

*Florian Bürger, Julia Peitz, Nadine Baston, Marius Haring, Johannes Lhotzky, William Lindlahr und Klaus Wendt*

## Schülerinnen und Schüler arbeiten unter sich

Interaktionsmuster und die Rolle des Vorwissens an Schülerexperimentierstationen im Unterrichtsfach Physik

**Zusammenfassung.** Schülerexperimente stellen insbesondere im Physikunterricht ein didaktisches Mittel dar, um Schülerinnen und Schüler zu aktivieren, sich selbstgesteuert mit physikbezogenen Inhalten auseinanderzusetzen. Dabei wird in aller Regel auf kooperative Lernsettings gesetzt, in denen Schülerinnen und Schüler gemeinschaftlich nach Lösungen suchen. Entsprechend wird der Lernprozess maßgeblich von der Zusammensetzung der Gruppe und der in ihr stattfindenden Interaktionen bestimmt. Hier setzt der Beitrag an, der Befunde einer empirischen Videostudie diskutiert, die das Ziel verfolgt, mit Hilfe niedrig- und hoch-inferenter Verfahren die Interaktionen von insgesamt 14 Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe mehrerer Schulen aus der Rhein-Main-Region in verschiedenen Gruppenkonstellationen während selbstregulierter Experimentierphasen systematisch zu erfassen und mögliche (Rollen-)Muster zu erarbeiten. Darüber hinaus wird untersucht, inwiefern Schülerinnen und Schüler im Erarbeitungsprozess auf das eigene fachliche Vorwissen zurückgreifen, um die an die Gruppe herangetragene Aufgabe adäquat zu lösen. Die Ergebnisse liefern wichtige Hinweise für unterrichtliche Konsequenzen im Fach Physik.

**Schlüsselwörter.** Schülerexperimente, selbstregulierende Lernsettings, Interaktion in Schülergruppen, Bedeutung des Vorwissens, Videoanalyse

## Students working among themselves

Patterns of interaction and the role of prior knowledge at student experiment stations in the subject of Physics

**Abstract.** Student experiments are a didactic tool, especially in physics education, to enable students/pupils to deal with physics-related content in a self-regulated way. It usually involves cooperative learning settings in which students/pupils work together to find solutions. The processes of learning are determined to a large extent by the composition of the group and the interactions that take place within it. This is where this article starts, which discusses the findings of an empirical video study that aims to systematically record the interactions of a total of 14 8th grade students/pupils from several schools in the Rhine-Main region in various group constellations during self-regulated experimentation phases with the help of low-inference and high-inference ratings and to work out possible (role-)patterns. In addition, it will be analysed to what extent students draw on their own prior subject-specific knowledge during the development process in order to find an adequate solution to the task. The results provide important indications for teaching consequences in the subject of physics.

**Keywords.** Student experiments, self-regulating learning settings, interaction in student groups, importance of prior knowledge, video analysis

## 1 Einleitung

Unterricht in einer klassischen fragend-entwickelnden Gesprächsform sei langweilig – so lautet ein zentrales Urteil von Schülerinnen und Schülern (vgl. Götz, Frenzel, Haag 2006). Lernende wünschen sich vielmehr, eigenaktiv im Unterrichtsgeschehen einbezogen zu sein (vgl. Brüning, Saum 2015). Dennoch stellen lehrerzentrierte Unterrichtsformen die bei weitem vorherrschenden Interaktionsmuster im gymnasialen Unterricht dar (vgl. Baumert, Köller 2000; Prenzel et al. 2002; Tesch, Duit 2004, S. 51). Diese Praxis ist insofern überraschend, berücksichtigt man entsprechende Forschungsbefunde, die aufzeigen, dass lehrer gelenkte Unterrichtsgespräche sowohl im Mathematik- als auch Physikunterricht keine positiven Effekte auf die Leistungsentwicklung oder die motivationale Einstellung von Schülerinnen und Schülern in diesen Fächern ausüben (vgl. Halder, Reinthoffer 2012, S. 321).

Speziell im Physikunterricht bieten Lernangebote eine Alternative zu klassischen Unterrichtsformaten, die auf das Schülerexperiment setzen. Dies ermöglicht den Lernenden sich eigenaktiv und selbstgesteuert mit physikbezogenen Inhalten auseinanderzusetzen und konkrete Lernprodukte im Experiment zu erarbeiten. Schülerexperimente können dabei in selbstregulierte und damit offene Lernarrangements eingebettet werden, womit sie zur eigenständigen Förderung fachwissenschaftlicher Fähigkeiten und Kompetenzen dienen. Darüber hinaus können sie gezielt als kooperative Lernmethoden mit starker sozialer Prägung im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden (vgl. Jurkowski, Möbus 2014). Dies fördert neben kognitiven Fähigkeiten, wie dem Generieren von Hypothesen, auch strategische Kompetenzen zur systematischen Planung und Organisation der Durchführung von Experimenten sowie zwischenmenschliche Kompetenzen (vgl. Klahr, Dunbar 1988, S. 133). Hier setzt der vorliegende Beitrag an und untersucht auf der Basis einer theoretischen Einordnung selbstregulierter Lernprozesse in kooperativen Lernsettings, spezifisch die Interaktionsmuster von Schülergruppen. Anhand videographierter Schülerexperimentierphasen im Physikunterricht, stehen die Selbstorganisationsprozesse und Interaktionen der Arbeitsgruppen im Mittelpunkt sowie die Frage nach der Rolle des Vorwissens im Erarbeitungsprozess.

## **2 Theoretische Ausgangslage: Selbstregulierte Lernprozesse in kooperativen Lernsettings**

Aufbauend auf dem Drei-Schichten-Modell von Boekaerts (vgl. Boekarts 1999; Boekaerts, Pintrich, Zeidner 2000) kann das Konzept des selbstregulierten Lernens nach Baumert (vgl. Baumert 1999; Baumert et. al. 2000) als Zusammenspiel von kognitiver und metakognitiver sowie motivationaler Dimensionen des Lernprozesses verstanden werden, wozu zusätzlich soziale Voraussetzungen gegeben sein müssen (vgl. Artelt, Demmrich, Baumert 2001). Die innerste Schicht der kognitiven Regulation beschreibt hierbei das bereichsspezifische (Vor-)Wissen, das neben deklarativem Faktenwissen auch kognitive Lernstrategien und Verfahren zum kognitiven Memorieren und zur Tiefenverarbeitung umfasst. Sie basiert auf der mittleren Schicht, die als zweite Ebene die metakognitive Regulation des Lernprozesses über den Gebrauch des Wissens zur Steuerung des Lernprozesses umfasst. Die äußerste Schicht wird von Baumert et. al. als „Regulation des Selbst“ (2000, S. 5) definiert. Sie beschreibt (intrinsisch-)motivationale Präferenzen und schließt neben der motivationalen Orientierung und volitionalen Merkmalen der Handlungssteuerung auch den situativen Motivationszustand ein (vgl. ebd.). Als Maß für die allgemeine Selbstregulation im Lernprozess bieten die Aus-

prägungen der kognitiven sowie metakognitiven Regulation (vgl. Boekarts 1999) eine geeignete Grundlage.

