

Marie Fischer und Markus Peschel

Phänomenbasiertes Experimentieren in (Hochschul-)Lernwerkstätten

1 Einleitung

Phänomenbasiertes Experimentieren scheint auf den ersten Blick ein Pleonasmus, ähnlich wie „Offenes Experimentieren“ (Peschel 2009a; 2016), zu sein. Im Hinblick auf Erkenntnis- und Interaktionsprozesse stellt sich die experimentierende Auseinandersetzung mit Phänomenen (vgl. Köhnlein 2012) als ein zentrales Merkmal der Welterschließung heraus. Beispielhafte Lehr-Lern-Situationen aus Schule und Lernwerkstatt¹ sollen zeigen, wie wichtig 1. die Initiierung, 2. die Materialien, 3. die Aufgaben beim phänomenbasierten Experimentieren sind, und wie diese Aspekte phänomenbasierte Interaktionen in Bezug auf die fach- und kindorientierte Auseinandersetzung (vgl. Furtner 2016) ermöglichen oder verhindern können.

Aspekte eines „erfolgreichen“ phänomenbasierten Experimentierens werden im Folgenden skizziert: Wie kann – generell in Lernwerkstätten bzw. hier speziell am Beispiel des Grundschullabors für Offenes Experimentieren (GOFEX) an der Universität des Saarlandes (vgl. Kihm & Peschel 2019; Peschel 2014; 2016) – eine phänomenbasierte Auseinandersetzung zwischen *Kind* und *Sache*² (vgl. Rauterberg & Scholz 2021) *initiiert* werden? Inwiefern unterstützen Lernwerkstätten das Experimentieren durch ihr *Materialangebot* (vgl. Wedekind & Schmude 2020)? Und wie wirken (offene) *Aufgabenformate* (vgl. Kihm & Peschel 2021) auf die Interaktionen zwischen Kind und Sache?³ Zudem: Welche Rolle spielen

-
- 1 Angelehnt an das Begriffsverständnis in Peschel, Wedekind et al. (2021) wird nachfolgend der Begriff *Lernwerkstatt* genutzt, um Lehr-Lern-Situationen mit der Zielgruppe Kinder bzw. Schüler*innen zu adressieren. Insofern die Zielgruppe Lehramtsstudierende gemeint ist, wird der Begriff *Hochschullernwerkstatt* genutzt. Die Sachauseinandersetzung von Studierenden wird, z. B. im Rahmen universitärer Seminare (vgl. Kelkel & Peschel 2018; Fischer & Peschel 2023, i. V.), reflektiert.
 - 2 Unter *Sachen* sind einerseits die Sachen des Kindes (vgl. Rauterberg & Scholz 2021) – in der außerschulischen und nicht didaktisierten Begegnung – und andererseits auch die Sachen der Schule bzw. des Unterrichts gemeint. Wie diese *Sachen* (Schule vs. Kind/Schüler*in) in einem bildungsorientierten Lernprozess begleitet werden können, ist u. a. Gegenstand der Ausbildung in Hochschullernwerkstätten (vgl. Wedekind et al. 2021, Peschel, Wedekind et al. 2021 u. a. m.).
 - 3 Weiter gedacht auch: Wie wirken (offene) Aufgabenformate auf die Interaktionen zwischen Kind und Kind oder Kind und Lernbegleiter*innen?

phänomenbezogene Beobachtungen und Wahrnehmungen in Aufgaben in Schule bzw. in Lernwerkstatt für die Interaktionen zwischen Kind und Sache?

2 Thematischer Fokus

Am Thema „Schwimmen und Sinken“ werden die o.g. Aspekte (1. Initiierung, 2. Materialien, 3. Aufgaben) zunächst anhand eines „typischen“ allgemein-vermittelnden Schulunterrichts mittels eher *nicht*-phänomenbasiertem, sondern hypothesenprüfendem bzw. ergebnisorientiertem Experimentieren skizziert, um Unzulänglichkeiten bestehender (geschlossener) Aufgabenformate deutlich zu machen. Das Format *Lernwerkstatt* fokussiert im Vergleich zu geschlossenen Formaten die prozessorientierte Auseinandersetzung sowie den individuellen Zugang des Kindes. Auch das Materialkonzept einer Lernwerkstatt (vgl. Peschel 2014) kann über eine geöffnete (und fachlich sowie fachdidaktisch sinnvolle) Materialauswahl helfen, die Interaktionen der Kinder mit den *Sachen* beim phänomenbasierten Experimentieren zu entwickeln bzw. zu unterstützen.

3 Näherungsweisen an die Phänomene

Im Sinne Martin Wagenscheins sind Phänomene

„Naturerscheinungen, die uns unmittelbar (oder auf einfache, durchschaubare Weise vermittelt) sich selbst sinnhaft zeigen; und zwar so, dass wir sie als ein Gegenüber empfinden und auf uns wirken lassen noch ohne Vorurteil und Eingriff, auch wir also unbefangen, noch nicht festgelegt auf einen bestimmten Aspekt, sei es der physikalische, der ästhetische oder sonst einer“ (Wagenschein 1989: 136).

Im außerschulischen Kontext begegnen Kinder Phänomenen zu z. B. „Dingen im Wasser“ (vgl. Neuböck-Hubinger et al. 2021) durch zufälliges Beobachten oder gezieltes Ausprobieren: Welche Gegenstände schwimmen und welche gehen unter? Kinder werfen Steine vom Ufer ins Wasser, lassen sie über das Wasser springen, spielen mit einem Wasserball im Schwimmbad oder lassen ein Plastikschiff in der Badewanne „fahren“. Sie wiederholen ihre Handlungen, indem sie z. B. „einen Korken *immer wieder* unter Wasser [tauchen], lassen ihn entweichen und zur Seite springen, fangen ihn wieder ein“ (Fischer 2010: 60, Herv. d. Verf.).⁴ Dabei

⁴ Ein weiteres Beispiel kindlicher Begegnung mit Phänomenen zu „Dingen im Wasser“: „Ein Kind lässt wiederholt eine Holzkugel im Wasser schwimmen und zeigt sich dabei freudig und konzentriert. Die Aktivität lässt sich als naturwissenschaftliche Lerngelegenheit zum Schwimmen und Sinken charakterisieren; die Holzkugel bildet in diesem Kontext ein mögliches Referenzobjekt für naturwissenschaftliches Interesse. Entscheidend ist nun, welcher Aspekt der Holzkugel das interessierte Verhalten des Kindes hervorruft: neben inhaltsbezogenen Aspekten (z. B. Bedingungen des Schwimmverhaltens) sind z. B. prozessbezogene (z. B. die Holzkugel (wiederholt) ins Wasser zu werfen) oder gänzlich andere Aspekte (z. B. Besitz, Ort) denkbar“ (Brandtner & Hertel 2018: 268).

können sie beobachten, wie das Wasser spritzt, welche Geräusche es macht, wie sich der nasse Korken anfühlt, ob er sich unter Wasser drücken lässt, was passiert, wenn man ein Stück des Korkens abbricht oder den Korken unter Wasser loslässt u. v. m. – und das alles, ohne dafür eine Aufgabe – im Sinne einer Handlungs- oder Experimentieraufforderung oder einer „Aufforderung zur Lerntätigkeit“ (Kiel 2019: 199) durch einen Erwachsenen – erhalten zu haben.

