomaten über Saugroboter, Bewegungsmelder, Ampelsysteme und elektronische Anzeigetafeln bis hin zu fahrerlosen U-Bahnen – in immer mehr Bereichen unserer alltäglichen Lebenswelt existieren technische Geräte und automatisierte Abläufe, die vorab von Informatiker\*innen programmiert wurden und deswegen vor dem technischen und dem informatischen Hintergrund verstanden werden müssen. Damit gibt es neben Smartphones und Computern als prototypische Geräte der digitalen Welt zahlreiche weitere technische Anwendungen mit digitalen Komponenten. Dem gegenüber stehen ernüchternde Ergebnisse aus der International Computer and Information Literacy Study (ICILS 2013, vgl. Bos u. a. 2014), die zeigen, dass fast ein Drittel der Achtklässler\*innen lediglich rudimentäre Fertigkeiten und basale Kenntnisse im Umgang mit digitalen Technologien besitzen. Vor dem Hintergrund der Digitalisierung, die Kinder in zunehmendem Maße umgibt (vgl. KIM-Studie, MPFS 2016), wird es immer bedeutsamer, Kinder bereits früh und damit auch schon in der Grundschule in die durch Informatik geprägte Lebenswelt einzuführen. Da auch die sogenannten „digital natives“ nicht automatisch kompetente Nutzer\*innen sind (vgl. DIVISI U25-Studie, Otternberg u. a. 2018), ist für eine kompetente Nutzung digitaler Technologien grundlegendes Wissen über Methoden und Prinzipien der Informatik notwendig. Die Forschungslage zu Effekten geeigneter Maßnahmen, besonders in der Grundschule, ist allerdings bis dato lückenhaft.

Nach begrifflich-theoretischen Klärungen und Einordnungen informatischer Bildung wird im folgenden Beitrag begründet, warum und wie informatische Bildung schon in der Grundschule starten soll und auch kann. Es wird das Unterrichtsprojekt „Was und wie arbeiten Informatiker?“ vorgestellt, das Kompetenzen von Grundschulkindern in Bezug auf fundamentale Prinzipien, Konzepte, Problemlösungen sowie Denk- und Arbeitsweisen (Computational Thinking) der In-

formatik zunächst erfasst und dann fördert. Erste Evaluationsergebnisse aus zwei Pilotstudien werden vorgestellt.

## 2 Begriffsklärungen

### 2.1 Informatik und informatische Bildung

Informatik als Wissenschaft der automatischen Informationsverarbeitung (Claus & Schwill 2006, 305) wird von Bergner u. a. (2018) in ihrer Funktion in unserer Gesellschaft anschaulich beschrieben:

„Informatik ist überall dort, wo

- **Abläufe automatisiert gesteuert oder geregelt** (die Ampelsteuerung, der Fahrplan der Bahn oder die Tour des Müllwagens, das Programm der Waschmaschine),
- **Daten digital gespeichert und ausgegeben** (Kamera, Hörbuch),
- **Daten übertragen** (Handy, Fernseher, Radio) oder
- **Daten verändert und berechnet werden** (die Wettervorhersage, der Taschenrechner, das Navigationssystem im Auto...).“ (ebd., 20).

Um solche Vorgänge nicht nur zu nutzen, sondern sie auch zu verstehen, ist informatische Bildung notwendig. Die Gesellschaft für Informatik beschreibt informatische Bildung als „das Ergebnis von Lernprozessen, in denen Grundlagen, Methoden, Anwendungen, Arbeitsweisen und die gesellschaftliche Bedeutung von Informatiksystemen erschlossen werden“ (GI 2000, 1) und fordert:

„Aufgabe der allgemein bildenden Schule muss es sein, allen Schülerinnen und Schülern [...] einen gleichberechtigten Zugang zu informatischen Denk- und Arbeitsweisen und modernen Informations- und Kommunikationstechniken zu öffnen, informatische Bildung zu vermitteln und damit auch auf lebenslanges Lernen [...] vorzubereiten“ (ebd.).

Das heißt, dass nicht nur Zugangsmöglichkeiten geschaffen werden sollen, die vorgegebene Abläufe nachvollziehen, sondern im Umgang mit digitalen Geräten sollen Schüler\*innen auch adaptieren, konfigurieren, konstruieren und gestalten. Hinter der Benutzeroberfläche verborgen stecken die Prinzipien und Konzepte, die die Grundlagen für informatische Bildung darstellen. Nur mit deren Kenntnis können digitale Systeme konstruiert und deren Wirkungsweise beschrieben werden. Damit befähigt informatische Bildung zur effektiven und effizienten Nutzung und Gestaltung von digitalen Geräten (Humbert & Puhmann 2004; Mittermeir 2010; Gander u. a. 2013; Brandhofer 2014; Bergner u. a. 2018). Informatische Bildung ist also notwendig, damit Kinder Probleme, die im Kontext von Informatiksystemen auftreten, durch eigenständige Lösungen bewältigen

können. Allerdings sind informatische Kompetenzen nicht nur in Verbindung mit Informatiksystemen hilfreich, sondern können auch auf nicht-informatische Kontexte transferiert werden. Darunter fällt beispielsweise das Modellieren von Problemlösungen und ein strukturiertes Zerlegen von Problemen. Im anglo-amerikanischen Raum findet man dafür oft den Begriff Computational Thinking. Scherer u. a. (2018) zeigten in einer Meta-Analyse, dass Übertragungseffekte von informatischer Bildung auf zahlreiche weitere Kompetenzen nachweisbar sind. So kann Informatik auch zur Allgemeinbildung beitragen.

## 2.2 Das Verhältnis von informatischer Bildung, Medienbildung und digitaler Bildung

Die durch Digitalisierung geprägte Welt erfordert mediale und informatische Kompetenzen.

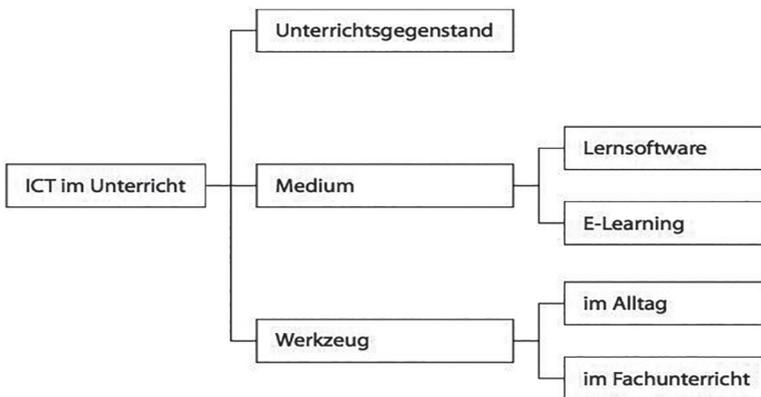
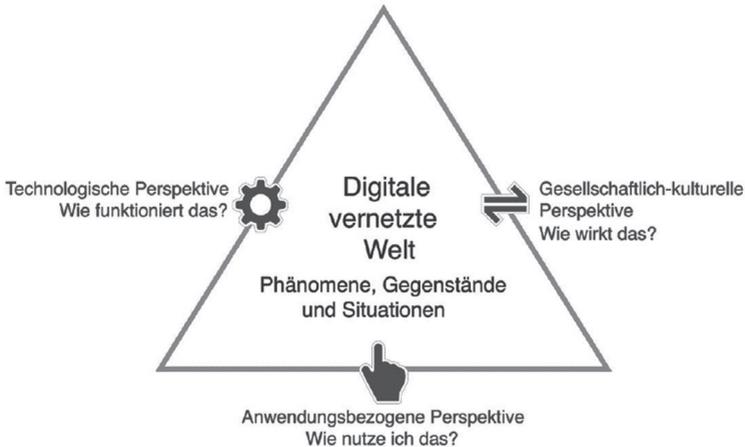


Abb. 1: Verschiedene Rollen des Computers in der Ausbildung (entnommen aus Hartmann u. a. 2007, 4)

Wenn informatische Bildung das zentrale Unterrichtsziel darstellen soll, so werden Medien bzw. ICT (information and communications technology: Informations- und Kommunikationstechnik) in erster Linie als Unterrichtsgegenstand eingesetzt (Hartmann u. a. 2007). Andere Einsatzformen von ICT sind die Verwendung als Werkzeug (z. B. zum Gestalten von Bildern oder Texten) oder als Medium (z. B. das Lernen mit Lernsoftware), was dann häufig als Medienbildung oder Medienerziehung bezeichnet wird. Hier steht die Nutzung von ICT im Vordergrund. Spezifisch informatisches Wissen stellt für die Verwendung der Programme keine notwendige Bedingung dar, jedoch ist „für die effiziente Nutzung dieser Werkzeuge [...] ein Verständnis grundlegender informatischer Konzepte notwendig“ (ebd., 3).

In fast allen Curricula allgemeinbildender Schulen weltweit werden sowohl Anwendungsfertigkeiten (digital skills), als auch Konzeptionswissen vermittelt (Gander u. a. 2013). Die häufig vorzufindende Trennung von Nutzungsfertigkeiten und informatischer Bildung könnte unterschiedliche Ursachen haben: zum einen die Angst, informatische Bildung auf Anwendungsfertigkeiten zu reduzieren, zum anderen den Wunsch, den neuen Bildungsbereich an die akademische Disziplin anzuknüpfen (vgl. Bergner u. a. 2018, 57). Die Autor\*innen plädieren dafür, von einem Zusammenhang der vermeintlich getrennten Bereiche „Gestalten/Konstruieren“ und „Anwenden“ auszugehen (vgl. auch Crutzen 2000).

Aktuelle Ansätze versuchen, die unterschiedlichen Perspektiven zu vereinbaren, so dass sie sich in Bildungsprozessen sinnvoll ergänzen. Beispielsweise könnte zu einer Einführung in innertechnische Wirkprinzipien ein Lebensweltbezug verdeutlicht werden oder zu einer Nutzungsschulung ein Einblick gegeben werden in digitaltechnische Systeme, mit dem Ziel der Adaption an individuelle Bedürfnisse. In der Dagstuhl-Erklärung zur „Bildung in der digitalen vernetzten Welt“ (Brinda u. a. 2016) wird deutlich, dass sowohl Medienbildung als auch Informatikunterricht für den Kompetenzaufbau wichtig sind:



**Abb. 2:** Das Dagstuhl-Dreieck: Erkenntnisperspektiven auf die digitale Welt (Brinda u. a. 2016)

Hier zeigt sich auch ein mehrperspektivischer Zugang: Bildung muss sich demnach auf Phänomene, Gegenstände und Situationen der digitalen Welt aus anwendungsbezogener, technologischer *und* gesellschaftlich-kultureller Perspektive beziehen.

### 3 Implementierung von informatischer Bildung in der Grundschule

#### 3.1 Zieldimensionen für informatische Bildung in der Grundschule

Die Grundschule als gemeinsame Eingangsstufe sollte, wie in anderen Ländern schon üblich (Gander u. a. 2013), eine informatische Grundbildung implementieren, um bei allen Kindern ein erstes Verständnis und Interesse für Informatik und digitale Systeme zu entwickeln.

Für die Bildungsziele in der Grundschule können die von der Gesellschaft für Informatik vorgeschlagenen Standards für die Sekundarstufe I als Orientierung herangezogen werden (GI 2008). Unter Bezugnahme auf internationale Standards entwickeln Bergner u. a. (2018, 135 ff.) daraus ein Kompetenzstrukturmodell für informatische Bildung in der Primarstufe mit folgenden zentralen Zieldimensionen:

- Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Informatik(systemen)
- informatische Kompetenzen (informatische Prozessbereiche und informatische Inhaltsbereiche)
- übergreifende Basiskompetenzen (kognitive, (schrift-)sprachliche und soziale Kompetenzen).

#### 3.2 Verankerung der Informatischen Bildung in der Grundschule

Vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Transformation und zunehmender Digitalisierung findet man bildungspolitische Initiativen, Kinder bereits in der Grundschule in die durch Informatik geprägte Lebenswelt einzuführen und mit ihnen und für sie zu erschließen. Die KMK (2009) empfiehlt eine „informatische Vorbildung“ (KMK 2009, 4). Die KMK-Strategie (2016) legt den Schwerpunkt auf eine fächerintegrierte digitale Medienbildung, obwohl sich die Gesellschaft für Informatik in ihrer Stellungnahme für eine Verankerung informatischer Bildung bereits in der Grundschule ausspricht (GI 2016). Das Strategiedokument des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF 2016) plädiert für eine Stärkung von Informatikunterricht ab der Grundschule und fächerintegrierte digitale Medienbildung.