Um bei den Lernenden ein hohes Maß an Selbstregulation, insbesondere in der innersten Schicht, dem kognitiven Bereich, zu erzielen, werden die bereitgestellten Lernangebote so gestaltet, dass diese zu einer eigenständigen und individuellen Auseinandersetzung mit den unterrichtlichen Inhalten anregen. Hierbei soll gezielt das Aufstellen von Hypothesen sowie das Entwickeln und Auswählen eigenständiger Handlungsstrategien beziehungsweise Lösungsansätze angeregt werden. Grundlegend hierfür ist die Annahme, dass sich „erfolgreiches Lernen“ (vgl. Götz, Nett 2017, S. 63; Nett, Götz 2019) durch eine Zunahme eigenständiger Handlungskompetenz und -bereitschaft der Lernenden äußert.

Im Rahmen kooperativer Lernmethoden wird die Lenkung durch die Lehrperson minimiert und der Erwerb von Wissen erfolgt vor allem durch die Interaktion der Peers untereinander (vgl. Mandl 2010, S. 21) sowie im Zusammenspiel mit dem Material, das in der Lernumgebung zur Verfügung gestellt wird. Kooperatives Lernen beschreibt dabei speziell die auf der Sichtstruktur des Unterrichts interaktiv angelegten Lern- und Erarbeitungsformen und spiegelt sich daher ebenfalls in der Sozialform wider (vgl. Hasselhorn, Gold 2006). Lernwirksam in fachlicher Hinsicht wird Kooperation durch die Aufdeckung sowie Inanspruchnahme oder Korrektur individueller Präkonzepte und der dahinterliegenden komplexen Netze von (Fach-)Wissen und Überzeugungen (vgl. Kleist 1986, S. 453–455). Diese Prozesse werden durch eine Diskussion über den Lerninhalt ermöglicht, in der durch das Suchen und Finden sprachlich adäquaten Vokabulars die Vervollständigung eines Gedankens im Mittelpunkt steht. Kooperative Lernmethoden tragen daher a priori dazu bei, dass Schülerinnen und Schüler zu einer kognitiven Auseinandersetzung mit den Lerninhalten angeregt und zugleich zu der kommunikativen Übersetzung ihrer individuellen Denkprozesse animiert werden. Diese können sie dabei beständig durch eine gegenseitige diskursive Betrachtung weiterentwickeln oder auch revidieren.

### **3 Spezifische Anforderungen in experiment-zentrierten Settings**

Auf struktureller Ebene kann zwischen statischen – damit üblicherweise klassisch lehrerzentrierten – Lernumgebungen sowie dynamischen – eher schülerbezogenen, kooperativen und aktivierenden – Settings unterschieden werden. Dabei sind die Lernenden im Umgang mit Lerninhalten im Allgemeinen deutlich häufiger den statischen Arrangements ausgesetzt und daher an diese gewöhnt. Dynamische und interaktive Settings erfordern eine hohe Bereitschaft der

Schülerinnen und Schüler zum selbstständigen Agieren sowie zu einer tiefgehenden Auseinandersetzung mit den Lerninhalten, um die angebotenen Inhalte und Informationen zu rezipieren (Wirth, Leutner 2006, S. 174). Aktives Experimentieren der Lernenden im experimentorientierten Physikunterricht geht dementsprechend im Lernertrag deutlich über denjenigen einer statischen Lernumgebung hinaus, da etwa die notwendigen Lösungs- und Experimentierstrategien erst festgelegt und erarbeitet werden müssen. Dabei wird die Bearbeitungszeit, in der die Schülerinnen und Schüler im Team zusammenarbeiten, durch Prozesse des kooperativen Lernens bestimmt. Die Lernenden stehen damit vor einer zweifach gestuften Aufgabe: Sie müssen im dynamischen Lernsetting die notwendigen Informationen und Ansätze entdecken und ausarbeiten sowie diese nachfolgend für den zweiten Schritt des eigentlichen Experimentierens greifbar und verfügbar machen, wozu sie die Lerninhalte verinnerlichen und durchdringen müssen. Dazu eingesetzte interaktive Lernsettings sollten dabei jeweils so aufgebaut sein, dass die Schülerinnen und Schüler mithilfe ihres Vorwissens erfolgreich Lösungsstrategien entwickeln können. Hierbei agieren die Lernenden im Problemlöseprozess (vgl. Klahr 2000) innerhalb von zwei Repräsentationsräumen, nämlich dem Hypothesenraum und dem Experimentierraum. Die Hypothesen werden auf der Basis des Vorwissens formuliert (vgl. Klahr, Dunbar 1988), um das Experiment erfolgversprechend gestalten und bearbeiten zu können. Um hypothesengesteuert zu lernen, ist es also wichtig, eine Lernumgebung dergestalt zu konzipieren, dass die Schülerinnen und Schüler in diesen beiden „Räumen“ erfolgreich agieren und zugleich zielgerichtet miteinander kommunizieren können. Die konkrete Ausgestaltung der jeweiligen Gruppenarbeitsprozesse hängt damit also stark von den interaktionalen Kompetenzen der Mitglieder selbst ab und nach Klahr und Dunbar (vgl. 1988) beeinflusst damit das individuelle Vorwissen aller Gruppenmitglieder das Vorgehen beim Experimentieren entscheidend.