In einem solchen, außerschulischen Kontext scheint das Kind selbst entscheiden zu dürfen, ob es das Beobachtete zu seiner *Sache* macht. Im didaktisierten Kontext sollen hingegen, laut Köhnlein (2012), die ausgewählten Phänomene erklärungsbedürftig sein:

„Als Phänomen kann alles das konzipiert werden, was in der Welt der Fall ist und von uns nach Maßgabe unseres Zugriffs wahrgenommen wird. In didaktischer Hinsicht ist ein Phänomen ein Ereignis, dessen Ursache in Frage steht *und das einer Erklärung bedarf*“ (Köhnlein 2012: 21; Herv. d. Verf.).

Doch in welchem Sinn und für wen in Frage stehend und erklärungsbedürftig? Das Phänomen fordert – je nach Begegnungskontext – zumeist von sich aus zum Handeln und Experimentieren auf. Kinder machen Phänomene zu ihrer Sache und stellen möglicherweise Fragen dazu (Fragen der Kinder – Fragen der Schule – Fragen an die Sache; vgl. Peschel, Fischer et al. 2021; Kihm et al. 2019). „Dass ein Phänomen möglicherweise unerwartet erscheint, Staunen und ein Bedürfnis nach Erklärung auslöst, geht auf dieses Verhältnis zwischen Subjekt und Objekt zurück“ (Höttecke & Rieß 2015: 130) und kann u. E. nur begrenzt von außen determiniert werden.

4 Näherungsweisen an die Sache

Um zu exemplifizieren, wie mit den (Vor-)Erfahrungen der Kinder aus dem außerschulischen Bereich häufig im Sachunterricht der Grundschule umgegangen wird, erfolgt ein Blick auf Aufgaben bzw. didaktische Ansätze zum Thema „Schwimmen und Sinken“ in Schulbüchern.

Aufgaben in Schulbüchern suggerieren durch das Anknüpfen an *mögliche* Vorerfahrungen der Kinder (vgl. Jonen et al. 2003) häufig einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler*innen (vgl. Maier et al. 2010; Fuhrmann 2020). Dabei bleibt unklar, inwieweit dieser *vermeintliche* Lebensweltbezug funktioniert, da z. B. der Sonderfall vom Schwimmen im Toten Meer (s. Abb. 1), für viele Kinder vermutlich kein bekanntes Phänomen ist und auf keiner (persönlichen) Vorerfahrung beruht.⁵

5 Das Bild vom „schwimmenden“ Kind im Toten Meer und der dazugehörige Text legen außerdem den Fokus ausschließlich auf die Flüssigkeit. Welcher Körper oder Gegenstand im Toten Meer „schwimmt“, scheint für das „Tragen“ oder die „Kraft“ des Wassers bzw. das Phänomen zunächst



Abb. 1: Beispielhafter Text aus einem Schulbuch für den Sachunterricht (Ferratusco u.a., Frida & Co 1/2, S. 132)

Selbst eigene Schwimmerfahrungen können inzwischen nicht mehr vorausgesetzt werden (vgl. Endisch & Semmelmann 2022). Zudem ist auch hierbei eine Übertragung auf Aufgabenformate schwierig, da das eigene, aktive, sportliche Schwimmen nur bedingt mit dem passiven Schwimmverhalten von Gegenständen⁶ in den hypothesenprüfenden Experimentiersituationen im Unterricht (s. Abb. 2) verknüpft werden kann. Letzteres lässt sich über Dichtewechselwirkungen und die resultierende Auftriebskraft zwischen Gegenstand und Flüssigkeit erklären.

Geht es in der Erklärung im Schulbuch (s. Abb. 1), die exemplarisch für eine Vielzahl ähnlicher Aufgaben in der Schule steht (vgl. Andersen et al. 2021; Neuböck-Hubinger et al. 2021), um „die Kraft des Wassers“, wird in den zugehörigen Experimentieraufgaben zum „Schwimmen und Sinken“ (s. Abb. 2), das Schwimmverhalten verschiedener Gegenstände mittels Versuch (zum Begriff siehe Kihm & Peschel 2017) überprüft – ohne auf wirkende Kräfte des Wassers oder deren Ursache einzugehen.

Dabei werden vor der Durchführung des Versuchs zunächst Vermutungen aufgestellt, dann wird der Versuch durchgeführt und dadurch die Vermutungen bestätigt oder widerlegt. Anschließend wird das Ergebnis notiert.⁷ Entsprechende

unerheblich. Die anschließenden Experimentieraufgaben im Schulbuch Frida & Co 1/2 (S. 132f.) hingegen untersuchen dann verschiedene Gegenstände im „normalen“ Wasser. Diese Verlagerung des Fachbezugs (Körper und Fluid) wird meist nicht thematisiert und ist fachlich eher gering qualifizierten Grundschullehrkräften vermutlich nicht bewusst.

6 Bewusst wurde bisher von Gegenständen oder Körpern gesprochen, da in keinem der Schulbücher im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“ Beispiele gefunden werden konnten, in denen es über Festkörper hinaus um Flüssigkeiten oder Gase und deren „Schwimmverhalten“ geht.

7 Dies wurde von Kihm und Peschel (2017) als „Frage-Zeichnung-Antwort-Schema“ oder „Modus des schnellen Abarbeitens“ beschrieben und kritisiert (vgl. auch Kihm & Peschel 2020; 2021).

Materialien wie Spielfiguren, Murmeln, Knete, Steine, Äpfel, Nüsse etc. werden bereitgestellt und in eine Schüssel mit Wasser gegeben.⁸ Es wird beobachtet, *ob* sie schwimmen oder nicht.⁹ Diese angeleitete „experimentierende“ Auseinandersetzung wird durch die Materialauswahl, die das Schulbuch vorgibt, eng geführt (vgl. Abb. 2).¹⁰

Ein individueller, an den Vorerfahrungen orientierter und phänomenbasierter Experimentierprozess¹¹ (vgl. dazu auch Jonen et al. 2003) wird so u. E. nicht erzeugt bzw. konterkariert. Erkenntniswege aus zufälligen Beobachtungen (etwa im Rahmen von Explorationen), wie sie im Lernwerkstattkontext möglich sind, werden in „standardisierten Experimentieraufgaben“ (Brée et al. 2015: 6) zumeist nicht berücksichtigt. Durch „Experimentieren als Antwortmaschine“ (Höttecke & Rieß 2015: 136) wird ein vermeintlicher Königsweg zu den Erkenntnissen suggeriert (vgl. Kihm & Peschel 2021). Aus diesem Verständnis heraus werden im Sachunterricht Phänomene und Sachen, denen die Kinder im Alltag begegnen, (zu) schnell zu (didaktisierten) Inhalten des Unterrichts, indem sie passend, reduziert und für den hypothesenprüfenden Unterricht, für die Aufgaben, für das Experimentieren handhabbar gemacht werden (vgl. Wedekind 2012).