Damit werden Fragen aufgeworfen, wo die informatische (Grund-)Bildung verortet werden kann. Informatische Bildung weist Übereinstimmungen mit den Zielsetzungen für den Sachunterricht auf. Sie lässt sich mit dem Perspektivrahmen für den Sachunterricht im Sinne grundlegender Bildung (GDSU 2013, 9) insofern vereinbaren, da das Ziel, Kinder zu befähigen, ihre Lebenswirklichkeit „sachbezogen zu verstehen, sich auf dieser Grundlage bildungswirksam zu erschließen und sich darin zu orientieren, mitzuwirken und zu handeln“ (ebd.) auch für den

Bereich der informatischen Bildung gilt. Nur mit informatischer Bildung können diese Ziele in einer durch digitale Geräte geprägten Welt erreicht werden.

Spezifisch geht es dabei um die Orientierung in der digitalen Welt und um das Verstehen der digitalen Welt, die bereits in der Lebenswirklichkeit der Kinder bedeutsam ist. Zudem sollen Kinder Möglichkeiten kennen lernen, gestalterisch an der Weiterentwicklung dieser digitalen Welt mitwirken zu können.

Medien und ICT spielen bereits seit Längerem eine Rolle im Rahmen der Medienbildung in der Grundschule, allerdings geht es dabei vor allem um die sachgerechte, reflektierte und kritische Mediennutzung (Borowski u. a. 2010; Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013, 83ff.). Es ist daher notwendig, die Ziele des Sachunterrichts in Bezug auf das Thema ‚digitale Medien‘ an die aktuellen Erfordernisse anzupassen. Wenn Kinder angemessen auf die Zukunft vorbereitet werden sollen, müssen sie befähigt werden, ihre technisierte Lebenswelt zu verstehen. Deshalb muss die Thematisierung von digitalen Medien über das reine Anwendungslernen und über den Erwerb allgemeiner Medienkompetenzen hinausgehen und auch das Ziel in den Fokus nehmen, Kindern Konzeptionswissen zu vermitteln (Gibson 2012, 34).

Dieses Ziel stimmt mit dem Bildungspotenzial der technischen Perspektive im Sachunterricht überein (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013, 63), so dass die zukünftige Aufnahme informatischer Bildung in die technische Perspektive des Sachunterrichts sinnvoll erscheint, allerdings wäre über den Begriff der informatisch-technischen Bildung oder ähnliche sprachliche Signale eine größere Aufmerksamkeit auf die neue Aufgabe zu lenken.

## 4 Forschungsstand

### 4.1 Kognitive Grundlagen

Die empirische Befundlage ist noch dürftig, aber erste Studien zeigen, dass Grundschul Kinder sehr wohl kognitiv in der Lage sind, wichtige fundamentale Ideen der Informatik bereits zu erfassen. So prüfte Schwill (2001) die Fähigkeit von Kindern, grundlegende Prinzipien der Informatik zu verstehen. Grundschul Kinder können u. a. aus Schlussfolgerungen heraus Hypothesen ziehen und ein Problem in mehrere Teilprobleme zerlegen, wenn die Inhalte handlungsorientiert, anschaulich und kindgerecht aufbereitet sind. Weigend (2009) zeigte, dass die meisten Kinder aus dritten und vierten Klassen bereits Erfahrungen mit algorithmischen Handlungsanweisungen (z. B. Aufbauanleitungen, Spielregeln) gesammelt haben. Dabei scheint es ihnen nicht schwer zu fallen, naive Algorithmen ohne Computereinsatz umzusetzen. Dass Grundschul Kinder, selbst wenn sie noch nicht lesen oder schreiben können, mit grafischen Algorithmen umgehen kön-

nen, zeigte Gibson (2012). Empirische Evidenz gibt es auch für die Annahme, dass informatische Grundbildung und entsprechende Denk- und Arbeitsweisen (Computational Thinking) in der Grundschule eingeführt werden können (Tedre & Denning 2016).

## 4.2 Interesse und Einstellungen

Es scheint naheliegend, dass Grundschulkindern Interesse an Informatik entwickeln. Denn Kinder interessieren sich für Neue Medien und auch bei jüngeren Kindern lässt sich ein starker Anstieg an genutzten Medien verzeichnen (vgl. KIM-Studie, MPFS 2016; miniKIM, MPFS 2014). Ob sich das große Interesse an der Mediennutzung auch auf das Interesse für die informatischen Hintergründe überträgt, ist allerdings empirisch noch nicht belegt. Yardi und Bruckmann (2007) zeigten in einer qualitativen Interviewstudie, dass Kinder und Jugendliche ab 11 Jahren eher der Meinung waren, Informatik sei langweilig, eine einsame Beschäftigung und ohne Realitätsbezug, während Informatik-Studierende sich fasziniert äußerten und meinten, Informatik sei eine soziale Beschäftigung und habe Alltagsrelevanz. Erfahrungen aus Projekten, wie z. B. dem Roberta-Projekt (Petersen u. a., 2007), sind Hinweise dafür, dass Kinder (in diesem Fall Mädchen) begeistert werden können, wenn sie selbst programmieren dürfen. Auch bestehende Vorurteile, besonders von Mädchen im Grundschulalter, können abgebaut werden können (Master u. a. 2017).

## 4.3 Zugangsweisen und Auswirkungen

Bisher liegen kaum Forschungsergebnisse zu Auswirkungen eines Unterrichts, der informatische Inhalte in der Grundschule in den Fokus nimmt, vor. Verschiedene Projekte zeigen erste Erfahrungen und Ergebnisse. Einige davon werden im Folgenden kurz beschrieben. Die Projekte können unterschieden werden, je nachdem, auf welche Weise sie den Kindern Zugänge zur Informatik ermöglichen. Zum einen können Zugänge ohne den Einsatz von Computern oder Technik geschaffen werden: Bell u. a. (2006) entwickeln in ihrem Buch zahlreiche Spiel- und Lernmöglichkeiten zur Informatik, die teils auch für die Grundschule geeignet sein sollen. Borowski u. a. (2010) beschreiben, wie Kinder das Prinzip der Druckerwarteschlange aus Perspektive der informatischen Bildung handelnd erleben. Des Weiteren kann der Zugang über physische Erfahrungen erfolgen, beispielsweise über programmierbares Spielzeug: Hier erweist es sich als Vorteil, dass eine Beschäftigung mit physischen Objekten für Kinder einfacher und motivierender ist, wie Xie u. a. (2008) zeigen konnten. Romeike und Reichert (2011) berichten von positiven Erfahrungen mit dem Einsatz von PicoCrickets mit Viertklässlern, die mit Hilfe einer visuellen Programmiersprache vielfältige Kreationen aus Bausteinen erstellen. Ein weiteres Beispiel für ein Spielzeug, das sich direkt am Gerät

programmieren lässt, ist der Bee-Bot, welcher auch in der vorliegenden Studie eingesetzt wurde. Schließlich bietet der Einsatz von Software eine Möglichkeit, einen Zugang zu Informatik zu schaffen. Mit Hilfe von Mikrowelten, in denen die Komplexität reduziert wurde (z. B. durch den Einsatz visueller Bausteine, die Syntaxfehler ausschließen), erfolgt eine erste Begegnung mit dem Programmieren: Im Unterricht konnte beim Einsatz solcher softwarebasierter Werkzeuge eine erhöhte Motivation nachgewiesen werden (Ruf u. a. 2014). Portelance u. a. (2016) schildern für das Kreieren von Spielen und Animationen mit der altersgemäßen Programmierumgebung ScratchJr, dass Kinder ab fünf Jahren Algorithmen erstellen können.

Diese ersten Ergebnisse in einem noch wenig erforschten Feld zeigen, dass es möglich ist, nicht nur medienpädagogische und -didaktische Zielstellungen bereits in der Grundschule zu verfolgen (nicht nur Nutzung als Werkzeug und Medium vgl. Punkt 2), sondern Informatik auch als Unterrichtsgegenstand in der Grundschule zu bearbeiten. Spezifisches Wissen zu Lernvoraussetzungen von Kindern fehlt noch in größerem Umfang, auch Effekte werden noch selten berichtet.

## 5 Forschungsfrage und Erläuterung des Forschungsdesigns

### 5.1 Forschungsfrage und Erhebungsinstrumente

Die im Folgenden dargestellte Studie soll folglich prüfen, welche Kompetenzen Grundschul Kinder in Bezug auf fundamentale Prinzipien, Konzepte, Problemlösungen sowie Denk- und Arbeitsweisen (Computational Thinking) der Informatik mitbringen (Teilfrage 1) und ob sie gefördert werden können (Teilfrage 2). Die Studie ist in einem Prä-Posttestdesign mit je einem Messzeitpunkt vor und nach der Unterrichtseinheit angelegt. Als Zieldimensionen werden sowohl informatische Kompetenzen als auch das Selbstkonzept im Umgang mit Informatik(systemen) angestrebt.

Bis dato wurden zwei Pilotstudien ( $n^a = 53$ ,  $n^b = 79$ ) durchgeführt, in denen Instrumente entwickelt wurden und Studierende die Unterrichtseinheit in dritten Klassen erprobt haben. Die Erhebungsinstrumente (qualitativ und quantitativ) wurden zwischen den beiden Pilotierungen verbessert, so dass die Daten nicht oder nur zum Teil zusammengefasst werden können. Das Vorwissen über das Berufsbild eines Informatikers bzw. einer Informatikerin und die Funktionsweise eines Navis wird offen erfasst. Selbstkonzept und Kompetenzen im Bereich informatischer Bildung werden mit einem eigens entwickelten quantitativen Instrument erhoben.

**Tab.1:** Überblick über die wichtigsten Erhebungsinstrumente (<sup>a</sup> nur in der ersten Erhebungswelle, <sup>b</sup> nur in der zweiten Erhebungswelle)

Bereiche des Fragebogens	Variable	Items	N	$\alpha$	Beispielitems
1. Weißt du, was ein Informatiker bzw. eine Informatikerin macht? <sup>a</sup> Weißt du, wie ein Navi funktioniert? <sup>b</sup> Wo steckt Informatik drin? <sup>b</sup>	Wissen	offen	53 <sup>a</sup>  79 <sup>b</sup>	-	Weißt du, was ein Informatiker bzw. eine Informatikerin macht? <sup>a</sup> Papa, woher weiß das Navi, WIE es uns schnell und auf kürzestem Weg zum Ziel bringt? <sup>b</sup>
2. Kannst du schon, wie ein Informatiker arbeiten?	Selbstkonzept	4	130 <sup>a,b</sup> 122 <sup>a,b</sup>	t1: .59 t2: .62	Fällt es dir leicht oder schwer, an schwierigen Aufgaben zu tüfteln?
3. Aufgaben zum Nachdenken	Kompetenzen	9	66 <sup>b</sup>	t1 .50 t2 .65	Welcher Weg ist der schnellste? Kreuze an! Kreuze alle Dinge an, in denen „Informatik“ drin steckt“! <sup>b</sup>

Die Skala zum Selbstkonzept bezieht sich auf verschiedene fachgemäße Denk- und Arbeitsweisen eines Informatikers bzw. einer Informatikerin und zeigt keine zufriedenstellende, allerhöchstens eine hinreichende Reliabilität. Da aber nur vier Items eingehen, die alle positive Trennschärfen über .20 aufweisen, wird die Skala zur weiteren Berechnung aufgenommen. Mit ähnlicher Güte ist die Skala zu Kompetenzen einzuschätzen, die auf der Basis der angestrebten Ziele und unter Einbezug von Items aus dem bundesweiten Informatikwettbewerb (BWINF) bzw. aus dem Informatik-Biber in der Schweiz (Blöchinger u. a. 2015) entwickelt wurde. Hier müssen die Kinder beispielsweise für einen Roboter, der nur vorwärts und sich um ein Viertel nach rechts drehen kann, eine Vierteldrehung nach Links „programmieren“, „kurze Wege“ bestimmen oder sie müssen Muster im Sinne von Algorithmen erkennen.