In der Praxis zeigen sich in der Umsetzung und Dynamik von Gruppenarbeiten unterschiedliche Interaktionskonstellationen (vgl. Naujok 2000). Diese lassen sich in unterschiedlichen Formierungen erkennen, etwa im *Nebeneinanderher-Arbeiten*, wobei nur marginale Abstimmungs- und Austauschprozesse stattfinden, im *gegenseitigen Helfen*, wobei Leistungsasymmetrien zwischen den Mitgliedern ersichtlich sind, aber im Allgemeinen zumindest teilweise aufgehoben werden, und im *echten Kooperieren* münden können, wobei die Mitglieder in ständiger fachlicher Diskussion, den Gegenstand gemeinschaftlich erarbeiten (ebd.). In allen Formen und auch speziell in der letztgenannten *Kooperations-Gemeinschaft* übernehmen die Mitglieder unterschiedliche Rollen. O'Donnell, Dansereau und Rocklin (1991) identifizieren hier zwei Individualrollen in Gruppen, welche die Teilnehmenden einnehmen können und die in der vorliegenden Untersuchung gezielt beleuchtet werden sollen: den *Performer (Ausführender)*

als aktive und durchführende Person und den punktuell Rückmeldungen erteilenden *Listener* (*Zuhörender*).

#### 4 Konzeption von Schülerexperimentierstationen im Lehr-Lern-Labor Physik

Aufbauend auf den dargestellten Grundlagen verfolgt die Lehramtsausbildung in der Physik an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz das Ziel, angehende Lehrkräfte zur sowohl didaktisch als auch pädagogisch adäquaten Vor- und Aufbereitung von selbstregulierten Lernprozessen in Form von schülerorientierten Experimentierumgebungen anzuleiten. Eingebettet ist dieser spezielle Ansatz in die Lehrveranstaltung „Lehr-Lern-Labor Physik“ im Bachelor of Education-Studiengang, in dem er eine breite Palette unterschiedlicher fachlicher Inhalte abdecken kann. Die Veranstaltung widmet sich speziell dem Erstellen experimentzentrierter, (leistungs-)differenzierter Anleitungsmaterialien, mit deren Hilfe Schülerinnen und Schüler innerhalb einer begrenzten Zeit von circa 20 Minuten im Rahmen einer Unterrichtsminiatur eigenständig agieren, Hypothesen generieren, diese erproben sowie experimentelle Erkenntnisse gewinnen können. Diese Ansätze sollen für den späteren Schuleinsatz eingeübt, verfestigt sowie in Folgeveranstaltungen ausgebaut und zielgerichtet vertieft werden. Innerhalb der universitären Lehrveranstaltung besteht explizit die Aufgabe, kooperatives Lernen in Kleingruppen von zwei bis drei Schülerinnen und Schülern durch eine entsprechende Konzeption von differenzierten und kognitiv aktivierenden Materialien zu fördern. Dies soll zu einer tiefgehenden Auseinandersetzung mit den physikalischen Inhalten und Hintergründen unter Einsatz der vorhandenen Wissensbestände anregen.

Zur wissenschaftlichen Begleitung und Evaluation dieses Ansatzes sind ausgewählte Videographien grundlegend, die im Rahmen des Lehr-Lern-Labors Physik im Jahr 2017 bei der Durchführung der Schülerexperimente von Schülerinnen und Schülern einer achten Jahrgangsstufe verschiedener Schulen aus der Rhein-Main-Region aufgenommen werden konnten. Insgesamt wurden drei Experimentierstationen mit unterschiedlichen fachlichen Schwerpunkten an drei Tagen mit jeweils drei Schülergruppen aufgezeichnet. Auf der Basis des videographierten Materials beziehen sich die nachfolgend diskutierten Ergebnisse auf die Aktivitäten von sechs Schülergruppen an der Station „Goldene Regel der Mechanik“. Insgesamt wurden 14 Schülerinnen und Schüler, davon sechs Mädchen und acht Jungen, in vier Zweier- und zwei Dreiergruppen aus drei gleichzeitig aufgezeichneten Perspektiven aufgenommen und ihre Aktivitäten analysiert.

Der zentrale Gegenstand der videographierten Schülerexperimente ist die selbstständige Herleitung der zentralen Maxime der Mechanik „Was man an Kraft spart, muss man an Weg zulegen“, wie sie in gängigen Unterrichtsmaterialien formuliert wird. Dabei zeichnet sich die zugehörige Experimentierstation durch die Ausgestaltung der Lernmaterialien in Form von speziell kognitiv aktivierend formulierten Aufgabestellungen aus. Konkret besteht das Unterrichtsmaterial aus physikalischen Lernvideosequenzen, einem entsprechend ausgerichteten Arbeitsblatt sowie der Bereitstellung dazu passend ausgestalteter Experimentiermaterialien. Das eigentliche Experiment zu der Lernumgebung „Goldene Regel der Mechanik“ beinhaltet den Aufbau und die Analyse der Funktion eines einfachen Flaschenzugs mit einer festen und einer losen Rolle. Sowohl die Erarbeitung als auch die Organisation des Arbeitsprozesses innerhalb der Gruppen erfolgen selbstreguliert und werden nicht durch intendierte Interventionen der angehenden Lehrkräfte als betreuende Personen gelenkt. Insgesamt ist die Lernumgebung so konzipiert, dass sie komplett selbstgesteuert von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet werden kann.

## 5 Untersuchungsziel und -methode

Die vorliegende empirische Untersuchung verfolgt das Ziel, anhand der Analyse der videographierten Experimentiereinheiten die Interaktionskonstellationen in kooperativen Lernumgebungen und bei selbstgesteuerten Lernprozessen, die auf dem gezielten Einsatz des Vorwissens aufbauen, näher zu betrachten. Die Studie basiert auf den folgenden beiden Forschungsfragen:

1. Lassen sich spezifische Muster von Gruppeninteraktionen während selbstregulierter Experimentierphasen bei unterschiedlichen Schülergruppen erkennen?
2. Inwieweit beziehen die verschiedenen Schülergruppen ihr Vorwissen in die Erarbeitungsschritte mit ein, sodass eine kognitive Aktivierung festzustellen ist?

### 5.1 Analyseinstrumente

Die gruppeneigenen Organisationsstrukturen werden sowohl mithilfe eines induktiv-deduktiven Vorgehens als auch auf der Grundlage eines niedrig-inferenten Kategoriensystems erfasst. Anhand dessen wird mittels des Time-Sampling-Verfahrens in Form von Zeitintervallen von zehn Sekunden die Basiskodierung vorgenommen. Kodiert werden hierbei in einem ersten Schritt die jeweiligen

Experimentierphasen anhand der Kategorien *Vorbereitung*, *Durchführung*, *Nachbereitung* sowie *Nicht-beobachtbar* beziehungsweise *Keine*.