Im Sachunterricht wird die Auseinandersetzung häufig durch Fragen der Lehrkraft begleitet: *Warum* schwimmen manche Dinge und andere gehen unter? (vgl. Möller & Wyssen 2017). Fragen nach den *Ursachen* für das Schwimmen von Gegenständen zeugen „von der Hoffnung, Regeln, Gesetze, Prinzipien hinter den vielfältigen Phänomenen zu erkennen“ (Köhnlein 2006: 18). Dabei sind mit Regeln und Gesetzen noch keine quantifizierbaren physikalischen Gesetzmäßigkeiten gemeint, eher soll es bei den Verallgemeinerungen der Schwimmfähigkeit darum gehen, was die Gegenstände gemeinsam haben, die sich gleich verhalten – zunächst auf phänotypischer, dann auf genotypischer Ebene (vgl. Hagstedt & Spreckelsen 1986).¹²

8 Die Aufgabe gibt dabei nicht an, *wie* die Gegenstände ins Wasser „gegeben“ werden sollen (sondern nur „Überprüfe im Versuch“). Dabei macht es aber einen Unterschied, ob sie unter Wasser, über Wasser oder am Boden der Schüssel losgelassen, auf die Wasseroberfläche „gesetzt“ oder ins Wasser geworfen werden.

9 Es scheint lediglich der Endzustand des Versuchs relevant zu sein. Platz für Beobachtungen während des Prozesses (*steigt schnell, sinkt langsamer als andere Gegenstände*) ist hier nicht vorgesehen (vgl. auch Fußnote 8).

10 Die (noch) leeren Zeilen der Tabelle können zwar als Versuch einer Öffnung im Sinne der eigenen Erweiterung der Materialprüfung durch die Schüler*innen verstanden werden; werden aber alle abgebildeten Gegenstände in die Tabelle eingetragen, verbleibt nur noch eine freie Zeile.

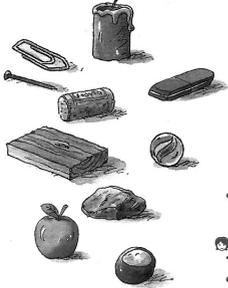
11 Mit „Experimentierprozess“ (vgl. Peschel 2009b; Plappert 2012) betonen wir die Wichtigkeit von Explorieren, Wiederholen, Variieren, Beobachten und gemeinsamem Deuten beim Experimentieren.

12 Mit *phänotypischen* Analogiebildungen sind solche gemeint, die sich aus der äußeren „Erscheinungsform“ (Hagstedt & Spreckelsen 1986: 322) ergeben (Material, Form der Gegenstände). *Genotypische* Analogien hingegen greifen „auf das ihnen unterliegende (gemeinsame) Funktionsprinzip“ (ebd.: 323) zurück (Dichte der Gegenstände, Verdrängung und Auftriebskraft).



Was schwimmt im Wasser?

Du brauchst:



Manche Gegenstände schwimmen auf dem Wasser, andere versinken.

- ① Notiere in der Tabelle, was du vermutest.
- ② Überprüft eure Vermutungen im Versuch.
- ③ Notiere, was du beobachtet hast.

Gegenstand	Vermutung		Beobachtung	
	schwimmt	versinkt	schwimmt	versinkt
Stein		X		X
Radiergummi				

- ① Anstellen von Vermutungen zur Schwimmfähigkeit von verschiedenen Gegenständen in Wasser
- ② Untersuchen der Schwimmfähigkeit von verschiedenen Gegenständen im Experiment
- ③ Protokollieren von experimentellen Beobachtungen

KV 33, KV 24
KV 59

Abb. 2: Beispielhafte Aufgabe aus einem Schulbuch für den Sachunterricht (Deichmüller u.a., Bausteine 2, S. 31)

Eine Antwort auf die o. g. Frage durch die Kinder scheint nach der bisherigen Beschäftigung mit reduzierten Materialien (s. Abb. 2) und ohne Variationen u. E. jedoch nicht möglich (vgl. Wodzinski 2006; Furtner 2016) und verkürzt viele der intuitiven oder vorläufigen Konzepte. Die eigene konzeptionelle Entwicklung reduziert sich deutlich auf diesem „Königsweg“. Wenn Kinder durch einen explorativ-eigenständigen Umgang und eine experimentierende Näherung (phänomenbasiertes Experimentieren) keine tragfähigen Konzepte ausbilden können, wird es u. E. sehr schwierig, die physikalischen Bedingungen (das *Warum*) nachhaltig zu vermitteln. Es ist daher unbedingt erforderlich, den Kindern zunächst einen sinnlich-explorativen Zugang – auch über einen längeren Zeitraum – zu ermöglichen, damit sie sich – aufbauend auf ihren Konzepten bzw. Präkonzepten – die Frage nach dem *Wie* oder *Warum* stellen können. Dazu gehören auch Vermutungen zum möglichen Schwimmverhalten von Gegenständen – aber grundgelegt über Prozesse, Beobachtungen und Variationen zu den beiden Möglichkeiten: *steigen* oder *sinken* bzw. *schwimmen* oder *untergehen/untergegangen sein*.¹³ Gelegenheiten zum Explorieren und (Vor-)Erfahrungen sind die Voraussetzungen, um Konzepte und damit Vorstellungen über Prinzipien zu entwickeln (vgl. Murmann & Krumbacher 2007).

Murmann (2009: 221) unterscheidet bei der Phänomenbegegnung folgende Kategorien von Handlungszielen, die bei Kindern im Grundschulalter festzustellen sind, die wir um die didaktischen Ziele *Exploration, Wiederholung, Variieren, Hypothesen aufstellen und überprüfen, Erklärungen finden* ergänzt haben.

Tab. 1: Experimentieren – Handlungsziele (Murmann 2009: 221) und Didaktische Ziele (eigene Ergänzung)

Handlungsziele	Didaktische Ziele
a) (Handlungs-)Gelegenheit nutzen	Exploration
b) Herausfinden, „wie“ etwas funktioniert – ein bestimmtes Ergebnis (wiederholt) selbst erzeugen	Wiederholung
c) Herausfinden, „wodurch“ etwas funktioniert/passiert – Bedingungen sondieren	Variation Hypothesen aufstellen und überprüfen
d) Herausfinden, „warum“ etwas passiert – Wirkmechanismen vermuten und ggf. überprüfen	Erklärungen finden

13 So kann ein Gegenstand unterschiedliches Schwimmverhalten zeigen, wenn die Flüssigkeit von Süßwasser zu Salzwasser verändert wird. Werden unterschiedliche Gegenstände *unter Wasser* losgelassen, verläuft der Steig- oder Sinkprozess unterschiedlich schnell.

Die unterrichtstypische Frage nach „Warum schwimmt ein Schiff?“ scheint die Handlungsziele und -gelegenheiten a) bis c) sowie die korrespondierenden didaktischen Ziele a) bis c) zu überspringen. Stattdessen verfolgt die Frage nach dem *Warum* das didaktische Ziel, eine Erklärung zu finden. Andere Handlungsziele, die den Kindern aus dem außerschulischen Kontext oftmals bekannt sind, wie z. B. ein *schwimmendes* Schiff zu bauen, um herauszufinden *wie* es funktioniert, oder auch, wie es eben *nicht* funktioniert, werden dabei oft nicht beachtet.¹⁴

5 Materialauswahl in Schulbuchaufgaben

„Vollkörper sind Gegenstände, in denen keine Luft eingeschlossen ist. Als Hohlkörper bezeichnen wir Gegenstände, in denen Luft eingeschlossen ist [sog. geschlossene Hohlkörper; Anm. d. Verf.] oder die Vertiefungen haben, in die man z. B. Wasser einfüllen kann [sog. offene Hohlkörper; Anm. d. Verf.]“ (Rösch, Stübi & Labudde 2017: 96).