Ergebnisse zu den beiden Skalen müssen aufgrund der eher geringen Reliabilität mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden. Für Folgestudien wird eine Weiterentwicklung angestrebt. Zusätzlich wurden eine Geschlechtsvariable und Vorerfahrungen erfasst.

## 5.2 Das Unterrichtsprojekt

Die ca. dreiwöchige Intervention umfasste insgesamt fünf Doppelstunden und wurde in enger Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Grundschulforschung und der Didaktik der Informatik entwickelt.

Eine zentrale Rolle spielen die kindgerecht formulierten Arbeitsweisen eines Informatikers bzw. einer Informatikerin, die mit den Kindern im Unterricht erarbeitet wurden. Alle Unterrichtseinheiten wurden vor dem Hintergrund dieser Arbeitsweisen reflektiert.



Abb. 3: Arbeitsweisen einer Informatikerin/eines Informatikers

In der ersten Unterrichtseinheit werden gemeinsam möglicherweise vorhandene Klischeevorstellungen (z. B. Informatiker sind männlich, arbeiten alleine und ausschließlich am PC und tragen eine Brille) bewusstgemacht. Exemplarisch werden dazu Edsger Wybe Dijkstra als Erfinder eines nach ihm benannten Algorithmus in den Niederlanden und Jade Raymond, eine kanadische Computerspiele-Entwicklerin, vorgestellt, um die Arbeitsweisen als Tipps von Expert\*innen einzuführen und Klischees diskutieren und damit abbauen zu können. In der zweiten Unterrichtseinheit lernen und erarbeiten die Kinder die „Schritt-für-Schritt-Sprache“ des BeeBot, eines programmierbaren Bienenroboters. In der dritten Unterrichtseinheit programmieren sie auf höherem Abstraktionsniveau mit Scratch-Junior (ScratchJr) auf dem Tablet. Ein Stück weit in die Lebenswelt der Kinder hinein führt die beispielhafte Auseinandersetzung mit der Frage, wie ein Navigationsgerät funktioniert. Erste Überlegungen zur sinnvollen Berechnung des kürzesten Weges klären über die Leistung eines Navis auf. Als letzte Einheit denken die Kinder gemeinsam nach, wo Informatik in ihrer Lebenswelt präsent ist. Über den

Vergleich verschiedener Zahnbürsten (Handzahnbürste, elektrische Zahnbürste, Zahnbürste mit Sensor) werden die Kinder für informatische Lösungen in ihrer Umwelt sensibilisiert.

**Tab.2:** Übersicht über die Unterrichtseinheiten

Unterrichtseinheiten	Thema
1. Einheit	Was weißt du schon über Informatik(er) und welche Tipps haben sie für dich?
2. Einheit	Wir führen den BeeBot mit der Schritt-für-Schritt-Sprache zum Bienenstock!
3. Einheit	Wir schreiben Schatzgeschichten mit ScratchJr!
4. Einheit	Wir suchen (wie das Navi) den kürzesten Weg!
5. Einheit	Wo steckt noch überall Informatik drin?

Methodisch können sich die Kinder in vielen Phasen des Unterrichts kooperativ mit anderen Kindern auseinandersetzen und lernen dabei auch die informatische Arbeitsweise des Zusammenarbeitens kennen. Beispielsweise können BeeBots in Dreiergruppen so programmiert werden, dass sie auf großen Matten (in A1) einen Weg zum Bienenstock finden, der an Blumen zum Honigsammeln vorbeiführt, aber auch die Felder mit gefährlichen Spinnennetzen meidet. Zu jeder Station gehören Arbeitsblätter mit kognitiv aktivierenden Aufgaben und mit Kontrollmöglichkeiten mit Hilfe des BeeBot für die Fehlersuche als wichtiger informatischer Arbeitsweise.

Namen: \_\_\_\_\_

Erkläre der Biene den Weg: Station 4

**Schritt-für-Schritt-Sprache:**

↑  
vorwärts

↓  
rückwärts

↻  
nach rechts  
drehen

↺  
nach links  
drehen

Schreibe in der Schritt-für-Schritt-Sprache:

**GO** Prüfe das Ergebnis mit deiner Biene!  
Alles richtig?  
Sonst suche den Fehler!

**Abb. 4:** Arbeitsblatt an einer Station für die Gruppenarbeit (Einheit 2)

## 6 Darstellung der Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt entlang zweier Teilfragen. In der ersten Teilfrage interessiert besonders, welche spezifischen Lernvoraussetzungen Drittklässler\*innen schon mitbringen. Erst in einem zweiten Teilschritt wird geprüft, ob mit einem Unterrichtsprojekt eine Förderung des Wissens, des Selbstkonzepts und spezifischer Kompetenzen erreicht werden kann.

### 6.1 Lernvoraussetzungen der Schüler\*innen

Während der ersten Unterrichtseinheit wurden Plakate aufgehängt, mit denen die Kinder durch Bepunkten (Jungen und Mädchen mit unterschiedlichen Farben) ihre Vorannahmen zum Berufsbild von Informatikerinnen und Informatikern ausdrücken konnten, so dass die Punktanordnung (in der zweiten Pilotstudie) als Ratingskala zwischen 1 und 4 (4 als hohe Ausprägung einer Klischeevorstellung) interpretiert werden kann.

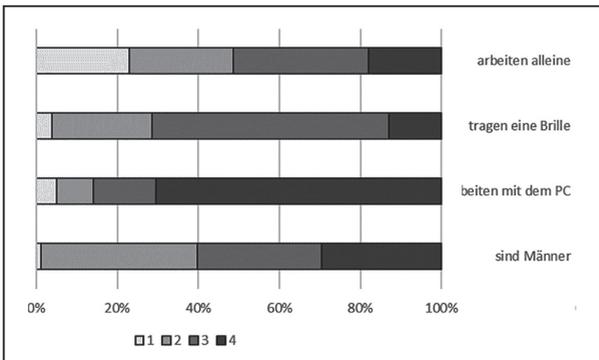
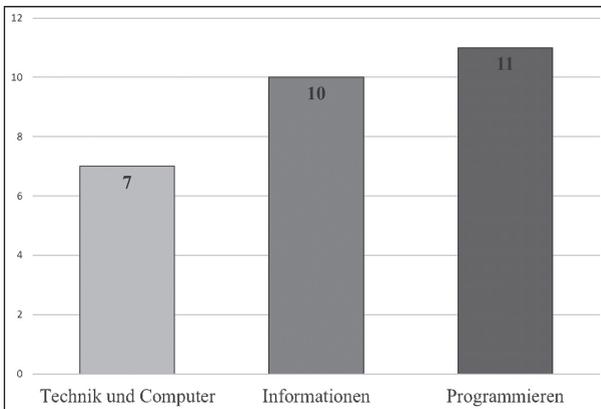


Abb. 5: Ausprägung der Klischeevorstellungen

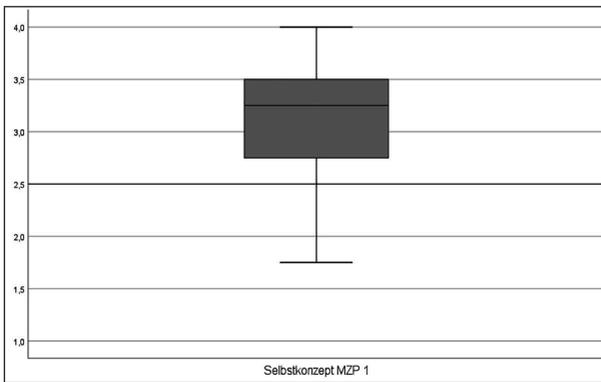
Die erwarteten Klischeevorstellungen finden sich bei einem Teil der Kinder, so sind ca. 30 Prozent der Kinder der Meinung, dass Informatiker\*innen ausschließlich Männer sind. Dies geben 17 Jungen und nur sechs Mädchen an.



**Abb. 6:** Was ist und macht ein Informatiker? Kategorienbildung zu Messzeitpunkt 1

Auf die Frage, was denn ein Informatiker bzw. eine Informatikerin tut, gaben von 53 Kindern der ersten Pilotstudie 25 Kinder an, „keine Idee“ zu haben. Die anderen offenen Antworten konnten inhaltsanalytisch in drei Kategorien gebündelt werden. Unter der Kategorie „Technik und Computer“ geben die Kinder Antworten mit hoher Nähe zu Elektronik, Elektrizität, Technik und Computern an (z. B. „Sie machen viel mit Elektronik“, „Er bescheftigt sich mit Strom und Cimputern“, usw.). Mit der Kategorie „Informationen“ gehen die Kinder vom Wortstamm aus und vermuten, dass Informatik mit Informationen zu tun hat (z. B. „Er informiert sich und andere auch“, „Er sucht Nachrichten und dann zeigt er zum Beispiel es einer Zeitung und sie veröfentlicht dann die Nachricht“, usw.). Mit diesen ersten beiden Kategorien sind häufig Fehlkonzepte verbunden. Unter der Rubrik „Programmieren“ verstecken sich zwar richtige und einschlägige Aktivitäten (z. B. Er Prokramiren und Baut“, „Ein Informatiker könnte etwas brugramiere“, usw.). Informatik als Wissenschaft wird aber nur in einem eingeschränkten Umfang wahrgenommen.

Trotzdem zeigen die Kinder beider Pilotstudien (N=132) in den Ausgangswerten zum informatikspezifischen Selbstkonzept durchschnittlich sehr hohe Werte ( $M=3.14$ ;  $SD=.506$ ):



**Abb. 7:** Selbstkonzept in Bezug auf Arbeitsweisen von Informatiker\*innen zu Messzeitpunkt 1

Die Streuung ist groß, nicht einmal 25 Prozent der Kinder liegen unter dem theoretischen Mittelwert, der große Rest der Kinder schätzt sich in den Arbeitsweisen von Informatikern schon vor der Unterrichtseinheit sehr positiv ein.

Auch die erfassten Kompetenzen liegen mit einem Mittelwert von  $M=.77$  auf einer Skala von 0 bis 1 ( $SD= .180$ ) in einem sehr hohen Bereich. Die Kinder können also sehr wohl beispielsweise „programmieren“, Muster erkennen, Reihenfolgen umkehren, kurze Wege finden usw. Es gibt keine Unterschiede zwischen den Klassen, auch nicht in Abhängigkeit vom Geschlecht und den Vorerfahrungen in den Ausgangswerten.

## 6.2 Effekte der Förderung

Im zweiten Schritt soll gezeigt werden, ob sich durch das Unterrichtsprojekt das Wissen, das Selbstkonzept und die spezifischen Kompetenzen verändern.

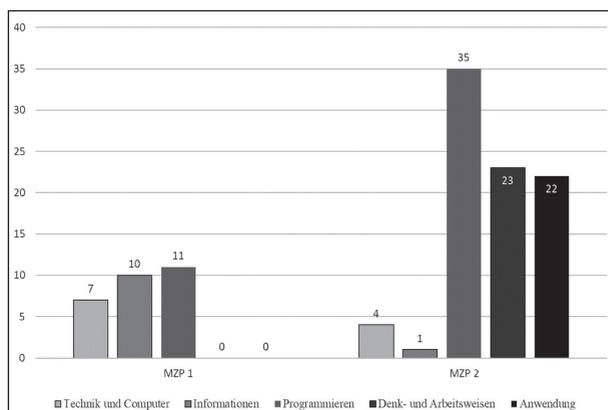
**Tab.3:** Ergebnisse zum t-Test bei verbundenen Stichproben

	<i>M t1</i>	<i>M t2</i>	<i>df</i>	<i>T</i>	<i>p</i>
<b>Selbstkonzept</b>	3.14	3.32	120	4.96	.000**
<b>Kompetenzen</b>	.788	.793	53	.202	.840

Ein t-Test für verbundene Stichproben ergab einen signifikanten Zuwachs ( $t(120)=4.96, p=.000$ ) für das Selbstkonzept. Der Mittelwert stieg von 3.14 auf 3.32. Der Zuwachs in den informatikbezogenen Kompetenzen ist minimal und nicht signifikant ( $t(53)=.202, p=.840$ ).