Ferner werden die Interaktionen innerhalb der verschiedenen Gruppen während des Erarbeitungsprozesses erfasst, um spezifische Interaktionsmuster aufzudecken und zu untersuchen, inwieweit und auf welche Art und Weise alle Mitglieder an dem Experiment partizipieren. Hierbei erfolgt ebenfalls eine Kodierung der *Aktivitäten* und des *Redeanteils* der einzelnen Schülerinnen und Schüler, um individuelle Profile für die Mitglieder der Lerngruppe zu erstellen und diese im Hinblick auf ihre Individualrollen im Gruppenprozess zu analysieren (s. Abb. 1).

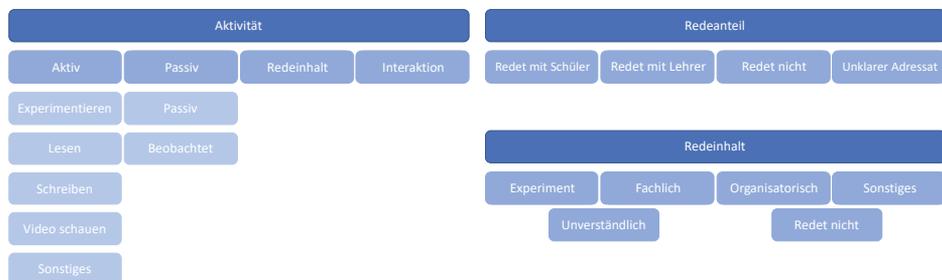


Abb. 1: Interaktionsprozesse innerhalb der Lerngruppen.

Anhand eines hoch-inferenten Ratingsystems wird abschließend die Rolle des Vorwissens innerhalb der gruppenspezifischen Phasen *Vorbereitung*, *Durchführung* und *Nachbereitung* analysiert, um näher zu untersuchen, an welcher Stelle Lernende auf vorhandene Wissensbestände zurückgreifen und inwieweit diese bei dem Generieren von Hypothesen und deren Überprüfung miteinbezogen werden. Die Rolle des Vorwissens zur Bearbeitung des Schülerexperiments wird mithilfe des Indikators *Die Schülerinnen und Schüler nehmen Bezug auf fachlich-methodische Inhalte während der Auseinandersetzung mit der Experimentierstation* erfasst, welcher sich auf fachliche und experimentbezogene Redebeiträge von Schülerinnen und Schülern bezieht. Darüber hinaus wird anhand ihres Verhaltens analysiert, inwiefern das Vorwissen bezüglich der Inhalte der Experimentierstation aus dem Physikunterricht aktiviert wird. Kodiert werden dabei spezifisch jene Aussagen, die direkt oder indirekt mit den physikalischen Inhalten und Konzepten der Experimentierstation in Verbindung stehen.

## 5.2 Methode des Videoanalyseverfahrens

Auf der Basis eines ausführlichen Kodiermanuals, das neben Definitionen und Abgrenzungen auch dezidierte Kodierregeln festlegt, wurden die aufgezeichneten Experimentiersequenzen sowohl aus der fachdidaktischen als auch der allgemeindidaktischen Perspektive von Fachdidaktikerinnen und -didaktikern der Physik sowie von Bildungswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern geratet. Zur Überprüfung der Reliabilität wurde der Intraklassenkoeffizient (ICC) als Maß für Intervallskalen des Zusammenhangs berechnet, der für den Indikator *Vorwissen* mit einem Wert von 0,86 auf eine mittlere Übereinstimmung verweist.

## 6 Ergebnisse

Im Kontext des niedrig-inferenten Videoratings steht zunächst die Strukturierung des Experimentiervorgangs der jeweiligen Schülergruppen im Vordergrund. Empirische Forschungsergebnisse beschreiben den Experimentiervorgang als einen komplexen und vielschrittigen Problemlöseprozess (vgl. Hamman 2007; Mayer 2007); dabei zeigt sich bei allen Schülergruppen innerhalb der untersuchten Kohorte dieselbe Abfolge von übergeordneten Handlungsschritten. Dies ist aufgrund von Vorerfahrungen im experimentorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht zu erwarten, da der Dreischritt aus *Vorbereitung*, *Durchführung* und *Nachbereitung* dem Aufbau eines klassischen Versuchsprotokolls und dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess folgt. Zur Verdeutlichung können die gruppenspezifischen Zeitinvestitionen in den drei Phasen dienen (s. Abb. 2).

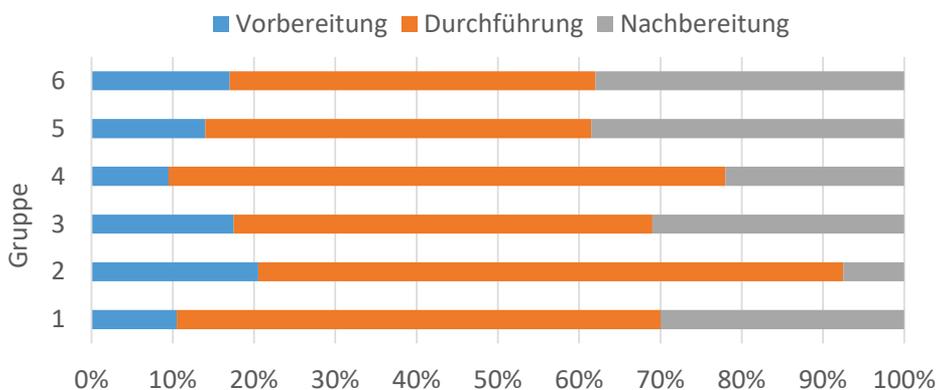


Abb. 2: Normierte Arbeitsanteile in den drei Phasen: Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung.