Bei den meisten der in der o.g. Schulbuchaufgabe aufgeführten Gegenstände (s. Abb. 2), die bzgl. ihres Schwimmverhaltens überprüft werden sollen, handelt es sich um Vollkörper, z. B. die Glasmurmel oder der Radiergummi (s. Abb. 3). Die Betrachtung von Vollkörpern widerspricht hier u. E. der Anschlussfrage nach dem Schwimmen eines Schiffes, das einen Spezialfall (offener Hohlkörper) in einem Spezialfall (Grenzschicht Wasser-Luft) darstellt (vgl. Peschel, Neuböck-Hubinger et al. 2021).

Beispiel	Bezeichnung	Erklärungsansatz für Schwimmverhalten
	Vollkörper	Oberflächenspannung
	Vollkörper	Dichtevergleich, Auftriebskraft
	geschlossene Hohlkörper	(mittlerer) Dichtevergleich, Auftriebskraft
	offene Hohlkörper	(mittlerer) Dichtevergleich, Auftriebskraft

Abb. 3: Kategorisierung der Gegenstände (Quelle: eigene Darstellung)

¹⁴ Die passende Frage, die in der Literatur bisher nicht zu finden ist, würde lauten „Warum ist das Schiff, das du gebaut hast, gesunken?“ bzw. „Warum sinken Schiffe?“.

Um das Schwimmverhalten aufgrund von Dichtedifferenzen als basales Konzept über die Materialauswahl auszubilden, ist es u. E. notwendig, vielfältige Erfahrungen mit Gegenständen aus der Lebenswelt der Kinder zu ermöglichen. Aufbauend auf verschiedenen Präkonzepten können dabei dann nicht nur Vollkörper, sondern auch die Rolle der Luft in Form von Einschlüssen in geschlossenen Hohlkörpern (Tischtennisball) behandelt werden. Daraus kann man ggf. anschließend offene Hohlkörper (Schiffe) thematisieren (s. Abb. 4, Aufgabe rechts).

Gegenstände aus der Lebenswelt der Kinder, die (natürlicherweise) Luft enthalten, sich aber auch verändern lassen, eignen sich zur Konzeptbildung, da es um unterschiedliche Erscheinungsformen desselben physikalischen Prinzips geht (z. B. Orange oder Mandarine geschält bzw. ungeschält). Das Verhältnis an sinkenden (Fruchtfleisch) und steigenden „Materialien“ (Schale bzw. Luft), hier am Gesamtkörper Orange, resultiert in einer *mittleren Dichte*. Schwimmt der Körper, so ist die mittlere Dichte – u. a. aufgrund von Lufteinschlüssen im Gesamtgegenstand – geringer als die mittlere Dichte des Fluids (hier Wasser). Der spezielle Spezialfall *Schiff* kann über Verformungen konzeptualisiert werden: Knete in einer schüsselähnlichen Form macht aus einem Vollkörper (Knetstange) einen *offenen Hohlkörper*, der je nach Ausrichtung unterschiedliches Verhalten zeigt:

- Öffnung der Schüsselform an der Grenzfläche Wasser-Luft: a) nach oben, b) zur Seite oder c) nach unten und
- Ort des Loslassens der Schüssel: 1. in der Luft, 2. an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft oder 3. im bzw. unter Wasser

Bei der Kategorisierung der Gegenstände (s. Abb. 3) sind zudem untypische Gegenstände wie die Büroklammer aufgeführt, die sich entgegen des Materialkonzepts („Gegenstände aus Metall gehen immer unter.“) verhalten. Die Büroklammer ist als Beispiel allerdings fachlich sehr problematisch und konzeptionell nicht anschlussfähig, da sie nicht aufgrund von Dichtewechselwirkungen *nicht* untergeht, sondern aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers „getragen“ wird – aber nicht auf dem Wasser *schwimmt*. Gezeigt werden kann dies, wenn die Büroklammer unter Wasser losgelassen wird, denn dann sinkt sie verlässlich. Auf die Problematik einer unsystematischen Materialauswahl verweist auch Janke (1995: 124):

„Manche der verwendeten Gegenstände schwammen aufgrund ihrer Dichte (z. B. Holz), andere aufgrund ihrer ‚Form‘ oder ‚mittleren Dichte‘ (z. B. Hohlkörper wie z. B. Boote), andere wiederum aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers (Aluminiummünzen), einer Variablen, die nichts mit dem Auftrieb [oder der Dichte; Anm. d. Verf.] zu tun hat.“

6 Phänomenbegegnung und Sachauseinandersetzung in der Lernwerkstatt

Kindliches Denken ist „erwachendes, erwachsendes und erwartendes Denken“ (Wagenschein 1971: 60), weshalb es „weniger darum geht, Phänomene aus der Erwachsenenperspektive zu erklären, sondern vor allem darum, die Kinder dabei zu unterstützen, zunächst einmal selbst [1] Vorstellungen und [2] Ausdrucksformen für ihre Ideen zu finden“ (Brée et al. 2015: 5; Anm. d. Verf.; vgl. auch Peschel 2009b).¹⁵ Die Aufgabe der Lernbegleiter*innen, [3] die unterschiedlichen Beobachtungen und Entdeckungen zu den Phänomenen, die die Kinder beim Experimentieren machen, zusammenzuführen, realisiert sich in der gemeinsamen und kritischen Reflexion (vgl. VeLW 2009; Schmude & Wedekind 2014; Peschel 2009b; Kihm et al. 2019). Dabei wird über verschiedene didaktische Ziele (s. Tab. 1) versucht, von den individuellen Beobachtungen der Lernenden¹⁶ zu einem „gemeinsam gültigen Ergebnis“ (vgl. Peschel 2009b: 101) zu gelangen. Dieses Ergebnis muss im Sinne der Scientific Literacy als vorläufig besprochen werden, da aus einem vorläufigen Ergebnis, z. B. „Gegenstände aus Metall gehen unter“, ein (immer) differenzierteres Ergebnis (weiter-)entwickelt werden kann (und sollte): „Gegenstände aus Metall gehen *meistens* unter – *dies hängt (aber) u. a. von der Form des Metalls ab*“.¹⁷

Reflexionen über (widersprüchliche) Beobachtungen sollten dabei kommunikativ zwischen Lernenden und Lernbegleitung im Dialog und durch Rückfragen wie beispielsweise „Was *genau* hast du beobachtet?“, „*Wann* genau hast du das beobachtet?“ oder „Wie kannst du den Versuch *verändern*?“ erfolgen. Diese Fragen in der Reflexion erzeugen andere Antworten als z. B. „Und *warum* schwimmt das jetzt?“ oder „*Warum* geht das unter?“. Das Hinterfragen der Experimentierbedingungen (s. Tab. 1), unter denen die Beobachtungen angestellt wurden, trägt u. E. zur Erläuterung und Systematisierung, aber auch zur Ausdifferenzierung und Elaboration der Konzepte der Kinder bei.