Dieses Ergebnis aus den quantitativen Daten überrascht, da der Unterrichtsverlauf Lernprozesse deutlich gemacht hat. Deswegen wurde zusätzlich aus der ersten Pilotstudie die einschlägige Frage nach den Vorstellungen zum Berufsbild eines

Informatikers bzw. einer Informatikerin („Was macht ein Informatiker bzw. eine Informatikerin?“) in Bezug auf einen Lernfortschritt analysiert.



**Abb. 8:** Vorstellungen zum Berufsbild eines Informatikers zu MZP 1 und 2

Die Anzahl der antwortenden Schüler\*innen ist nicht nur deutlich von 28 auf 51 gestiegen, auch die Anzahl der Äußerungen ist von 28 auf 85 angewachsen und die Antworten sind reichhaltiger geworden und decken mehrere inhaltliche Kategorien ab. Die Fehlkonzepte oder inhaltlich wenig weiterführende Aussagen unter der Kategorie „Technik und Computer“ und „Informationen“ sind deutlich zurückgegangen. Das Bewusstsein, dass auch „Programmieren“ zu den Aktivitäten eines Informatikers bzw. einer Informatikerin gehört, wird mehr als dreimal so häufig geäußert. Besonders auffallend sind aber die beiden weiteren Kategorien, die induktiv gebildet werden konnten. Zum einen sind das die „Denk- und Arbeitsweisen“ (z. B. „Sie tüfteln bei schweren Aufgaben. Sie suchen nach Fehlern und verbessern wenn etwas falsch ist“). Zum anderen ist das der neue Blick auf weitere Anwendungen in der Lebenswelt der Kinder, die mit Informatik zusammengebracht werden (z. B. „Oder sie programmieren eine Tür die aufgeht wenn man unter einer Lichtschranke“; „Ich habe gelernt dass die Informatiker Dinge programmieren wie z. B. Ampeln, iPad, Anzeigetafel...und alles mögliche“).

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Für die Lernvoraussetzungen ergibt sich ein uneinheitliches Bild (Teilfrage 1): Die Kinder bringen, so das Ergebnis der quantitativen Auswertungen, einerseits schon hohe Kompetenzen in der Anwendung von Computational Thinking mit, unter Umständen, weil viele Fragen nur einen naiven Algorithmen Einsatz for-

derten oder mit grafischen Algorithmen gearbeitet wurde (Weigend 2009, Gibson 2012). Andererseits ist das Vorwissen zur Arbeitsweise von Informatiker\*innen in der qualitativen Befragung bei vielen Kindern klischeehaft, lückenhaft und teilweise durch Fehlkonzepte belastet.

Zusammenfassend zeigt die Prüfung der Effekte der Intervention (2. Teilfrage) „Was und wie arbeiten Informatiker\*innen?“ günstige Auswirkungen auf die informatikspezifische Selbstkonzeptentwicklung. Aber auch hier entsteht für die Entwicklung von Wissen und Kompetenzen ein zwiespältiges Ergebnis: Über die quantitativen Daten können keine Effekte nachgewiesen werden. Die qualitativen Daten zeugen dagegen von einem vertieften und ausbaufähigen Wissen über das Berufsbild eines Informatikers bzw. einer Informatikerin. Gerade die Kategorie „Anwendung“ macht deutlich, dass die Erkenntnis angebahnt wird, dass die moderne Lebenswelt von Grundschulkindern von Informatik geprägt ist.

Erklärung für die fehlenden Effekte der quantitativen Befragung liefern zum einen die mangelnde Qualität des Instruments, zum anderen aber auch mögliche Deckeneffekte, da die Kinder schon mit sehr hohen Werten eingestiegen sind. Das heißt, dass das Instrument hinsichtlich der Schwierigkeit der Aufgaben überarbeitet werden muss. In der Folgestudie sollen außerdem belastbare Daten zum Lernprozess der Schüler\*innen erfasst werden. Eine erste Auswertung der bearbeiteten Gruppenarbeitsaufgaben zeugt von hoher kognitiver Aktivierung der Kinder, ohne dass bis dato systematische Analysen der Dokumente oder Beobachtungen durchgeführt wurden.

Auch wenn eine Kontrollgruppe fehlt, erscheinen die Ergebnisse in die richtige Richtung zu weisen. Kinder können mit geeigneter Unterstützung informatische Kompetenzen erwerben, die dringend notwendig sind für den Zugang zu ihrer mittlerweile digitalisierten Lebenswelt. Um das Verständnis für die vielfältigen informatischen Anwendungen zu steigern, soll in einer Folgestudie in einer zusätzlichen Unterrichtseinheit der Calliope mini zum Einsatz kommen, der die „versteckten“ informatischen Elemente noch sichtbarer werden lassen könnte.

## Literatur

- Bell, T. C., Witten, I. H. & Fellows, M. (2002): Computer Science Unplugged. Computer Science Unplugged. Online unter: <https://www.csunplugged.org/de>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Blöching, I., Datzko, Ch. & Emi, H. (2015). Informatik-Biber-Schweiz. <http://www.informatik-biber.ch>. (Abrufdatum: 23.11.2018)
- Brinda, T. (2017): Medienbildung und/oder informatische Bildung?. In: DDS – Die Deutsche Schule 2017 (2), 175-186.
- Brinda, T., Diethelm, I., Gemulla, R., Romeike, R., Schöning, J. & Schulte, C. (2016): Bildung in der digitalen vernetzten Welt. Online unter: <https://www.gi.de/aktuelles/meldungen/detailansicht/article/dagstuhl-erklaerung-bildung-in-der-digitalen-vernetzten-welt.html>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Bundesweite Informatikwettbewerbe (BWINF). <https://bwinf.de/biber/downloads/>. (Abrufdatum: 23.11.2018).

- Bergner, N., Köster, H., Magenheimer, J., Müller K., Romeike, R., Schroeder, U. & Schulte, C. (2018): Zieldimensionen informatischer Bildung im Elementar- und Primarbereich. In: Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Band 9). Opladen: Budrich, 38-267.
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2016): Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Online unter: [https://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive\\_fuer\\_die\\_digitale\\_Wissensgesellschaft.pdf](https://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf). (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Borowski C., Diethelm, I. & Mesaroş, A-M. (2010): Informatische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Online unter: [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de), Nr. 15. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K. & Wendt, H. (2014): ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- DIVSI U25-Studie: Euphorie war gestern (2018): DIVSI. Online unter: <https://www.divsi.de/wp-content/uploads/2018/11/DIVSI-U25-Studie-euphorie.pdf>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Gander, W., Petit, A., Berry, G., Demo, B., Vahrenhold, J. & McGettrick, A. (2013): Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat. Report of the joint Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education. Online unter: <http://www.informatics-europe.org/images/documents/informatics-education-acm-ie.pdf>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- GDSU (Hrsg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht (vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- GI – Gesellschaft für Informatik (2000): Empfehlungen für ein Gesamtkonzept zur informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen. Online unter: [http://www.gi-ev.de/fileadmin/redaktion/empfehlungen/gesamtkonzept\\_26\\_9\\_2000.pdf](http://www.gi-ev.de/fileadmin/redaktion/empfehlungen/gesamtkonzept_26_9_2000.pdf). (Abrufdatum: 23.11.2018).
- GI – Gesellschaft für Informatik e.V.(2008): Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I: Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. (Band 28). LOG IN. Online unter: [http://www.informatikstandards.de/docs/bildungsstandards\\_2008.pdf](http://www.informatikstandards.de/docs/bildungsstandards_2008.pdf). (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Gibson, J.P. (2012): Teaching graph algorithms to children of all ages. In: T. Lapidot, J. Gal- Ezer, M. E. Caspersen & O. Hazzan (Hrsg.): Proceedings of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education, 34–39. New York: ACM Press. Online unter: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2325296.2325308>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Hartmann, W., Näf, M. & Reichert, R. (2006): Informatikunterricht planen und durchführen. Berlin: EXamen.press.
- Henschel, L. (2018): Informatische Bildung in der Grundschule – Evaluation eines Unterrichtsprojekts in der dritten Klasse. Zulassungsarbeit im Rahmen des Staatsexamens für das Lehramt an Grundschulen. FAU Nürnberg.
- KMK (Kultusministerkonferenz) (2009): Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.05.2009). Online unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2009/2009\\_05\\_07-EmpfMINT.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-EmpfMINT.pdf). (Abrufdatum: 23.11.2018).
- KMK (Kultusministerkonferenz) (2016): Bildung in der digitalen Welt. Beschluss vom 08.12.2016. Online unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung-digitale\\_Welt\\_Webversion.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung-digitale_Welt_Webversion.pdf). (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Master, A., Cheryan, S., Moscatelli, A. & Meltzoff, A. N. (2017): Programming experience promotes higher STEM motivation among first-grade girls. *Journal of experimental child psychology*, 160, 92-106.

- MPFS (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest) (2016). KIM-Studie 2016. Kindheit, Internet, Medien. Online unter: <http://www.mpfs.de/studien/kim-studie/2016>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- MPFS (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest) (2014). miniKIM 2014. Kleinkinder und Medien. Online unter: <http://www.mpfs.de/studien/minikim-studie/2014>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Petersen, U., Theidig, G., Bördig, J., Leimbach, T. & Flintrop, B. (2007): Abschlussbericht Roberta. Online unter: <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb08/557939003.pdf>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Portelance, D. J., Strawhacker, A. L. & Bers, M. U. (2016): Constructing the ScratchJr programming language in the early childhood classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(4), 489-504.
- Romeike, R. & Reichert, D. (2011): PicoCrickets als Zugang zur Informatik in der Grundschule. In: Thomas, M. (Hrsg.): *Informatik in Bildung und Beruf*. Bonn, 177-186. Online unter: <https://pdfs.semanticscholar.org/64e8/358b67c18913ad264cf60c6e0030e1da8e1d.pdf>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Ruf, A., Mühling, A. M. & Hubwieser, P. (2014): Scratch vs. Karel: Impact on Learning Outcomes and Motivation. In: *WiPSCE '14, Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 50-59. New York, ACM. Online unter: <https://www.ddi.edu.tum.de/fileadmin/tueds10/www/Publicationen/2014/2014-ruf-muehling-hubwieser-preprint-wipsce.pdf>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Scherer, R., Siddiq, F. & Sánchez Viveros, B. (2018): The Cognitive Benefits of Learning Computer Programming: A Meta-Analysis of Transfer Effects. *Journal of Educational Psychology*. Online unter: <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000314>. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Schwill, A. (2001): Ab wann kann man mit Kindern Informatik machen?. Eine Studie über informatische Fähigkeiten von Kindern. In: R. Keil-Slawik (Hrsg.): *Informatikunterricht und Medienbildung*, 9.
- Tedre, M. & Denning, P. J. (2016): The long quest for computational thinking. In: *Proceedings of the 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. Koli, 120-129.
- Weigend, M. (2009): Algorithmik in der Grundschule. In: B. Koerber (Hrsg.): *Zukunft braucht Herkunft*, Bonn, 97-108.
- Xie, L., Antle, A.N. & Motamedi, N. (2008): Are tangibles more fun?: Comparing children's enjoyment and engagement using physical, graphical and tangible user interfaces. In: *Proceedings of the Second International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'08)*. Papier zur Konferenz vom 18.-20.02.2008 in Bonn, 191-198. Online unter: doi:10.1145/1347390.1347433. (Abrufdatum: 23.11.2018).
- Yardi, S. & Bruckman, A. (2007): What is computing?: Bridging the gap between teenagers' perceptions and graduate students' experience. *Third International Computing Education Research Workshop, ICER'07*. New York, ACM. Online unter: doi:10.1145/1288580.1288586. (Abrufdatum: 23.11.2018).