Besonders herauszustellen ist, dass die minimalen und maximalen Verweildauern innerhalb der einzelnen Phasen deutlich variieren. Exemplarisch sind die Zeitspannendifferenzen zwischen Gruppe 2 und Gruppe 4 hervorzuheben. Diese beiden Schülergruppen, mit jeweils zwei Gruppenmitgliedern, unterscheiden sich in ihren Bearbeitungszeiten in der Phase *Vorbereitung* um 10,0% der Gesamtbearbeitungszeit. Gruppe 2 investiert mit insgesamt 20,0% den doppelten Anteil ihrer Gesamtbearbeitungszeit in diese Kategorie, während die Gruppen 1 und 4 hier nur jeweils 10,0% einsetzen. Ähnlich deutlich wird die individuelle Zeitgestaltung, die als ein Maß der Selbstregulation angesehen werden kann, in der Phase der *Durchführung*. Der Unterschied zwischen Gruppe 2 und Gruppe 6, die innerhalb der insgesamt sechs untersuchten Gruppen die größte Differenz aufweisen, liegt bei 27,2%, also bei mehr als einem Viertel der Gesamtbearbeitungszeit. Durchschnittlich wurden 58,6% der zur Verfügung stehenden Zeit, bei einer Standardabweichung von 11,2%, auf die Durchführung verwendet. In der Dimension *Nachbereitung* unterscheiden sich exemplarisch Gruppe 4 und Gruppe 5 um 16,6%; insgesamt beträgt die Standardabweichung des Mittels über alle Gruppen hinweg 11,7%.

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gesamtbearbeitungszeiten zeigen die relativen Anteile der Experimentierphasen, dass erwartungsgemäß die Phase der *Durchführung* in allen Gruppen den deutlich höchsten Anteil umfasst. Auf die Phase der *Vorbereitung* entfallen im Mittel 15,0% und auf die *Nachbereitung* 31,9% der Gesamtbearbeitungszeit mit jeweiligen absoluten Standardabweichungen von 4,1% beziehungsweise 6,8% (s. Tab. 1). Die relativen Abweichungen in Bezug auf den Zeitanteil von 27,3% beziehungsweise 21,3% zeigen also eine hohe Selbstregulation in diesen Phasen. Auch in der Hauptphase der Durchführung liegt dieser Wert immerhin bei 18,9%. Diese gruppeninternen Ressourcenentscheidungen sind vermutlich vom gruppenbezogenen Leistungsniveau, dem Grad an Selbstregulation, insbesondere im Bereich der metakognitiven Strategien (vgl. Baumert 1999; Baumert et al. 2000), sowie von individuellen, aber in dieser Untersuchung nicht betrachteten, sozialen und emotionalen Aspekten abhängig. Sowohl die methodischen Kenntnisse als auch das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler innerhalb der jeweiligen Gruppen bestimmen

Tab. 1: Zeitliche Verteilung und Abweichung der drei Experimentierphasen.

	Vorbereitung	Durchführung	Nachbereitung
Mittel	15,0 %	58,6 %	31,9 %
Standardabweichung	4,1 %	11,1 %	6,8 %
Rel. Abweichung	27,3 %	18,9 %	21,3 %

die zeitliche Gestaltung des Experimentiervorgangs und die Einteilung in die drei Phasen.

Die Bewältigung des zentralen Lerngegenstandes am Experiment selbst, das hauptsächlich in der Phase der *Durchführung* behandelt wird, konnte im Rahmen der zeitlichen Vorgabe von circa 20 Minuten für die gesamte Station von allen Gruppen geleistet werden. Dies lässt sich daraus ableiten, dass alle Gruppen bis in die Phase der *Nachbereitung* gekommen sind. Die Schülerinnen und Schüler greifen also jeweils auf ähnliche Experimentiererfahrungen und methodische Kompetenzen zurück, die ihrer Jahrgangsstufe entsprechen. Gruppe 2 stellt in der Hinsicht eine Besonderheit dar, weil sich diese Schülergruppe im Vergleich zu den anderen fünf Gruppen überdurchschnittlich lange mit den Phasen *Vorbereitung* und *Durchführung* beschäftigt hat. Entsprechend führt dies bei dieser Gruppe zu einer zwangsweise verkürzten *Nachbereitungszeit*.

Neben der Betrachtung der Bearbeitungszeiten kann die Untersuchung der Zusammenarbeit als zentrales Charakteristikum des kooperativen und selbstregulierten Lernens eingesetzt werden, um Aufschlüsse über die Interaktionskonstellationen innerhalb des von den Schülergruppen bearbeiteten Experimentiervorgangs zu gewinnen. Die konkrete Ausgestaltung der jeweiligen Gruppenarbeit sowie der damit verbundene Wissenserwerb werden maßgeblich durch die Interaktion der Gruppenmitglieder untereinander beeinflusst (vgl. Mandl 2010). In Bezug auf die bereits in Kapitel 3 ausgeführten differenzierten Interaktionskonstellationen (*Nebeneinanderher-Arbeiten* mit marginalen Abstimmungs- und Austauschprozessen, *gegenseitiges Helfen* in einer von Leistungsasymmetrien geprägten Gruppe sowie *gemeinschaftliches Kooperieren* mit fachlichen Diskussionen) kommen während des selbstregulierten Experimentiervorgangs signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen – besonders im Vergleich der Zweier- und Dreiergruppen-Konstellationen – zum Tragen.

Im Mittelwert aller Gruppen ist der Anteil einer gleichzeitigen Beschäftigung der Gruppenmitglieder im Muster des *Nebeneinanderher-Arbeitens* mit 39,5% bei einer Standardabweichung von 10,6% über die Gesamtzeit um 8,1% höher als jener der *kooperativen Zusammenarbeit*. Die Form der *kooperativen Zusammenarbeit* lässt sich dabei besonders ausgeprägt in den Zweiergruppen erkennen. In diesen bewältigen die Schülerinnen und Schüler die Aufträge gemeinsam, oftmals einen stetigen Austausch ihrer Erkenntniswege einschließend. Besonders zeigt sich dies in Gruppe 2, da dort der Anteil der *kooperativen Zusammenarbeit* mit 42,9% sehr groß ausfällt. In den Dreiergruppen 5 und 6 überwiegt hingegen vornehmlich das Muster des *Nebeneinanderher-Arbeitens*, da sich die Mitglieder zwar gleichzeitig, aber nicht wirklich in *kooperativer Zusammenarbeit* mit dem

Experiment auseinandersetzen und sich daher im Wesentlichen alleine mit den Materialien beschäftigen (s. Abb. 3).

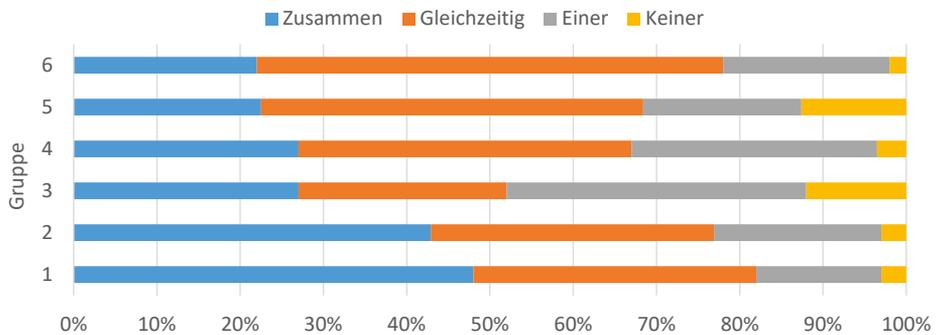


Abb. 3: Gruppenspezifische Interaktionsmuster.