15 Hier geht es auch darum, dass Kinder zunächst individuell wahrnehmen und beobachten, diese Wahrnehmungen und Beobachtungen mit dem eigenen Vorwissen und den Präkonzepten abgleichen und eigene Vorstellungen (weiter-)entwickeln. Dies braucht Zeit und bedeutet noch nicht, dass dies Kinder ihre Beobachtungen und (ggf. weiterentwickelten) Vorstellungen auch explizieren können. Das Finden von Ausdrucksformen und Verbalisierungen (zunächst in Kindersprache) schließt an das individuelle Wahrnehmen und Beobachten an und benötigt ebenfalls und daran anschließend(!) auch Zeit (vgl. Peschel 2009b sowie Kihm in diesem Band).

16 Die unterschiedlichen Vorstellungen von Kindern zum Thema „Schwimmen und Sinken“ haben auch Forschungsergebnisse gezeigt (vgl. Furtner 2016, Jonen et al. 2003b).

17 Dies zielt z. B. auf die Schiffsform (offener Hohlkörper) eines Schiffes aus z. B. Eisen. Hier lässt sich erwähnen, dass es auch andere Metalle wie Lithium oder Quecksilber gibt, deren „Schwimmverhalten“ nur schwer thematisiert (oder gar experimentierend erschlossen) werden kann.

Fragen der Kinder in den Mittelpunkt zu stellen und diese fragend-explorativ kommunikativ zu entwickeln, statt Antworten in Form von Erklärungen zu geben auf Fragen, die die Kinder ggf. nie gestellt haben (z. B. Warum schwimmt ein Schiff?), ist u. E. essenzieller Teil von Lernwerkstattarbeit (vgl. Stenger 2010; Kihm et al. 2019).¹⁸ Stellen die Kinder aber doch die Frage nach dem *Warum*, geschieht in unterrichtlichen Kontext häufig, was Lippitz (1989: 147) wie folgt beschreibt:

„Das Kind erfragt den Sinn eines Naturvorgangs, den es vor Augen hat. Der Erwachsene aber führt es in seinen Erklärungen fort aus der anschaulichen Präsenz in die gleichsam unsichtbare Welt der naturwissenschaftlichen Erklärungen von Welt. An die Stelle des Sichtbaren tritt das Wissen um Fakten, um schon Geschehenes, von den Wissenschaften Erforschtes. Die Botschaft, die der Erwachsene dem Kind damit signalisiert, ist: wenn Du etwas von der Natur wissen willst, darfst du Deinen Augen nicht trauen“.

Hier werden die Eigenaktivität und die Entdeckungen des Kindes bagatellisiert; beides verliert an Notwendigkeit: Schließlich ist „dies ja alles schon erforscht“ und man hätte nur jemanden fragen oder in Büchern, im Internet etc. nach Antworten suchen müssen.¹⁹ Für uns bedeutet das: (Fremdes) Wissen oder (fremde) Erklärungen (von außen) dürfen (eigene) Beobachtungen und (eigene) Erfahrungen nicht ersetzen, denn *Beobachtungen ermöglichen Erklärungen, aber Erklärungen unermöglichen Beobachtungen* (vgl. Kihm & Peschel 2021; Plappert 2012).²⁰

7 Beispiele aus dem GOFEX

Anhand zweier beispielhafter Aufgaben aus dem GOFEX sollen im Folgenden Unterschiede zu den bisher dargestellten Aufgaben aus Schulbüchern erläutert werden: In Aufgabe 1 (Abb. 4, links) tauchen die Kinder ihre Hand in einem großen Müllbeutel oder Plastikhandschuh in ein hohes Gefäß mit Wasser. Sie *beobachten* (hier v. a. sehen und spüren), wie der Handschuh an der (eigenen) Hand zusammengedrückt wird – und zwar immer stärker, je tiefer sie ihre Hand

18 Zur Unterscheidung und Ausdifferenzierung von Schüler*innen-/Kinderfragen vs. Lehrer*innenfragen vgl. Brinkmann (2019); Ritz-Fröhlich (1992). Durch Fragen der Lehrperson evozierte Interaktionsmodi haben nur wenig mit Lernwerkstattarbeit zu tun, wenn Gegenstand und Lernende an zweiter bzw. dritter Stelle stehen, die Frage der „Lernbegleitung“ dagegen an erster (vgl. Schmude & Wedekind 2018).

19 Dass es aber nicht einfach ist, in Büchern und Internet korrekte Antworten, die verständlich sind, zu finden, zeigt sich bei der Vielfalt von Erklärungsansätzen und speziellen Spezialfällen (z. B. das Schiff, dessen Schwimmverhalten ja meist „befragt“ wird, als offener Hohlkörper an der Grenzschicht Wasser-Luft, s. o.).

20 Ähnlich kann es Studierenden beim Experimentieren und Beobachten in der Hochschullernwerkstatt ergehen, „wenn die eigenen Beobachtungen (schulisch erworbenem) Wissen widersprechen“ (Kelkel & Peschel 2018: 18).

führen. Sie *entdecken*, dass es ihnen mit zunehmender Tiefe immer schwerer fällt, die einzelnen Finger zu bewegen. Sie *beobachten* außerdem, dass der Wasserspiegel ansteigt (und zwar desto höher, je tiefer sie ihre Hand bewegen – damit beginnen die Kinder, über ihre *eigenen* Beobachtungen und das *wiederholte selbst Erzeugen* des Phänomens die Bedingungen des Phänomens zu sondieren; s. Tab. 1).

Versuch:



Versuch:



Du brauchst:

ein hohes Gefäß



Wasser



eine große Plastiktüte



So soll es aussehen:



Du brauchst:

eine große Schüssel



Wasser



Filmdosen



verschiedene Materialien



So soll es aussehen:



Das sollst du machen:

1. Befülle das Gefäß mit Wasser.
2. Stecke deinen Arm in die Plastiktüte.
3. Tauche mit diesem Arm so weit wie möglich in das Wasser.
4. Was beobachtest du?

Das sollst du machen:

1. Fülle Wasser in die Schüssel.
2. Lege eine leere Filmdose auf das Wasser.
3. Was beobachtest du?
4. Befülle die Filmdosen randvoll mit verschiedenen Materialien.
Du kannst dir Materialien aus dem GOFEX-Haus aussuchen.
5. Lege die Filmdosen auf das Wasser.
6. Was beobachtest du? Vergleiche!