*Eva Gläser und Christina Krumbacher*

## **Ausstattung zur technischen Bildung mangelhaft? Eine quantitative Studie zur Situation an Grundschulen**

### **1 Einleitung**

Die Relevanz technischer Bildungsprozesse in der Grundschule wurde in den letzten Jahren vermehrt erläutert und begründet (vgl. z. B. Mammes & Tuncsoy, 2013, Möller, 2014, Möller, 2015). Ein Schwerpunkt, der hierbei vor allem diskutiert wurde, ist die konzeptionelle Ausrichtung der Technischen Bildung. Auch im „Perspektivrahmen Sachunterricht“ der Fachgesellschaft GDSU (2013) wird insbesondere das „Bildungspotenzial“ der „technischen Perspektive: Technik-Arbeit“ (63ff.) näher ausgeführt. Grundlegend ist, dass im Sachunterricht sowohl perspektivenbezogene Themen als auch perspektivenbezogene Denk, Arbeits- und Handlungsweisen der technischen Perspektive integrieren werden. „Mit den Prozessen der Problemfindung, des praktischen Handelns, Erkundens, Konstruierens, Optimierens und Bewertens“ soll Schüler\*innen ermöglicht werden, sich Technik zu erschließen. Betont wird zudem: „Technische Bildung beschränkt sich jedoch nicht nur auf problemlösendes Tun, sondern umfasst auch das analysierende technische Denken als gedankliches Durchdringen technischer Prinzipien, Funktionsweisen und Prozesse wie auch das Bewerten und Kommunizieren von Technik.“ (63). Unabhängig von den jeweils zugrundeliegenden didaktischen Konzeptionen gilt, dass der Unterricht handlungsorientiert konzipiert und umgesetzt werden sollte (vgl. Dölle, Lambert & Zolg, 2013). Im Perspektivrahmen werden für die technische Perspektive zudem sechs „grundlegende Inhaltsfelder von Technik“ benannt. Diese umfassen „Arbeit und Produktion, Bauen und Wohnen, Transport und Verkehr, Ver- und Entsorgung, Haushalt und Freizeit, Information und Kommunikation“ (2013, 63). Die unterrichtliche Auseinandersetzung mit Technik wird somit in ein breites Spektrum gesetzt, das gesellschaftliche Bezüge integriert.

## 2 Forschungsstand zur Ausstattung zum technischen Lernen an (Grund)Schulen

Technische und auch informatische Lernprozesse können grundsätzlich auch ohne eine besondere Ausstattung oder Informatiksysteme stattfinden (vgl. Bergner u. a. 2018, 245). So zeigen z. B. Bergner et al. (2018) mittels einiger Beispiele auf, wie informatische Bildungsprozesse „unplugged“ mit einfachen Materialien, wie Papier und Stiften, initiiert werden können. Dennoch bieten Werkzeuge, ob handwerklich oder digital, zusätzliches Potential sowohl im Bereich der Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (vgl. GDSU 2013), der Motivation und der Lernerfahrungen (vgl. Bergner u. a. 2018, 245) als auch in inhaltlichen Bereichen der Technischen Bildung (vgl. Dölle u. a., 2013). Technische Lernprozesse können nach den oben ausgeführten Darlegungen unterschiedliche Themen bzw. gesellschaftliche Bezüge aufweisen, wobei auch die Digitalisierung zu integrieren ist. Daher sind inzwischen nicht mehr nur handwerkliche Werkzeuge von Bedeutung für das technische Lernen in Schulen, sondern auch digitale. Hinsichtlich der Ausstattung von Schulen zur Technischen Bildung stellt sich daher die Frage, in welchem Umfang was vorhanden ist, um technische Bildung de facto zu ermöglichen.

Neuere Studien, die thematisch die technischen Ausstattungsbedingungen an Schulen untersuchen, konzentrieren sich vermehrt auf digitale Medien (vgl. Bos u. a. 2013, Cornelsen Trendstudie 2015, Deutsche Telekom-Stiftung 2017). Die Studien belegen, dass mit 42,5% nicht einmal die Hälfte der befragten Lehrerinnen und Lehrer in Niedersachsen die Ausstattungsbedingungen im Bereich der Informatiksysteme als ausreichend bewerten (Deutsche Telekom-Stiftung 2017, 10). Auch die eigene Zufriedenheit mit der Medienausstattung an ihrer Grundschule liegt bei Grundschullehrkräften lediglich im mittleren Bereich (genauer bei 3,6 auf einer sechsstufigen Likert-Skala, Cornelsen Trendstudie 2015, 5). Bei dieser Studie bleibt allerdings offen, welche Verbesserungen die befragten Lehrkräfte als sinnvoll bzw. lernförderlich erachten würden.

Für Grundschulen zeigten Breiter et al. (2013) in einer Schulbefragung auf, dass das Verhältnis von Schülerinnen und Schülern pro Computer in Deutschland im Jahr 2011 im Durchschnitt bei neun zu eins lag (171). Die Erhebung gibt jedoch in Bezug auf das Alter, die Ausstattung und die Funktionsfähigkeit der Geräte keine Antworten, da hierzu keine Teilfragen erhoben wurden.

Auf Grundlage der bisherigen Entwicklung, die ein stetiges Ansteigen der Anzahl von Informatiksystemen an Schulen aufzeigt, ist zu vermuten, dass sich dieses Verhältnis in den letzten Jahren weiter veränderte. Insofern ist es überraschend, dass in Deutschland im internationalen Vergleich die Nutzung digitaler Informatiksysteme nicht zufriedenstellend ist. Die ICIL-Studie („International Computer and Information Literacy Study“) zeigt, dass in keinem anderen Teilnehmerland

Computer seltener im Unterricht eingesetzt werden als in Deutschland (Bos u. a. 2014). Auch im Folgejahr lag Deutschland erneut in der OECD-Studie „Students, Computers and Learning“ (OECD 2015) in der Nutzung von Computern im Mathematikunterricht auf Platz 27 und damit weit unter dem OECD Durchschnitt.<sup>1</sup> Die Studie bezieht sich auf die Sekundarstufe. Es kann nur vermutet werden, dass eine Erhebung in Grundschulen ähnliche Ergebnisse erbringen würde. Denn einerseits werden digitale Medien als relevant von Lehrenden angesehen, der Einsatz im Unterricht scheint jedoch nicht mit dieser Einschätzung einherzugehen: So plädieren über ein Drittel der Grundschullehrkräfte (35%) für eine wichtige Rolle der digitalen Medien in der Grundschule, nur zehn Prozent sehen diese jedoch realisiert (IfD Allensbach 2013, 4). Dies deckt sich mit der Sichtweise der Grundschüler\*innen, von denen zwei Drittel in dieser Befragung angaben, dass digitale Medien in ihrem Unterricht eine weniger große (51%) oder sogar kaum bis gar keine Rolle (15%) spielen (ebd.).

Es stellt sich die Frage, woraus diese Inkongruenz resultiert. Neben lehrerbezogenen Variablen wie Einstellung zu technischen Themen, Sozialisation und Aus- und Fortbildungshintergründen, sind auch die Ausstattungsbedingungen als ein Einflussfaktor zu vermuten.

Schon die bereits in den 1990er Jahren durchgeführte quantitative Studie zum „Technischen Lernen im Sachunterricht“ erkennt die Ausstattungsbedingungen von Schulen als eine relevante Variable für die Realisierung technikbezogenen Sachunterrichts (Möller u. a. 1996, 2). Es zeigt sich jedoch bereits seit der ersten Erhebung technischer Ausstattungsbedingungen an Grundschulen in den 1990er Jahren, dass Lehrerinnen und Lehrer diese als mangelhaft wahrnehmen (Möller u. a. 1996, 43).

Wichtig ist hierbei, dass keine Fehlschlüsse interpretiert werden: Vorhandene Medien oder Werkzeuge lassen keine Rückschlüsse auf deren tatsächlichen Nutzung zu. Die didaktischen Möglichkeiten sind nicht mit einer unterrichtlichen Umsetzung gleichzusetzen. Letztendlich hängt die Qualität unterrichtlicher Prozesse von einer Vielzahl an Variablen ab, die in einem komplexen Wirkzusammenhang stehen (vgl. z. B. Helmke, 2015). Die Ausstattungsbedingungen zeigen sich demnach als *eine* Variable in der Diskussion um Unterrichtsqualität (vgl. ebd.). Denn nur, wenn Werkzeuge, Materialien und Medien verfügbar sind, können sie auch eingesetzt werden (vgl. Breiter u. a. 2013, 169).

Zusammenfassend können Einseitigkeiten in Bezug auf die empirischen Erhebungen zur technischen Ausstattungssituation an Schulen festgestellt werden. Die Schwerpunkte liegen in den Sekundarschulen und hierbei zudem bei der Erhe-

---

1 Erhoben wurde die Prozentzahl der Schülerinnen und Schüler, die angaben, dass sie während des letzten Monats vor Durchführung der PISA-Studie einen Computer im Mathematikunterricht genutzt haben (OECD, 2015, 57)

bung von digitalen Medien. Die Ist-Situation bezüglich der technischen digitalen Ausstattung an Grundschulen wurde bislang lediglich über die Einschätzung von Lehrerinnen und Lehrer erhoben. Es stellt sich auch die Frage, vor welchem Hintergrund die befragten Lehrerinnen und Lehrer ihre Beurteilung vorgenommen haben. So erarbeiteten Breiter u. a. (2017) beispielsweise Ausstattungsszenarien für allgemeinbildende Schulen, in denen sie eine idealtypische, lernförderliche IT-Infrastruktur aufzeigen, die unabhängig von der pädagogisch-didaktischen Ausrichtung angenommen wird (Breiter u. a. 2017,2). Inwieweit sich die Ideal-ausstattung von Grundschulen mit der an den Schulen vorhandenen Ausstattung deckt, kann anhand der vorliegenden Studien nicht beurteilt werden. So wurde in der Studie des IfD Allensbach (2013) zwar erhoben, ob Computerräume vorhanden sind, allerdings wurde dies lediglich durch die Angabe von Lehrer\*innen ermittelt (82% der Lehrer\*innen gaben an, dass an ihrer Schule ein Computerraum vorhanden sei, ob hier jedoch als Klassenverband gelernt werden kann, bleibt offen). Vor dem Hintergrund von Lehrer\*innenaus- und -fortbildungen, fachdidaktisch methodischen Perspektiven und der bildungspolitisch geforderten verstärkten Integration technisch medialen Lernens in den Unterricht (KMK 2016), ist aber genau das ein entscheidender Aspekt. Die im Folgenden vorgestellte eigene empirische Studie widmet sich deshalb auch der Frage, inwiefern es, unabhängig von der tatsächlichen Nutzung im Unterricht, Möglichkeiten für Schulklassen gibt, im Klassenraum oder in spezifischen Unterrichtsräumen technische Lernprozesse zu erfahren.

### **3 Design der Pilotstudie: Technische Ausstattung an Praxisgrundschulen**

In der vorgestellten Studie wird die Frage nach den Ausstattungssituationen an Praxisgrundschulen hinsichtlich des technischen Lernens gestellt. Da technischer Sachunterricht handlungsorientiert angelegt sein sollte (vgl. Mammes & Tuncsoy 2013), ist die Erhebung der Ausstattungssituationen von Grundschulen grundlegend bedeutsam.

Die hier vertretene konzeptionelle Sicht auf technische Bildung schließt für das technische Lernen im Sachunterricht u. a. auch die sozialwissenschaftliche Perspektive mit (vgl. z. B. Ropohl, 2009, 39). Denn Technik ist stets von Menschen konstruiert und insofern auch in Bezug auf soziale und ethische Potentiale und Gefahren, auf ästhetische Aspekte und zudem auf eine Vielzahl weiterer Bereiche zu beleuchten. Hierfür können Filme, Schaubilder, Sachtexte etc. sinnhaft und lernförderlich sein. Diese können u. a. auch in Kindersachbüchern oder Schulbüchern enthalten sein. In der vorgestellten Studie wird der Fokus allerdings vor

allem auf die handwerkliche und digitale Ausstattungssituation gelegt. Somit wird nicht die gesamte mögliche Ausstattung für das technische Lernen erhoben. Die Erfassung erfolgt durch Erhebungsbögen, in denen relevante Werkzeuge, Materialien und Medien in bereits im Vorfeld rekonstruierten theoriegeleiteten Kategorien erhoben werden. Hierfür wurde die übergeordnete Fragestellung in zwei Fragenkomplexe unterteilt, die jeweils die Grundlage für die Entwicklung des Erhebungsbogens war.