Auffällig hierbei ist, dass die Phase der *kooperativen Zusammenarbeit* insgesamt durch einen eher geringen prozentualen Anteil charakterisiert wird. Die Lernenden greifen zwar auf die Möglichkeit des gegenseitigen Austausches und der gemeinsamen Erarbeitung zurück, sie nutzen diese jedoch lediglich punktuell für ihren individuellen Erarbeitungsprozess. Es ist festzustellen, dass die Schülerinnen und Schüler also hauptsächlich ihre individuellen Lernprozesse regulieren.

Auf der Individualebene zeigt sich, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit einem überwiegenden Anteil von 77,0% *aktiv* an der Erarbeitung beteiligen und mit den Materialien auseinandersetzen (s. Abb. 4).

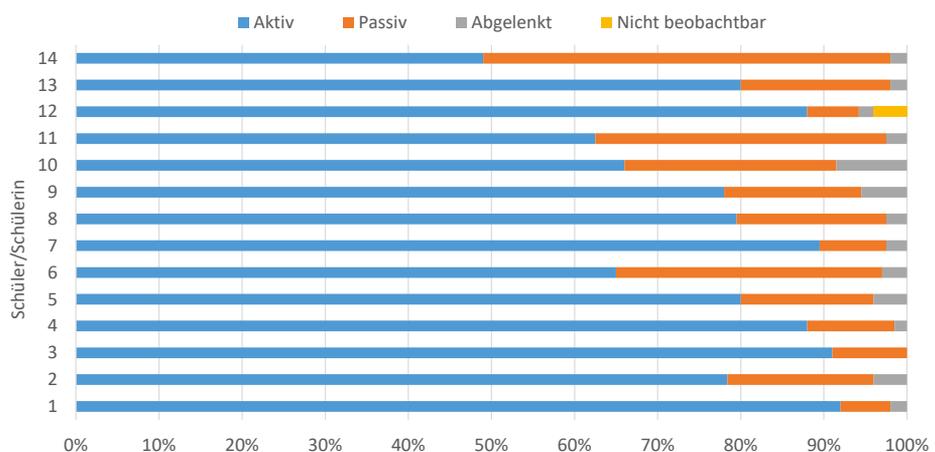


Abb. 4: Beteiligungsgrad einzelner Schülerinnen und Schüler.

Schülerinnen und Schüler mit einem geringeren Anteil in der hoch-inferenten Ausprägung *Aktiv* weisen erwartungsgemäß einen höheren Anteil in der Ausprägung *Passiv* auf, während lediglich ein geringer zeitlicher Anteil von 3,0 % explizit als *Abgelenkt* beobachtet wird. Innerhalb der Kategorie *Passiv* tätigen die Lernenden beispielsweise Aussagen, die sich auf die Experimentierstation beziehen, führen aber keine direkte Interaktion durch; alternativ nehmen die Lernenden eine Beobachterposition ein. Der Anteil der Ausprägung *Abgelenkt* scheint weitestgehend unabhängig von der Ausprägung *Passiv* zu sein. In Tabelle 2 ist an den Mittelwerten der Ausprägung *Aktiv* mit 77,7 % und *Passiv* mit 19,0 % zu erkennen, dass der situative Aktivitätszustand der Lernenden in diesem Setting zu einem überwiegenden Anteil positiv bewertet werden kann. Dies ist primär der Ausgestaltung des Materials der Experimentierstation zuzusprechen.

Tab. 2: Minimale und maximale Anteile der individuellen Schülerbeteiligungen in der Kategorie Aktivität.

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Aktiv	49,0 %	92,0 %	77,7 %	12,6 %
Passiv	6,0 %	49,0 %	19,0 %	12,8 %
Abgelenkt	0,0 %	8,6 %	3,0 %	2,1 %
Nicht beobachtbar	0,0 %	4,0 %	0,3 %	1,1 %

Im Zusammenhang mit dem Beteiligungsgrad einzelner Schülerinnen und Schüler (s. Abb. 4) zeigt Tabelle 2 die Ausdifferenzierungen der Kategorie *Aktivität*. Die Dimension *Aktiv* besteht dabei aus *Experimentieren*, *Lesen*, *Schreiben*, *Video schauen* sowie *Sonstiges*. Schülerinnen und Schüler, die weniger aktiv mit dem Material arbeiten, sind in der Regel nicht abgelenkter, sondern mit ihrer Aufmerksamkeit oftmals trotzdem bei der Experimentierstation, auch wenn sie nicht sichtbar aktiv handeln. Bei einer genauen Analyse der konkreten Aktivitäten auf der Individualebene wird deutlich, dass für die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler das *Experimentieren* im Vordergrund ihres Beitrags steht (s. Tab. 3). Dies entspricht der angestrebten Zielsetzung und bestätigt, dass die gewählte Ausarbeitung das angestrebte Konzept gut umsetzt.

Tab. 3: Aufgeschlüsselte Anteile der individuellen Schülerbeteiligungen in der Kategorie Aktivität.

Aktivität		Minimum	Maximum	Mittelwert über alle SuS	Standardabweichung über alle SuS
Aktiv	Experimentieren	0,0%	53,4%	30,6%	14,6%
	Lesen	4,3%	17,0%	9,6%	3,5%
	Schreiben	6,0%	28%	16,1%	6,7%
	Video schauen	10,9%	19,6%	14,5%	3,0%
	Sonstiges	0,0%	18,1%	7,1%	5,2%
Passiv	Passiv	0,0%	6,5%	2,7%	2,0%
	Beobachten	3,0%	45,0%	16,2%	11,6%
	Abgelenkt	0,0%	8,6%	3,0%	2,1%
	Nicht beobachtbar	0,0%	4,0%	0,3%	1,1%