Vervielfältigung nur nach vorhergehender Genehmigung Markus Peschel/Lids

Abb. 4: Aufgabenbeispiele aus dem GOFEX (© GOFEX)

Dies lässt sich wie folgt *deuten*: Es wirkt ein (Wasser-)Druck auf die Hand im Plastikhandschuh/Müllbeutel. Der (Wasser-)Druck wirkt in unterschiedlicher Tiefe unterschiedlich stark (er nimmt mit der Tiefe zu). Die eintauchende Hand verdrängt Wasser usw. Da es zumeist nicht ausreicht, „von außen“ zu beobachten, bekommen Kinder Gelegenheit, den Versuch eigenständig und individuell zu wiederholen. Variiert werden kann dieser Versuch, indem z. B. ein kleiner (aufgeblasener und zugeknöteter) Luftballon in verschiedenen Wassertiefen beobachtet wird. Dabei können auch Aspekte wie Verdrängung des Wassers am steigenden Wasserstand beobachtet werden, was auf die Weiterentwicklung der Konzepte rückwirken kann.

In Aufgabe 2 (Abb. 4, rechts) werden transparente²¹ Film Dosen mit unterschiedlichen Materialien befüllt, auf das Wasser gelegt (oder unter Wasser losgelassen), und es wird beobachtet. Im GOFEX bedienen sich die Kinder dazu an den Materialien im GOFEX-Haus (vgl. Peschel & Carell 2010; Kihm in diesem Band) und entscheiden selbst, ob sie die Film Dosen mit Knete, Murmeln, Sand, Reis, Stahl- oder Tonkugeln, Papierschnipseln etc. befüllen.²² In der Reflexion kann besprochen werden, welche Beobachtungen gemacht wurden bzw. welche Rolle es spielt, ob bzw. dass die Film Dosen gleich hoch befüllt wurden. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Film Dosen randvoll gefüllt werden sollten, um Vergleiche einfacher zu ermöglichen.²³ Dazu können erste Aspekte des (mittleren) Dichtevergleichs als Deutung aus den Beobachtungen abgeleitet werden.

In beiden Aufgaben gibt es die Möglichkeit, die Flüssigkeit zu verändern, etwa durch Zugabe von Salz ins Wasser, um ein verändertes Schwimmverhalten der Testkörper (= Film Dosen) festzustellen. So könnten Rückschlüsse auf die oben vorgestellte Situation im Toten Meer (s. Abb. 1) gezogen werden, die ein Experimentieren mit Leitungswasser (= Süßwasser) nicht ohne Weiteres erlaubt. Durch die geöffnete und vielfältigere Materialauswahl im GOFEX ergeben sich „offenere Fragestellungen für individuelle Lernzugänge und -wege“ (Kelkel & Peschel 2018: 18), was einen Konzepttransfer anbahnt und ermöglicht. Die auftretenden Variationen von Materialien erzeugen weitere Fragen: „Warum schwimmt ein Eisberg?“ oder „Warum schwimmt Öl auf der Pfütze?“ oder „Warum schwimmen manche Nudeln erst, wenn sie gar sind?“.

Studierende in Seminaren der Hochschullernwerkstatt GOFEX experimentieren dabei ähnlich wie Kinder in einer Lernwerkstatt und verstehen dabei (Hochschul-)Lernwerkstätten als Orte, die „zu Fragen auffordern, eine anregende, herausfordernde Lernumgebung bieten“ (Skalla 2013: 164).

8 Fazit und Ausblick

Anhand der verschiedenen Zugänge zum Experimentieren, u. a. mittels Schulbuchaufgaben bzw. entsprechender (kommerzieller) didaktischer Materialien wurde deutlich, dass es bei den meisten Aufgaben, die im (Sach-)Unterricht eingesetzt werden, um das Verhalten von verschiedenen Vollkörpern in Leitungswasser geht: steigen oder sinken bzw. schwimmen oder untergehen/untergegangen sein (vgl. auch Peschel, Neuböck-Hubinger et al. 2021). Dabei werden Variationen

21 Transparente Film Dosen werden eingesetzt, damit der Füllstand von außen beobachtet und ggf. verglichen werden kann.

22 Die Film Dosen könnten auch mit einer (anderen) Flüssigkeit gefüllt werden und damit Flüssigkeitswechselwirkungen initiiert werden – z. B. Öl auf dem Wasser.

23 Auch das Wiegen des Inhalts, der „leeren“ Film Dose und/oder des Gesamtkörpers ist möglich.

(z. B. der Prüfflüssigkeit: Süß- zu Salzwasser *oder* des Testkörpers: Hohl- anstatt Vollkörper etc.) u. E. vernachlässigt, was differenzierte Beobachtungen, Konzeptaufbau und Konzepttransfers erst ermöglichen würde. So lassen Veränderungen der Flüssigkeit wichtige und interessante Beobachtungen zu, die das Konzeptverständnis (hier Dichtewechselwirkungen) stabilisieren können. Ein Konzepttransfer findet aber erst statt, wenn man auch die Testumgebung modifiziert und sowohl die Testkörper als auch die Prüfflüssigkeit (bzw. Fluid) einbezieht und Wechselwirkungen (bspw. zwischen Öl und Wasser oder Eis in Wasser) beobachtet. Das rekursive Prüfen der entwickelten Konzepte bzgl. der mittleren Dichte kann dann auch z. B. in die Luftwelt (Heliumballon, Heißluftballon) transferiert werden.

Um diese Konzeptbildung individuell und subjektiv bedeutsam zu ermöglichen, wird in Lernwerkstätten die Sachauseinandersetzung zwischen Kind und Sache durch Phänomene initiiert, die beobachtet und eigenständig verändert werden. Durch geöffnete Aufgabenformate und ein offenes Materialangebot können die Lernenden, Kinder wie Studierende, dabei individuellen Fragen nachgehen, die oft erst in Experimentier- und Beobachtungsprozessen entstehen (vgl. Kihm et al. 2019) und in Austausch- und Reflexionsphasen gesammelt, besprochen, ausdifferenziert und weitergeführt bzw. an weitergehende Experimentier- und Beobachtungsprozesse „zurückgegeben“ werden (vgl. auch Peschel 2009b).

Lernwerkstattarbeit im GOFEX orientiert sich dabei am (Offenen) Experimentieren der Kinder und fokussiert Beobachtungen an Phänomenen. Dabei haben Aufgaben in der Lernwerkstatt – im Gegensatz zu Schulbuchaufgaben – *nicht* das zentrale Ziel, zu erklären (z. B. „Wasser hat Kraft“), sondern sie geben den Lernenden Möglichkeiten, (1.) eigene Beobachtungen zu machen, diese (2.) zu verbalisieren und (3.) – gemeinsam mit anderen – zu reflektieren. Über (4.) Wiederholungen und Variationen (Sondieren der Bedingungen; s. Tab. 1) entwickeln (5.) die Lernenden Konzepte hinter den Phänomenen (z. B. „Metall geht *meistens* unter, es kommt aber auch auf die Form an“), die sie (6.) zunehmend ausdifferenzieren, systematisieren, verallgemeinern und (7.) auf andere Situationen und Phänomene anwenden bzw. transferieren können.

Wenn es demnach – wie in (Hochschul-)Lernwerkstätten – nicht mehr um (vor-) schnelle Erklärungen geht, sondern um das individuelle und gemeinsame Beobachten, die (Weiter-)Entwicklung (zunächst) vorläufiger Konzepte im Sinne einer Scientific Literacy (vgl. Wedekind 2012), entsteht nachhaltiges und transferorientiertes Verständnis von naturwissenschaftlichen Phänomenen – es geschieht naturwissenschaftliches Lernen.