### 3.1 Werkräume und ihre Ausstattung zum technischen Lernen

Werkräume sind keine Voraussetzung für technisch handwerkliches Lernen, allerdings bieten sie eine spezifischere Ausstattung als Klassenräume. Sie zeichnen sich durch Werkbänke und Werkzeuge aus. Zwar sind sie für die Arbeit mit Werkzeugen nicht entscheidend, so können die Tische auch mit Abdeckplatten geschützt werden (Möller, 2015). Der sachgerechte Umgang mit Werkzeugen wird jedoch vereinfacht. In Bezug auf das vor Ort vorhandene Werkzeug, das Grundschüler\*innen eigene Erfahrungen in technisch handwerklichen ausgerichteten Lernsituationen bietet, stellt sich zunächst die Frage, welche Grundausrüstung für Grundschulen sinnvoll wäre. Möller (2015) empfiehlt in ihrer Praxishandreichung folgende Werkzeuge für die Arbeit mit Holz: Fein- und Laubsäge, Feile, Schleifpapier und Raspel, Nagelbohrer („Handbohrer“), Schraubendreher, Kneifzange, Hammer und Schraubzwinge.

Der erste Fragenkomplex enthält Fragen zu den technischen handwerklichen Ausstattungsbedingungen. Hierfür wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

1. Gibt es an den untersuchten Grundschulen Werkräume?
2. Wenn ja, wie sind diese Räume mit Werkzeugen ausgestattet?
3. Wenn nein, inwiefern wird dann Werkzeug für die Nutzung durch Schüler\*innen anderweitig aufbewahrt?

In der Studie wurde deshalb die Ausstattung mit Werkbänken und den o.g. Werkzeugen in Werkräumen erhoben, ebenso auch Werkzeuge, die in anderen Räumen oder in Klassenräumen aufbewahrt werden. Somit konnte eine verkürzte bzw. eingeschränkte Darstellung der vorhandenen Werkzeuge vermieden werden.

### 3.2 Computer- und Klassenräume und ihre Ausstattung zum technischen Lernen

Es ist ein Unterschied, ob in einem Klassenraum einige Computer, Notebooks oder Tablets zur Einzelnutzung zur Verfügung stehen oder ob eine ganze Klasse in einem eigens dafür konzipierten Raum lernen kann. Insofern wurde in einem ersten Schritt zunächst erhoben, ob es in den Schulen Computerräume gibt und wie diese ausgestattet sind. Um zu überprüfen, ob an diesen Computern gearbei-

tet werden kann, wurden einige Bedingungen zudem überprüft. So bestimmt das Alter eines Computers zum Teil mit, welches Betriebssystem zur Wahl steht und welche Programme und Apps problemlos auf dem Gerät genutzt werden können. Ein Internetzugang erweitert das Spektrum der Nutzungsmöglichkeiten z. B. um Recherchemöglichkeiten. Drucker können genutzt werden, um Ergebnisse festzuhalten und in den Klassenräumen damit weiterzuarbeiten, wenn dort keine Computer o.ä. zur Verfügung stehen. Insofern wurden das Alter der Computer, das Betriebssystem und die Version, der Internetzugang und die Anzahl der vorhandenen Drucker erhoben. Zudem gilt, dass Computer, Notebooks und andere digitale Medien regelmäßig aktualisiert werden müssen, es gibt beispielsweise Updates für bestimmte Programme oder Apps. Deshalb wurde ebenfalls erhoben, ob es an den jeweiligen Schulen Medienbeauftragte gibt. Damit kann selbstverständlich keine Aussage getroffen werden, ob die vorhandene Software regelmäßig in den letzten Jahren aktualisiert wurde, aber die Möglichkeit wird damit ausgelotet. Da die mediale Ausstattung sich nicht nur auf Computer beschränkt, wurde zudem die weitere Ausstattung erhoben.

Um die Frage nach den medialen Ausstattungsbedingungen zu beantworten, wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

1. Gibt es an den Praxisgrundschulen spezifische Computerräume, in denen die Schüler\*innen als Klasse lernen können?
2. Wie sind die Klassenräume medial ausgestattet?
3. Gibt es Medienbeauftragte/-verantwortliche für die Wartung der Geräte?

### 3.3 Durchführung der quantitativen Erhebung

Die Analyse der Ausstattung anhand eines theoriegeleiteten Erhebungsbogens hat sich während der Durchführung als effizient herausgestellt. Da die Fragestellungen nicht die Einschätzung der Lehrerinnen und Lehrer umfassen, sondern den Ist-Zustand, wurde die Ausstattung vor Ort an den Schulen mittels eines kategoriengeleiteten Erhebungsbogens erfasst. Der kategoriengeleitete Erhebungsbogen ist so konstruiert, dass z. B. Gegenstände, die nicht in die vorliegenden Kategorien passen, aber relevant für die Fragestellung sind, ebenfalls erhoben werden können. Es wurde eine Prä-Pilotierung durchgeführt, in der für jede Oberkategorie auch eine offene Kategorie für zusätzliche Materialien und Anmerkungen aufgenommen wurde. Die offenen Kategorien der Prä-Pilotierung wurden bereits zur Ausschärfung des nun vorliegenden Instruments genutzt. Um die korrekte Durchführung der Erhebung zu gewährleisten, wurden die Durchführenden entsprechend geschult. Zudem wurden drei der Schulen doppelt erhoben, um die Interrater-Reliabilität sicherzustellen. Auch bei einer niedrig-inferenten Erhebung, wie sie in diesem Fall vorliegt, ist das Kappa von  $>.9$  mehr als zufriedenstellend.

### 3.4 Begründung und Darstellung der Stichprobe

Die im Folgenden vorgestellte Pilotstudie wurde an zwölf Praxisschulen im Raum Osnabrück durchgeführt. Die Fokussierung auf Praxisschulen wurde bewusst gewählt. Hintergrund ist, dass alle Studierenden für das Lehramt an Grund-, Haupt- oder Realschulen seit dem WS 2014/15 im ersten Jahr ihres Masterstudiengangs ein Langzeitpraktikum (den Praxisblock) mit einer Dauer von 18 Unterrichtswochen an einer allgemeinbildenden Schule absolvieren. Die Neustrukturierung der Lehramtsmasterstudiengänge soll ermöglichen, dass Studierende im Praxisblock vermehrt Unterrichtssequenzen durchführen und dabei von Mentor\*innen ihrer Praktikumschule betreut werden. Ziel ist zudem, dass die Studierenden an ihrer Praktikumschule erste Einblicke in die Strukturen bzw. das Berufsfeld von Lehrenden bekommen (Schulleben, Gremienarbeit, Ganztage etc.). Nach diesem Konzept sollen somit ausgewählte Schulen zum Lernort der Studierenden werden. Somit soll eine Praxis- und Berufsfeldorientierung im Masterstudium gewährleistet werden. Bedeutsam sind aber hinsichtlich der Qualität der Lehramtsausbildung nicht nur die beteiligten Akteure. Auch die Ausstattung der einzelnen Ausbildungsschulen gilt es kritisch zu betrachten. Denn durch ihre räumliche und materielle Ausstattung werden den Studierenden unterschiedliche Sichtweisen und Möglichkeiten eröffnet und Schulen als mehr oder weniger moderne Lernräume im Studium erfahren.

In der Pilotstudie wurden insgesamt 119 Klassenräume<sup>2</sup> sowie 89 Fach-, Material- und Differenzierungsräume untersucht. In der Tabelle 1 wird ein Überblick über die erfassten Schulen gegeben, wobei der Modus, in diesem Fall das häufigste Vorkommen, für acht der zwölf Schulen zutrifft. An der kleinsten untersuchten Schule sind fünf Lehrerinnen beschäftigt und die insgesamt 76 Schülerinnen und Schüler verteilen sich auf vier Klassen. Dahingegen unterrichten an der größten untersuchten Schule 32 Lehrerinnen und Lehrer in insgesamt 20 Klassen, die 615 Schülerinnen und Schülern umfassen.

**Tab. 1:** untersuchte Grundschulen (n= 12)

	Schule min.	Schule max.	häufigstes Vorkommen (Modus)	Mittelwert
Anzahl der Schüler*innen	76	615	170-210	221
Anzahl der Lehrer*innen	5	32	12-14	17
Anzahl der Klassen	4	20	10-12	10

2 Die zwölf Schulen verfügen insgesamt über 124 Klassenräume, wobei fünf der Räume in dieser Studie nicht erfasst werden konnten.

## 4 Darstellung der Ergebnisse

### 4.1 Werkräume in Praxisschulen und ihre Ausstattung

Von den untersuchten 12 Schulen verfügen 11 über einen Raum, der nach Auskunft der Schulen als Werkraum genutzt werden kann. Allerdings konnte durch die konkrete Erhebung vor Ort erfasst werden, dass es sich in einem Fall nur bedingt um einen Werkraum handelt, da zum einen keine Werkbänke zur Verfügung stehen, um zum anderen lediglich unterschiedliche Werkzeuge in diesem Raum gelagert werden. In den 11 erfassten Werkräumen sind Werkbänke in einer Anzahl von vier bis neun vorhanden (vgl. Tabelle 2).

**Tab. 2:** Anzahl der Werkbänke in den Werkräumen

Anzahl der Werkbänke	Häufigkeit	Klassenzahl	Schülerzahl
Keine	1	10	203
Zwei	1	14	305
Vier	3	9, 10, 20	186, 206, 615
Sechs	4	8-11	104, 198-203
Acht	1	8	172
Neun	1	12	208

In Bezug auf die Zugänglichkeit der Werkräume konnte erfasst werden, dass alle Lehrer\*innen gleichermaßen, unabhängig von ihrer Fächerkombination, diese Räume nutzen können. In einem weiteren Schritt wurden erhoben, welche Werkzeuge in den Werkräumen vorhanden sind. Dabei wurde auch untersucht, inwieweit Klassensätze bzw. einzelne Werkzeuge verfügbar sind. In keiner der untersuchten Schulen liegen Klassensätze aller von Möller (2015) empfohlenen Werkzeuge im Werkraum vor. Hammer und Nagelbohrer stehen in sieben bzw. vier Schulen als Klassensatz zur Verfügung. Nur an einer Schule ist beides nicht vorhanden, ansonsten kann jeweils auf einzelne Hammer und Nagelbohrer zurückgegriffen werden. Zangen und Sägen liegen an jeweils zehn Schulen als Klassensatz vor, an zwei Schulen jedoch überhaupt nicht. Schraubendreher und Schraubzwingen fehlen an vier der zwölf Schulen, sind sonst aber vereinzelt oder als Klassensätze vorhanden. Um ausschließen zu können, dass sich weiteres Werkzeug in einzelnen Klassenräumen und weiteren Räumen (wie Differenzierungsräumen) befindet, wurden auch in diesen das Vorhandensein von Werkzeugen erhoben. So konnte beispielsweise über diese konsequente Vor-Ort-Erhebung erfasst werden, dass in der Schule, die keinen Werkraum besitzt, trotzdem Hammer, Sägen, Zangen, Schraubendreher, Feilen und Schraubzwingen als halbe

Klassensätze vorliegen. Lediglich Nagelbohrer sind nur viermal vorhanden. Die Werkzeuge befinden sich im Lehrmittelraum und sind für alle Lehrerinnen der Schule zugänglich. Ein Arbeiten mit Werkzeugen ist an dieser Schule daher auch gewährleistet.

Lediglich in einer Schule werden einzelne Werkzeuge in einem Differenzierungsraum aufbewahrt. Ansonsten sind weder in den Klassenräumen noch in sonstigen Räumen weitere Werkzeuge vorhanden.

## 4.2 Zusammenfassung und Diskussion

Wie bereits dargestellt, verfügen alle bis auf eine der untersuchten Praxisschulen über einen Werkraum. Diese sind allerdings unterschiedlich ausgestattet, insbesondere das Verhältnis zur Anzahl der Klassen bzw. der Schüler\*innen offenbart eine große Differenz. Die Ausstattungssituation zeigt zudem, dass es in den Schulen teilweise nur bedingt möglich ist, mit allen Schüler\*innen einer Klasse technische Problemlöseprozesse organisatorisch umzusetzen. Denn nicht in allen Werkräumen können die Schüler\*innen gleichzeitig an Werkbänken arbeiten. Da nur in zwei Fällen Werkzeug auch außerhalb des Werkraums aufbewahrt wird, scheinen alle handwerklichen Lernsituationen eher nicht in den Klassenräumen vorgesehen zu sein. Ob die Arbeit in den Werkräumen allen Lernenden durch flexible Organisationsformen ermöglicht wird, um allen Schüler\*innen gleichermaßen Möglichkeiten zur Arbeit mit Werkzeugen zu geben, gilt es in einem weiteren Schritt zu im Detail zu hinterfragen.