Die vergleichsweise hohen Standardabweichungen in den Ausprägungen *Experimentieren* sowie *Beobachten* beruhen auf dem Umstand, dass in jeder Gruppe jeweils genau eine Schülerin oder ein Schüler vertreten ist, die bzw. der die Rolle des *Performers* einnimmt. Im Vergleich zu den anderen Mitgliedern bestreitet dieser einen deutlich höheren Experimentieranteil im Vergleich zu den Schülerinnen und Schüler, die als *Listener* fungieren. Obwohl diese dem *Performer* wichtiges und für die Durchführung nötiges Feedback geben, widmen sich diese dabei eher unterstützenden Aktivitäten mit deutlich geringerem Zeitaufwand. Entsprechend ist der *Performer* jeweils anhand einer deutlich stärkeren prozentualen Ausprägung in der Unterkategorie *Experimentieren* zu erkennen. Der *Listener* hingegen wird anhand der Indikatoren *Beobachten* und *Passiv* charakterisiert. Eine absolut eindeutige Rollenzuweisung ist in den Zweiergruppen aber nicht immer möglich, da sich nicht alle Schülerinnen und Schüler statisch in ihrer jeweiligen gruppeninternen Rolle aufhalten und diese in Einzelfällen auch im Verlauf des Experimentierens wechseln. Dennoch ist die aufgezeigte Ausprägung gut zu erkennen, wobei zu jedem Zeitpunkt eine klare Tendenz hinsichtlich der Rollenzuweisung innerhalb der Gruppen aufgezeigt werden kann. Dies lässt sich gerade im Vergleich zu den Dreiergruppen gut belegen. Ein Mitglied der Zweiergruppen ist stets aktiver als diejenigen beiden Mitglieder der Dreiergruppen, die

nicht explizit als *Performer* agieren. In den Dreiergruppen prägen sich hingegen die beiden Typen der gruppeninternen Rollenzuschreibungen weitaus deutlicher aus. In diesem Zusammenhang muss aber herausgestellt werden, dass die Aktivität des oder der *Listener(s)* gleichermaßen einen maßgeblichen Anteil am *Experimentieren* ausmacht (s. Tab. 4), da die Aktivität des *Performers* entscheidend auf dem Feedback „seiner“ *Listener* aufbaut. Im Mittel sind dabei eine um 14,9 % höhere Aktivität des *Performers* gegenüber den anderen Gruppenmitgliedern über alle Gruppen hinweg zu verzeichnen, was mit einer Standardabweichung von 11,8 % belegt ist (s. Tab. 4).

Tab. 4: Experimentieren innerhalb der Gruppe.

		„Listener“		„Performer“	Unterschied „Experimentieren innerhalb der Gruppe
		Beobachten	Passiv	Experimentieren	
G1	Schüler 1	3,1 %	3,1 %	53,4 %	20,2 %
	Schüler 2	12,3 %	5,5 %	33,1 %	
G2	Schüler 3	8,3 %	0,8 %	50,4 %	17,3 %
	Schüler 4	9,0 %	1,5 %	33,1 %	
G3	Schüler 5	12,9 %	2,9 %	41,4 %	22,0 %
	Schüler 6	30,2 %	2,2 %	19,4 %	
G4	Schüler 7	8,0 %	0,0 %	41,6 %	11,8 %
	Schüler 8	17,7 %	0,0 %	29,8 %	
G5	Schüler 9	14,1 %	1,1 %	28,3 %	10,0 %
	Schüler 10	19,4 %	5,4 %	18,3 %	
	Schüler 11	28,0 %	6,5 %	18,3 %	
G6	Schüler 12	3,0 %	3,0 %	33,0 %	33,0 %
	Schüler 13	16,0 %	2,0 %	18,0 %	
	Schüler 14	45,0 %	4,0 %	0,0 %	

Als Schlussfolgerung bezüglich der Forschungsfrage 1 kann hieraus abgeleitet werden, dass die Schülerinnen und Schüler in den analysierten Gruppen vor allem gemeinschaftlich durch Interaktionen und im Zuge von kommunikativen Aushandlungen den Lerngegenstand erarbeiten. Vorrangig in Gruppen mit zwei Mitgliedern zeigen sich im Unterschied zu den anderen Konstellationen verstärkte kooperative Bearbeitungsprozesse. In diesen gemeinschaftlichen Lösungsprozessen nehmen die Schülerinnen und Schüler jeweils eine individuelle Rolle in

der Gruppe ein. Trotz dieser unterschiedlichen Rollen wird dabei jedes Gruppenmitglied in die Lage versetzt, entweder den erarbeiteten Lösungsansatz korrekt zu entwickeln oder ihn zumindest nachzuvollziehen und nach Möglichkeit auch fehlerfrei wiederzugeben. Jedes Gruppenmitglied versucht also, sich im Erarbeitungsprozess bei der Entwicklung eines Lösungswegs geeignet unterstützend einzubringen und das Experiment gemeinsam mit den anderen erfolgreich voranzubringen (vgl. Slavin 1996).

Bezugnehmend auf die zweite Forschungsfrage soll an dieser Stelle näher beleuchtet werden, inwieweit die Auseinandersetzung der Gruppen mit den Materialien und der Experimentierstation insgesamt auf der Basis fachlichen Vorwissens erfolgt. Dieser Parameter bietet aufgrund der deutlich belegten Korrelation zwischen Vorwissen, Qualität der Bearbeitung und erzieltm Verständnis einen geeigneten Untersuchungsgegenstand zur Evaluierung der Experimentdurchführung (Phan, Hammann 2008). Die Auswertung erfolgt schülerbezogen über die gesamte Bearbeitungszeit hinweg und unter Einschluss aller Phasen (s. Abb. 5). Auf der Grundlage der Datenlage wurden als Kategorien zur Interpretation der Verwendung des Vorwissens die Ausprägungen *nie*, *wenig*, *häufig*, *sehr häufig* festgelegt. Hierbei stellt der Mittelwert über alle Lernenden die Grenze zwischen *wenig* und *häufig* dar. Die Quartile sind durch +/- 50% vom Mittelwert angegeben. Die Datenlage ergibt ein sehr inhomogenes Bild für die verschiede-