Literatur

- Andersen, Katja; Peschel, Markus & Neuböck-Hubinger, Brigitte (2021): LiST: Bildsprache als Ausgangspunkt von Sprach- und Facharbeit im Sachunterricht – empirische Ergebnisse zu Darstellungs- und Sprachebenen in Schulbüchern. In: Franz U., Giest H., Haltenberger M., Hartinger A., Kantreiter J. & Michalik K. (Hrsg.) (2021): *Sache und Sprache*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 170-178.
- Brandtner, Miriam & Hertel, Silke (2018): Naturwissenschaftlich interessierte Äußerungen 4- bis 6-jähriger Kinder. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (2018) 24, 265-277.
- Brée, Stefan; Schomaker, Claudia; Krankenhagen, Julia & Mohr, Katrin (2015): *Gemeinsam von und mit den Dingen lernen*, nifbe Themenheft Nr. 27.
- Brinkmann, Vera (2019): *Fragen stellen an die Welt. Eine Untersuchung zur Kompetenzentwicklung in einem an den Schülerfragen orientierten Sachunterricht*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Deichmüller, Ilka; Drechsler, Beate; Eberhard, Kathrin; Nitsche, Edith; Noerdlinger, Dorothe; Papstein, Gisela & Wiederstein, Claudia (2014): *Bausteine Arbeitsbuch Sachunterricht 2*. Braunschweig: Diesterweg.
- Endisch, J. & Semmelmann, V. (2022): *Wer nicht ins Wasser geht, kann auch nicht schwimmen lernen*. *Grundschule aktuell* 160, November 2022.
- Ferratusco, Bettina; Hell, Simone; Menzel, Dirk; Contreras, Amaya Santos & Schäffner, Carola (2012): *Frida & Co. Sachunterricht 1/2/ Ausgabe A*. München: Oldenbourg.
- Fischer, Hans-Joachim (2010): Die Voraussetzungen bei den Schülerinnen und Schülern. In: Tänzer S. & Lauterbach R. (Hrsg.) (2010): *Sachunterricht begründet planen. Bedingungen, Entscheidungen, Modelle*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 52-63.
- Fischer, Marie & Peschel, Markus (2023): *Dichtephänomene in der Hochschullernwerkstatt. Tagungsband zur 15. Internationalen Fachtagung der Hochschullernwerkstätten. i. V.*
- Fuhrmann, Laura (2020): *Pizza und Liebe im Unterricht - Die Konstruktion von Wissen über lebensweltbezogene Aufgaben*. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung* 9, H. 9, 38-51.
- Furtner, Matthias (2016): *Kinderaussagen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen. Eine Untersuchung historischer und aktueller Befunde im Kontext des Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hagstedt, Herbert & Spreckelsen, Kay (1986): *Wie Kinder physikalischen Phänomenen begegnen. Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, 14 (1986), 318-323.
- Höttecke, Dietmar & Rieß, Falk (2015): *Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentierbegriff der Fachdidaktik*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21 (2015), 127-139.
- Janke, Bettina (1995): *Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe?* *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, Band XXVII, Heft 2, 122-138.
- Jonen, Angela; Möller, Kornelia & Hardy, Ilonca (2003): *Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule*. In: Cech D. & Schwier H.-J. (Hrsg.) (2003): *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 93-108.
- Kelkel, Mareike & Peschel, Markus (2018): *Fachlichkeit in Lernwerkstätten*. In: Peschel M. & Kelkel M. (Hrsg.) (2018): *Fachlichkeit in Lernwerkstätten – Kind und Sache in Lernwerkstätten (Lernen und Studieren in Lernwerkstätten)*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 15-34.
- Kiel, Ewald (2019). *Aufgabenkultur in der (Grund-)Schule*. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 12(1), 117-133.
- Kihm, Pascal & Peschel, Markus (2017): *Interaktion und Kommunikation beim Experimentieren von Kindern*. In: Peschel M. & Carle U. (Hrsg.): *Forschung für die Praxis. Beiträge zur Reform der Grundschule*. Band 143. Frankfurt: Grundschulverband, 68-80.

- Kihm, Pascal & Peschel, Markus (2019): Naturwissenschaftliche Phänomene im Grundschullabor für Offenes Experimentieren (GOFEX) entdecken. Zeitschrift „Erziehung und Wissenschaft im Saarland“ des Landesverbandes der GEW im DGB, 02/2019, 65. Jahrgang, 14-15.
- Kihm, Pascal & Peschel, Markus (2020): Lehr-Lern-Handeln an außerschulischen Lernorten (AL) – am Beispiel des Grundschullabors für Offenes Experimentieren (GOFEX). In: Beyer L., Gorr C., Kather C., Komorek M., Röben P. & Selle S. (Hrsg.) (2020): Orte und Prozesse außerschulischen Lernens erforschen und weiterentwickeln. Tagungsband zur 6. Tagung Außerschulische Lernorte an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg vom 29.-31. August 2018. Münster: LIT Verlag, 111-119.
- Kihm, Pascal & Peschel, Markus (2021): Aufgaben und Kulturen des Lernens. „Gute Aufgaben“ als (Ver-)Mittler einer Lehr-Lern-Kultur. In Peschel M. (Hrsg.) (2021): Didaktik der Lernkulturen. Frankfurt a. M.: Grundschulverband e. V., 79-103.
- Kihm, Pascal; Peschel, Markus & Diener, Jenny (2019): Kinderfragen in der Lernwerkstatt. In: Baar R.; Feindt A. & Trostmann S. (Hrsg.) (2019): Struktur und Handlung in Lernwerkstätten: Hochschuldidaktische Räume zwischen Einschränkung und Ermöglichung (Lernen und Studieren in Lernwerkstätten). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 109-120.
- Köhnlein, Walter (2012): Sachunterricht und Bildung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Köhnlein, Walter (2006): Thesen und Beispiele zum Bildungswert des Sachunterrichts. In: Cech D. & Schwier H.-J. (Hrsg.) (2006): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 17-38.
- Lippitz, Wilfried (1989): Phänomene des Kinderlebens: Beispiele und methodische Probleme einer pädagogischen Phänomenologie. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Maier, Uwe; Kleinknecht, Marc; Metz, Kerstin & Bohl, Thorsten (2010): Ein allgemeindidaktisches Kategoriensystem zur Analyse des kognitiven Potenzials von Aufgaben. Beiträge zur Lehrerbildung 28 (2010) 1, 84-96.
- Möller, Kornelia & Wyssen, Hans-Peter (2017): MINTeinander lernen. Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 2: Primarbereich Ergänzungs-Handbuch. Braunschweig: Westermann.
- Murmann, Lydia (2009): Motive und Bereitschaften von GrundschülerInnen Phänomene zu erschließen. In: Höttecke D. (Hrsg.) (2009): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehrerbildung. Berlin: LIT Verlag, 220-222.
- Murmann, Lydia & Krumbacher, Christina (2007): Mit Kindern experimentieren. In: Höttecke D. (Hrsg.) (2007): Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Münster: LIT Verlag, 292-294.
- Neuböck-Hubinger, Brigitte; Peschel, Markus & Andersen, Katja (2021): Das Unterrichtsthema „Dinge im Wasser“ in österreichischen Schulbüchern des Sachunterrichts – empirische Ergebnisse. GDSU Journal, Juli 2023, Bd. 12, 17-118.
- Peschel, Markus, Neuböck-Hubinger, Brigitte & Andersen, Katja (2021): Schwimmen oder treiben – sinken oder untergehen. Die fachliche und semantische Bedeutung von Sprache im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht. In: Franz U., Giest H., Haltenberger M., Hartinger A., Kantreiter J. & Michalik K. (Hrsg.) (2021): Sache und Sprache. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 63-71.
- Peschel, Markus (2014): Vom instruierten zum Freien Forschen – Selbstbestimmungskonzepte im GOFEX. In: Hildebrandt, E., Peschel, M. & Weißhaupt, M. (Hrsg.) (2014): Lernen zwischen freiem und instruiertem Tätigsein. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 67-79
- Peschel, Markus (2016): Offenes Experimentieren – Individuelles Lernen: Aufgaben in Lernwerkstätten. In: Hahn H.; Esslinger-Hinz I. & Panagiotopoulou A. (Hrsg.) (2016): Paradigmen und Paradigmenwechsel in der Grundschulpädagogik. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 120-131.
- Peschel, Markus & Carell, Stefanie (2010): Grundschullabor für Offenes Experimentieren. Das Materialkonzept. In: Höttecke D. (Hrsg.) (2010): Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Berlin: LIT Verlag, 461-463.