## 4.3 Computerräume in Praxisschulen und ihre mediale Ausstattung

Während elf untersuchten Praxisschulen einen Werkraum besitzen, findet sich nur an sechs der zwölf untersuchten Schulen ein Computerraum. Die Anzahl der Computer variiert zwischen zwölf und 29 Einzelcomputern, so dass die meisten Schüler\*innen zu zweit oder auch allein an einem Computer arbeiten können. Die Computer sind stationär installiert. Notebooks und Tablets sind in allen Computerräumen nicht vorhanden. Wie die Tabelle 3 zeigt, sind nur zwei der Computerräume mit unter drei Jahre alten Computern ausgestattet. Alle anderen Computer sind älter, in einem Computerraum sogar älter als sechs Jahre. Dies bedingt auch die jeweiligen auf den Rechnern befindlichen Betriebssysteme. In allen Schulen wird mit Windows gearbeitet. Allerdings laufen nur die Computer zweier Schulen mit dem zurzeit aktuellen „Windows 10“, alle anderen Computer sind mit „Windows 7“ oder sogar einem älteren Betriebssystem ausgestattet. Das Betriebssystem „Windows 7“ war von 2009 bis 2011 die Hauptversion der Microsoft Betriebssysteme und wird heute nur eingeschränkt unterstützt.

**Tab. 3:** PCs in den Computerräumen

Schule PC- Raum	Anzahl der PCs	Alter der PCs	Betriebssystem	Anzahl der SuS
A	22	2012-13	Win7 oder älter	198
B	27	2016-17	Win10	615
C	12	älter als 2012	Win7 oder älter	206
D	27	2016-17	Win7	305
E	29	2012 und älter	Win7 oder älter	205
F	27	2014-15	Win10	203

Die Ausstattung mit Druckern ist nicht in jedem Computerraum gewährleistet. So gibt es in einem Computerraum einen Farbdrucker, in drei Räumen steht jeweils ein schwarz-weiß Drucker zur Verfügung, in zwei Räumen ist gar kein Drucker vorhanden. Zusätzlich zu den Computern sind in drei Computerräumen stationäre, interaktive Whiteboards mit Internetzugang vorhanden. Eines der Whiteboards wurde vor 2012 angeschafft, die anderen beiden sind aus den Jahren 2016/2017. Ebenfalls sind jeweils in drei der sechs Computerräumen ein Beamer installiert. Film- oder Diaprojektoren oder andere analoge Geräte sind in keinem der Räume vorhanden. Die sechs Computerräume sind für alle Lehrer\*innen der jeweiligen Schule zugänglich. An acht der zwölf Schulen übernimmt eine der Lehrpersonen jeweils die Aufgabe der oder des Medienbeauftragten. Allerdings gibt es nur an vier der Schulen mit Computerräumen auch gleichzeitig eine/n Medienbeauftragte/n. An einer der Schulen mit dem aktuellen Betriebssystem gibt es beispielsweise keine Person, die für die Wartung der Computer zuständig ist oder Treiberprobleme beheben kann.

#### 4.4 Klassenräume und ihre mediale Ausstattung in Praxisschulen

Da nicht alle Grundschulen, wie bereits ausgeführt, über einen Computerraum verfügen, gilt es auch zu überprüfen, welche mediale Ausstattung die Praxisgrundschulen insgesamt besitzen, d.h. vor allem in den einzelnen Klassenräumen. Die Untersuchung ergab, dass sich in 70 der 119 untersuchten Klassenräumen keine Computer befinden. In den 49 ausgestatteten Klassenräumen stehen ein bis drei Computer jeweils zur Verfügung (siehe Abbildung 1). In drei der 49 Klassenräumen befindet sich zusätzlich jeweils ein Notebook. Die inzwischen in privaten Haushalten sehr verbreiteten Tablets sind in keinem Klassenzimmer vorhanden. Die Daten zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein eines

Computerraumes und den Computern in den Klassenräumen.<sup>3</sup> Von den 70 Klassenräumen, in denen keine Computer vorhanden sind, können 45 Klassen einen schuleigenen Computerraum nutzen. Das bedeutet aber auch umgekehrt, dass 25 Schulklassen, das entspricht über 20% der Stichprobe, weder einen Zugriff im eigenen Klassenraum noch in einem spezifischen Raum auf einen Computer haben.

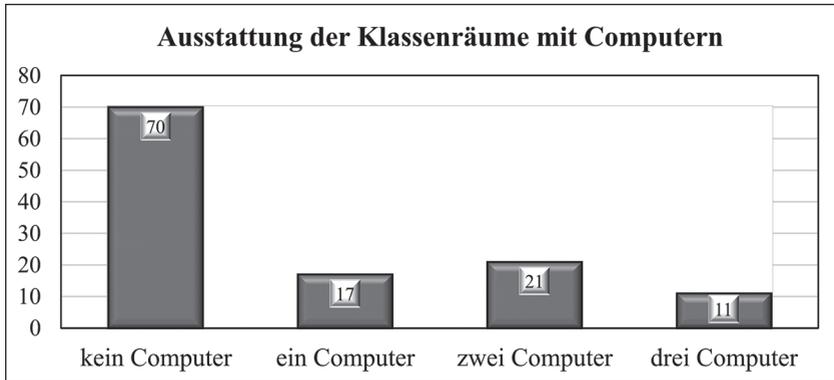


Abb. 1: Computer in den Klassenräumen (n=119)

Da technische und digitale Bildung den gesamten Grundschulbereich umfasst, also vom Anfangsunterricht bis in die höheren Klassenstufen, ist auch von Interesse, wie die Computer sich über die Klassenräume der einzelnen Jahrgangsstufen verteilen. Wie die Abbildung 2 zeigt, ist die Verteilung so, dass auch erste und zweite Klassen teilweise einen Zugang zu einem Computer bereits haben.

<sup>3</sup> Die statistisch signifikante Korrelation ( $r = .195$ ,  $p = .034$ ) ist aber aufgrund der geringen Stichprobe vorsichtig zu interpretieren.

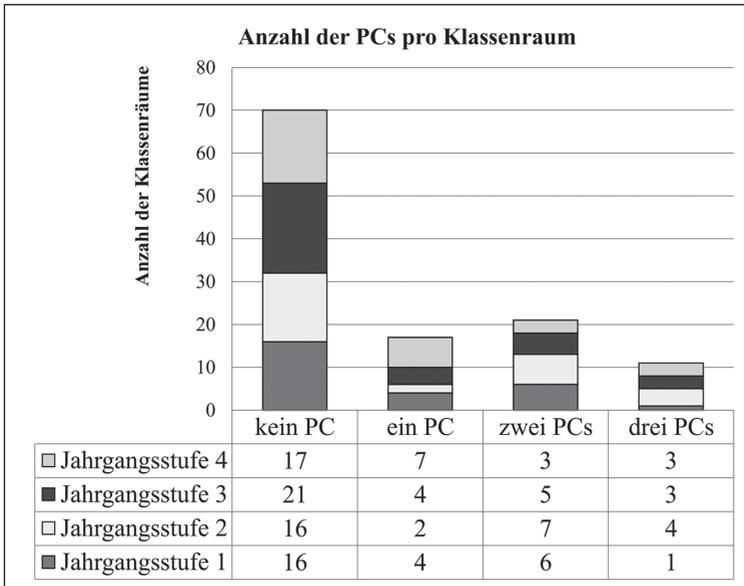


Abb. 2: Ausstattung der Klassenräume mit Computern pro Jahrgangsstufe

Auch bei den Geräten in den Klassenräumen wurde das Alter der Computer erhoben. Es zeigt sich, dass die meisten Computer aus dem Jahr 2012 oder älter sind (Abbildung 3). Das Diagramm stellt dar, wie alt die Computer in den jeweiligen Klassen sind.

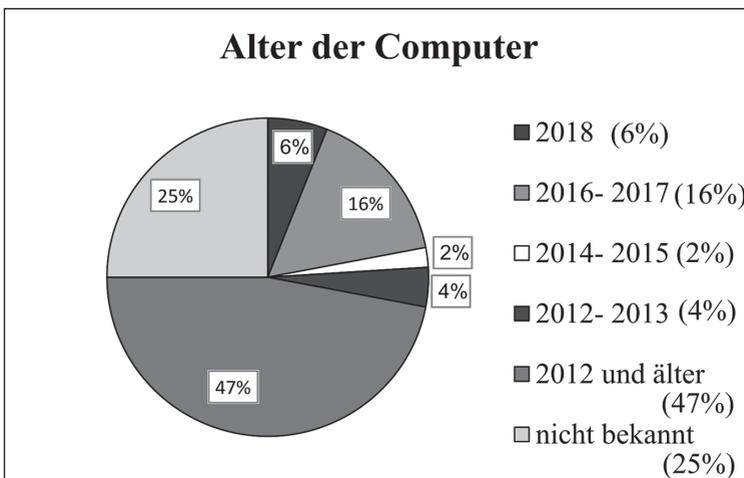


Abb. 3: Alter der Computer in den Klassenräumen

Auch in Bezug auf die Betriebssysteme gibt es keine Unterschiede zwischen den spezifischen Räumen und den Klassenräumen. Denn auch die Computer in den Klassen haben Windows basiert. Die jeweilige Version variiert zwischen Windows 8 und 10, in vier Klassen sind noch ältere Versionen (Windows 7 oder älter) installiert.

#### 4.5 Weitere mediale Ausstattung

In den 49 Klassenräumen, die über Computer verfügen, steht auch ein Internetzugang zur Verfügung. In 15 Fällen ist das Internet für die Schülerinnen und Schüler nicht direkt zugänglich, da nur die Lehrerinnen und Lehrer über das nötige Passwort verfügen. In 34 Klassenräumen haben die Schülerinnen und Schüler dagegen freien Zugang zum Internet.

Zudem wurde die weitere digitale mediale Ausstattung erhoben. Überraschend ist, dass sich nur in drei Klassenräumen ein Drucker befindet. Über diese weitere mediale Ausstattung gibt die Tabelle 4 Auskunft: Interaktive Whiteboards sind in keinem der Klassenräume vorhanden, dafür gibt es in fast allen Klassen Kreidetafeln (in 114 von 119 Klassenräumen), in 38 Klassen gibt es einen Beamer.

**Tab. 4:** Weitere mediale Ausstattung (n=119)

	Anzahl der Klassen	MW*	SD*
<b>Interaktives Whiteboard</b>	0	1	0,3
<b>Fernseher</b>	1	0,1	0,4
<b>Drucker</b>	3	0	0
<b>Overheadprojektor</b>	17	0,3	0,5
<b>Dokumentenkamera („Elmo“)</b>	31	0	0,2
<b>Beamer</b>	38	0	0
<b>Kreidetafel</b>	114	1	0,4
<b>Musikanlage</b>	115	0,3	0,4

\* Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD), die Werte sind gerundet

#### 4.6 Medienbeauftragte und Medienkonzept

An acht der zwölf Schulen übernimmt eine der Lehrpersonen jeweils die Aufgabe der oder des Medienbeauftragten. Allerdings gibt es nur an vier der Schulen mit Computerräumen auch gleichzeitig eine/n Medienbeauftragte/n. Die vorliegenden Daten zeigen dabei keinen Zusammenhang zwischen der Aktualität der Geräte und dem Vorhandensein eines Medienkonzeptes und/oder eines Medienbeauftragten. An drei der zwölf Praxisschulen lag zum Zeitpunkt der Erhebung

noch kein Medienkonzept vor. Die vorliegenden Daten zeigen dabei keinen Zusammenhang zwischen der Aktualität der Geräte und dem Vorhandensein eines Medienkonzeptes und/oder von Medienbeauftragten.

#### 4.7 Zusammenfassung und Diskussion

In über der Hälfte der Klassenräume der erhobenen Praxisgrundschulen befindet sich kein Computer (in 70 von 119 Klassenräumen). Für 45 dieser Klassen besteht allerdings die Möglichkeit in einem Computerraum zu arbeiten. Anzumerken ist aber, dass eine situative, adaptive Nutzung im regulären Unterricht damit nur bedingt möglich sein kann. Auch erfordert der Raumwechsel zudem auch das zeitliche und inhaltliche Unterbrechen der Lernprozesse. Es kann darüber hinaus nicht davon ausgegangen werden, dass alle vorhandenen Computer für alle Zwecke einsatzbereit sind. Zumal das Alter der Computer und ihre Betriebssysteme die Vermutung nahelegen, dass eine spontane Nutzung im Unterricht nur eingeschränkt möglich ist. Das Hochfahren und Aktualisieren der älteren Systeme kann zeitaufwändig sein, zumal nicht immer eine regelmäßige Wartung gewährleistet ist. Das gilt ebenso für die Computer in den Computerräumen. Da nicht alle Schulen Medienbeauftragte haben, die sich um die Wartung der Geräte kümmern, ist anzunehmen, dass sich daraus eine zusätzliche Nutzungshürde ergibt. Es fällt zudem auf, dass keine Drucker in den Klassenräumen vorhanden sind. Somit können z. B. keine Rechercheergebnisse zur weiteren Verwendung ausgedruckt werden. Das kann insbesondere für Lernprozesse in den Klassenräumen schwierig sein, da es nur wenige Computer gibt und die Nutzungszeit für die einzelnen Schüler\*innen insofern eingeschränkt ist. Auch in den Computerräumen können Rechercheergebnisse, Schreibdateien o.ä. nicht immer ausgedruckt und somit weiterhin verwendet werden.

## 5 Fazit

Für die Praxisgrundschulen der Pilotstudie konnte gezeigt werden, dass diese nur bedingt ausgestattet sind, um handwerkliche Lernprozesse zu initiieren. Ebenso sind Mängel bei der digitalen Ausstattung vorhanden. Bedenkt man, dass diese Schulen im Rahmen der ersten Phase der Lehramtsausbildung einen besonderen Stellenwert besitzen, dann sollte mit Nachdruck eine rasche Verbesserung der Ausstattungssituation eingefordert werden. Die geringe Stichprobe, die bei dieser Pilotstudie berücksichtigt wurde, gilt es bei der generellen Beantwortung der Frage, ob die Ausstattung zur technischen Bildung mangelhaft ist oder nicht, zu berücksichtigen. Daher wird derzeit die Erhebung mit einer größeren Stichprobe erneut durchgeführt.

## Literatur

- Bergner, N., Hubwieser, P., Köster, H., Magenheimer, J., Müller, K., Romeike, R., Schroeder, U. & Schulte, C. (2018): Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich. Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Bergner, N., Köster, H., Magenheimer, J., Müller, K., Romeike, R., Schroeder, U. & Schulte, C. (2017): Zieldimensionen für frühe informatische Bildung im Kindergarten und in der Grundschule. Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., Schulz-Zander, R. & Wendt, H. (Hrsg.) (2014): ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Breiter, A., Zeising, A. & Stolpmann, B.E. (2017): IT-Ausstattung an Schulen: Kommunen brauchen Unterstützung für milliardenschwere Daueraufgabe. Bertelsmann Stiftung: Gütersloh. Online unter: [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/IB\\_Impulspapier\\_IT\\_Ausstattung\\_an\\_Schulen\\_2017\\_11\\_03.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/IB_Impulspapier_IT_Ausstattung_an_Schulen_2017_11_03.pdf) (Abrufdatum: 12.07.2020).
- Breiter, A., Aufenanger, S., Auerbeck, I., Welling, S. & Wedjelek, M. (2013): Medienintegration in Grundschulen. Untersuchung zur Förderung von Medienkompetenz und der unterrichtlichen Mediennutzung in Grundschulen sowie ihrer Rahmenbedingungen in Nordrhein-Westfalen. Berlin: Vista Verlag.
- Cornelsen-Schulbuchverlage (Hrsg.) (2015): Cornelsen Trendstudie Medienausstattung und -nutzung an allgemeinbildenden Schulen in Deutschland. Online unter: <https://www.cornelsen.de/fm/1272/Cornelsen-Trendstudie%20Medienausstattung%20an%20Schulen%202014.pdf> (Abrufdatum: 27.01.2019)
- Deutsche Telekom-Stiftung (Hrsg.) (2017): Schule digital: Der Länderindikator 2017. Online unter: [https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/Schule\\_Digital\\_2017\\_Web.pdf](https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/Schule_Digital_2017_Web.pdf) (Abrufdatum: 12.07.2020)
- Dölle, S., Lambert, A. & Zolg, M. (2013): Bauen und Wohnen – Ein Thema des Sachunterrichts. In: I. Mammes, (Hrsg.): Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 104-126.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Helmke, A. (2015): Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. 6. überarbeitete Auflage. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Institut für Demoskopie Allensbach & Deutsche Telekom-Stiftung (Hrsg.) (2013): Digitale Medien im Unterricht. Möglichkeiten und Grenzen. Online unter [https://www.ifd-allensbach.de/uploads/tx\\_studies/Digitale\\_Medien\\_2013.pdf](https://www.ifd-allensbach.de/uploads/tx_studies/Digitale_Medien_2013.pdf) (Abrufdatum: 27.01.2019)
- KMK – Kultusministerkonferenz (2012/2016): Medienbildung in der Schule. Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- Mammes, I. & Tuncsoy, M. (2013): Technische Bildung in der Grundschule. In: Mammes, I. (Hrsg.): Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven. Schneider Verlag Hohengehren: Baltmannsweiler, 8-21.
- Möller, K. (Hrsg.) (2015): Holz erleben – Technik verstehen. Praktische Unterrichtsideen und Materialien für die Grundschule. Seelze: Friedrich Verlag.
- Möller, K. (2014): Technisches Lernen fördern. Grundschulmagazin, 82, 31-35.
- Möller, K., Tenberge, C. & Ziemann, U. (1996): Technische Bildung im Sachunterricht. Eine quantitative Studie zur Ist-Situation an nordrhein-westfälischen Grundschulen. Selbstverlag: Münster.
- OECD (2015): Students, Computers and Learning: Making the Connection, PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en> (Abrufdatum: 12.07.2020)
- Ropohl, G. (2009): Allgemeine Technologie – Eine Systemtheorie der Technik. 3., überarbeitete Auflage. Universitätsverlag: Karlsruhe.



## Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

**Victoria Adenstedt, M.A.**

Universität Duisburg-Essen, Institut für Erziehungswissenschaft, Schulforschung K-7  
Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: technisches Selbstkonzept, Technikverständnis,  
technisches Problemlösen  
Universitätsstraße 2, 45117 Essen  
victoria.adenstedt@uni-due.de

**Swantje Dölle, M.A.**

Universität Kassel  
Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Fachdidaktische Entwicklungsforschung: Entwick-  
lung und Analyse von Lernarrangements für den technischen und naturwissenschaftlichen  
Sachunterricht  
Heinrich-Plett-Straße 40  
34132 Kassel  
SwantjeDoelle@uni-kassel.de

**Tanja Fellensiek, M.Ed.**

Grundschule Hesel  
Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Praxis und Arbeitstechniken in der Grundschule  
Rudolf-Eucken Straße 14  
26802 Moormerland (Leer)  
tanjafellensiek@live.de

**Stefan Fletcher, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen/Fakultät für Ingenieurwissenschaften  
Technologie und Didaktik der Technik  
Universitätsstr. 2, 45141 Essen  
stefan.fletcher@uni-due.de

**Eva Gläser, Prof. Dr.**

Universität Osnabrück  
Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Historisches Lernen in der Grundschule, Lernauf-  
gaben in didaktischen Medien und Materialien, Politische Bildung in der Grundschule,  
Digitale Medien im Sachunterricht  
Neuer Graben 7-9  
49127 Osnabrück  
eglaeser@uni-osnabrueck.de

**Lennart Goecke**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Sachunterricht und seine Didaktik  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin  
lennart.goecke@hu-berlin.de

**Anja Kleinteich, Dr.**

Universität Duisburg-Essen / Fakultät für Ingenieurwissenschaften  
Technologie und Didaktik der Technik  
Universitätsstr. 2, 45141 Essen  
anja.kleinteich@uni-due.de

**Christina Krumbacher, Dr.**

Universität Osnabrück  
Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Naturwissenschaftlich-technisches Lernen in der  
Grundschule, Informatische Bildung im Sachunterricht, Digitale Medien im Sachunter-  
richt  
Neuer Graben 7-9  
49127 Osnabrück  
ckrumbacher@uni-osnabrueck.de

**Sabine Martschinke, Prof. Dr.**

Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und -didaktik mit dem Schwerpunkt Umgang mit  
Heterogenität  
Institut für Grundschulforschung  
Department Pädagogik  
an der Universität Erlangen-Nürnberg  
Regensburger Straße 160  
90478 Nürnberg  
sabine.martschinke@fau.de

**Susanne Palmer Parreira, Dr.**

Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und -didaktik mit dem Schwerpunkt Umgang mit  
Heterogenität  
Institut für Grundschulforschung  
Department Pädagogik  
an der Universität Erlangen-Nürnberg  
Regensburger Straße 160  
90478 Nürnberg  
susanne.parreira@fau.de

**Ralf Romeike**, Prof. Dr.

Didaktik der Informatik am Institut für Informatik  
Freie Universität Berlin  
Königin-Luise-Str. 4-26  
14195 Berlin  
ralf.romeike@fu-berlin.de

**Andreas Schmitt**, Dr.

Universität Oldenburg / Didaktik des Sachunterrichts  
Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Denkentwicklung und Förderung im naturwissenschaftlichen und technischen Sachunterricht  
Ammerländer Heerstraße 114-118, 26129 Oldenburg  
andreas.schmitt@uni-oldenburg.de

**Svantje Schumann**, Prof. Dr. rer. nat. habil.

PH FHNW  
Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Erforschung von Bildungsprozessen im Sachunterricht, insbesondere Analyse von Interaktionen, Fallanalysen (audio- und videobasierte Protokolle), Untersuchung außerschulischer Bildung, Entwicklung und Evaluation von Materialien und Problemstellungen in der Technikbildung  
Hofackerstr. 30, 4132 Muttenz, CH  
svantje.schumann@fhnw.ch

**Julia Schwanewedel**, Prof. Dr.

Humboldt-Universität zu Berlin  
Sachunterricht und seine Didaktik  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin  
julia.schwanewedel@hu-berlin.de

**Jurik Stiller**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Sachunterricht und seine Didaktik  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin  
jurik.stiller@hu-berlin.de

Technische Bildung in der Grundschule ist für die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts ein relevantes Thema – dies zeigt schon die Ausweisung einer eigenen Perspektive im Perspektivrahmen Sachunterricht. Forschungsergebnisse im Bereich des Technischen Lernens findet man derzeit jedoch nur vereinzelt. In seit 2017 stattfindenden Forschungstagungen zur Technischen Bildung haben sich Kolleginnen und Kollegen in Forschungsprojekten mit Lernvoraussetzungen und -bedingungen von Kindern, Wirkweise von Unterrichtssettings, die Bedeutung des Zusammenspiels von Denken und Handeln, die Bedeutung der Sprache im technischen Lernen, Fähigkeiten von Kindern im Bereich des analytischen Denkens etc. vorgestellt. Darüber hinaus stellten sich Kolleginnen die Frage, wie und ob Schulen Ausstattungen zur Verfügung haben, die technische Bildung überhaupt erst ermöglichen würden. Diese Erkenntnisperspektiven und (vorläufigen) Forschungserkenntnisse sind in vorliegendem Band zusammengefasst.

## **Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts Band 12**

### **Die Herausgeberinnen**

**Brunhild Landwehr** war bis 2018 Vertretungsprofessorin für die Grundschuldidaktik Sachunterricht an der Universität Leipzig. Seit 2019 ist sie im Ruhestand, übernimmt für die Universität Leipzig weiterhin Lehraufträge und ist an (Forschungs-) Projekten beteiligt.

**Ingelore Mammes** ist Professorin für Schulforschung unter besonderer Berücksichtigung früher Bildungsprozesse an der Fakultät für Bildungswissenschaften der Universität Duisburg-Essen.

**Lydia Murmann** ist Professorin für Didaktik des Sachunterrichts mit dem Schwerpunkt Naturwissenschaften und Technik an der Universität Bremen.

978-3-7815-2430-9



9 783781 524309