- Peschel, Markus (2009a): Der Begriff der Offenheit beim Offenen Experimentieren. In: Höttecke D. (Hrsg.) (2009): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Berlin: LIT Verlag, 268–270.
- Peschel, Markus (2009b): Alleine geht es gut, zusammen manchmal besser! – Kooperationen im Sachunterricht beim Experimentieren. *Sache-Wort-Zahl (SWZ)*, 37. Jg., Heft 101, 23-27.
- Peschel, Markus; Wedekind, Hartmut; Kihm, Pascal & Kelkel, Mareike (2021): Hochschullernwerkstätten und Lernwerkstätten – Verortung in didaktischen Diskursen. In: Holub B.; Himpf-Gutermann K.; Mittlböck K.; Musilek-Hofer M.; Varelija-Gerber A. & Grünberger N. (Hrsg.) (2021): *lern.medien.werk.statt*. Hochschullernwerkstätten in der Digitalität. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 40-53.
- Peschel, Markus; Fischer, Marie; Kihm, Pascal & Liebig, Mark (2021): Fragen der Kinder – Fragen der Schule – Fragen an die Sache. Die Kinder-Sachen-Welten-Frage (KSW-Frage) als Element einer neuen Lernkultur im Sinne der didaktischen Inszenierung eines vielperspektivischen Sachunterrichts. In: Peschel M. (Hrsg.) (2021): *Didaktik der Lernkulturen*. Frankfurt a. M.: Grundschulverband, 231-250.
- Plappert, Dieter (2012): „Alles klar! Der Sauerstoff verschwindet, das Wasser steigt!“ – Irrwege und Wege der naturwissenschaftlichen Bildung vom Kindergarten- bis ins Erwachsenenalter. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 61 (2012) 4, 40-49.
- Rauterberg, Marcus & Scholz, Gerald (2021): Welterschließung als (zentrales) „Fach“ der Grundschule. In: Peschel M. (Hrsg.) (2021): *Didaktik der Lernkulturen*. Frankfurt a.M.: Grundschulverband e.V., 216-230.
- Ritz-Fröhlich, Gertrud (1992): *Kinderfragen im Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Rösch, Simon; Stübi, Claudia & Labudde, Peter (2017): *MINTeinander lernen*. Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich. Braunschweig: Westermann.
- Schmude, Corinna & Wedekind, Hartmut (2014): Lernwerkstätten an Hochschulen – Orte einer inklusiven Pädagogik. In: Hildebrandt E.; Peschel M. & Weißhaupt M. (Hrsg.) (2014): *Lernen zwischen freiem und instruierten Tätigsein*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 103-122.
- Schmude, Corinna & Wedekind, Hartmut (2018): Von der Sache aus denken und pädagogisch handeln. In: Peschel M. & Kelkel M. (Hrsg.) (2018): *Fachlichkeit in Lernwerkstätten*. Kind und Sache in Lernwerkstätten. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 35-50.
- Skalla, Sabine (2013): Fachdidaktische Zugänge zu Kita-Bildungsbereichen. In: Neuß N. (Hrsg.) (2013): *Grundwissen Didaktik für Krippe und Kindergarten*. Berlin: Cornelsen Schulverlage, 163-166.
- Stenger, Ursula (2010): Zur Didaktik der Reggiopädagogik. In: Kasüschke D. (Hrsg.) (2010): *Didaktik in der Pädagogik der frühen Kindheit*. Kronach: Carl Link, 114-143.
- Stieve, Claus (2008): *Von den Dingen lernen*. Die Gegenstände unserer Kindheit. München: Wilhelm Fink.
- VeLW (Verbund europäischer Lernwerkstätten e.V.) (2009): *Positionspapier des Verbundes europäischer Lernwerkstätten (VeLW) e.V. zu Qualitätsmerkmalen von Lernwerkstätten und Lernwerkstattarbeit*. Bad Urach: VeLW.
- Wagenschein, Martin (1989): *Erinnerungen für morgen*. Eine pädagogische Autobiographie. Weinheim: Beltz.
- Wagenschein, Martin (1971): *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.
- Wedekind, Hartmut (2012): Einführung: Naturwissenschaftlich-technische Bildung im Elementarbereich – der Versuch eines Überblicks. In: Fröhlich-Gildhoff K., Nentwig-Gesemann I. & Wedekind H. (Hrsg.) (2012): *Forschung in der Frühpädagogik V*. Schwerpunkt: Naturwissenschaftliche Bildung – Begegnungen mit Dingen und Phänomenen. Freiburg: Verlag FEL, 13-33.
- Wedekind, Hartmut; Kihm, Pascal & Peschel, Markus (2021): *Lernwerkstattarbeit und Lernkulturen*. Herausforderungen und Chancen einer Veränderung der Lernkultur durch Hochschullernwerkstätten. In: Peschel M. (Hrsg.): *Didaktik der Lernkulturen*. Frankfurt a. M.: Grundschulverband e. V., 104-12.

- Wedekind, Hartmut & Schmude, Corinna (2020): Von der Idee zum strukturell verankerten hochschuldidaktischen Prinzip. Lernwerkstätten und Lernwerkstattarbeit im Studiengang „Erziehung und Bildung in der Kindheit“ an der Alice Salomon Hochschule Berlin. In: Kramer K., Rumpf D., Schöps, M. & Winter, S. (Hrsg.) (2020): Hochschullernwerkstätten – Elemente von Hochschulentwicklung? Ein Rückblick auf 15 Jahre Hochschullernwerkstatt in Halle und andernorts. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 68-81.
- Wodzinski, Rita (2006): Schwimmen und Sinken – Ein anspruchsvolles Thema mit vielen Möglichkeiten. In: Lück G. & Köster H. (Hrsg.) (2006): Physik und Chemie im Sachunterricht. Braunschweig: Westermann, 75-94.