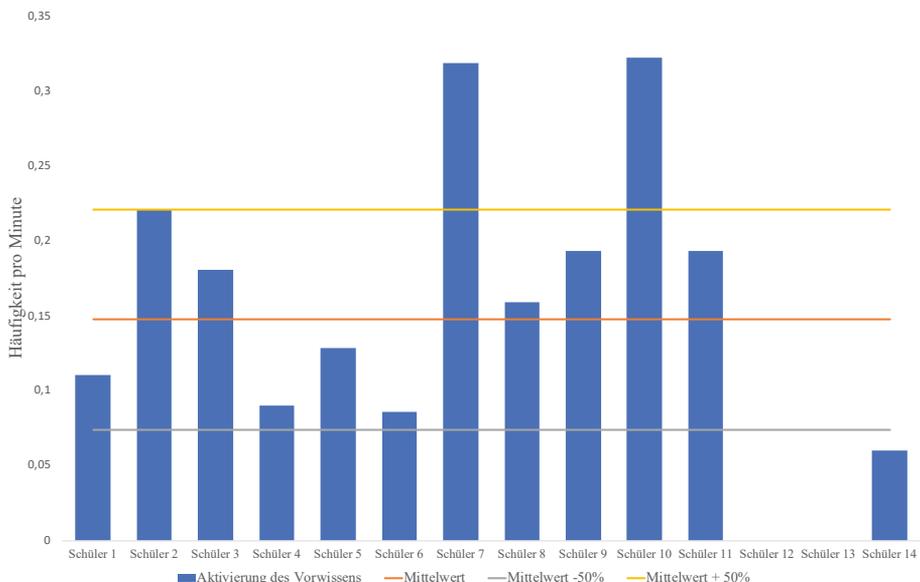


Abb. 5: Verwendung des Vorwissens über alle Arbeitsphasen

nen Mitglieder der gesamten Kohorte, da die Spannweite von *nie* bis *sehr häufig* bei verwendetem Einsatz des Vorwissens vollständig vertreten ist.

In Bezug auf die Gesamtdauer der Bearbeitung der Experimentierstation wird deutlich, dass das Vorwissen insgesamt nur in geringem Maße eingebracht wird. Obgleich Schülerinnen und Schüler die zugrundeliegenden fachwissenschaftlichen Konzepte und Theorien prinzipiell verstehen und sogar erklären können, nehmen sie dennoch bei der Erarbeitung von Lösungswegen lediglich marginal Bezug auf diese Hintergründe und damit auf ihr vorhandenes Vorwissen. Dieses Verhalten ist konsistent zu der Beschreibung von Howard-Jones, Joiner und Bomford (2006).

Das inhomogene Bild der Anwendung des Vorwissens ist in der Phase *Vorbereitung* am größten und wird in den Phasen der *Durchführung* und *Nachbereitung* stetig geringer, wie an der Abnahme der Standardabweichung zu erkennen ist. Jedoch ist festzuhalten, dass der explizite Einbezug vorhandener Wissensstrukturen mit 15,0 % bei etwa einem Sechstel der Zeit liegt (s. Tab. 5).

Tab. 5: Verwendung des Vorwissens in den jeweiligen Phasen.

Vorwissen	Mittelwert	Standardabweichung
Vorbereitung	0,23	0,26
Durchführung	0,18	0,19
Nachbereitung	0,07	0,10
Gesamtzeit	0,15	0,10

Hier bestätigen sich empirische Befunde, die darauf hinweisen, dass die Übertragung und die Anwendung von Kenntnissen, notwendigen Strategien und Kompetenzen in Bezug auf das Experimentieren in den meisten Unterrichtssettings noch nicht ausreichend gelingen (vgl. Bullock, Ziegler 1999) und dass auf diesen Aspekt besonders viel Aufmerksamkeit gerichtet werden sollte.

In einem die Selbstregulierung begünstigenden Lernsetting bietet es sich dazu an, den Lernenden im unterrichtlichen Geschehen durch entsprechend angebotene Lerngelegenheiten die Möglichkeit zu geben, sich jeweils individuell die fachlichen Inhalte selbst zu erschließen. Dabei scheint es zur Gewährleistung der notwendigen individuellen Erarbeitungsschritte und Ansätze naheliegend, die ausgewählten Lehr-Lernprozesse so aufzubereiten, dass die Schülerinnen und Schüler zur Eigenaktivität bei der inhaltlichen Erarbeitung angeregt werden. Die Lernenden sollen zudem die Möglichkeit erhalten, ihren Lernprozess mög-

lichst selbstständig zu organisieren – also selbst zu „regulieren“. Im Sinne der Auffassung von Unterricht als Angebot (vgl. Helmke 2009) erscheint allerdings das reine „Zurverfügungstellen“ spezieller, gezielt auf Eigenaktivität ausgelegter Lernsettings ohne flankierende Maßnahmen als nicht ausreichend. Hier wird der zentrale Punkt nicht berührt und bleibt damit ungeklärt: ob und wie Schülerinnen und Schüler die zur Selbstregulation und -tätigkeit ausgelegten Einheiten annehmen, diese umsetzen und ob sie diese zu optimaler Schülerorientierung, Eigenaktivität und konkret zur Erkenntnisgewinnung nutzen. Die vorliegende Untersuchung des Lehr-Lern-Labors liefert dabei einen ersten Beitrag in diese Richtung.

## 7 Diskussion und Ausblick

Eine videographiebasierte Untersuchung zur Selbstregulation in Schülerkleingruppen wurde beim eigenständigen Experimentieren in Physikunterrichtsmi-niaturen in einem Lehr-Lern-Labor durchgeführt. Ein detaillierter niedrig- und hoch-inferenter Ratingansatz im Time-Sampling-Verfahren wurde zur Analyse zweier Forschungsfragen nach dem Auftreten von spezifischen Mustern in den Gruppeninteraktionen sowie nach der Einbeziehung von Vorwissen eingesetzt. Die vorgestellten Ergebnisse bestätigen bisherige Forschungsbefunde (vgl. z. B. Sembill, Schumacher, Wolf 2001; Seifried 2004; Klein, Oettinger 2007) im Hinblick darauf, dass Schülerinnen und Schüler durchaus in der Lage sind, in selbstregulierten Lernsettings den fachlichen Inhalt ohne unmittelbare Lehrerinstruk-tionen zu erarbeiten. Voraussetzung hierzu ist das Bereitstellen dynamischer Lernsettings mit geeigneten Anleitungen und Umgebungen, die gezielt kognitiv aktivierend ausgelegt sind. Die Lerngruppen wählen eigenständig den fachkul-turellen Erkenntnisweg während des Experimentiervorgangs, den sie konventio-nell mit einer *Vorbereitungsphase* beginnen, in der *Durchführungsphase* selbst-organisiert umsetzen und anschließend in der *Nachbereitungsphase* reflektieren und sichern.

Die aufgedeckten Interaktionsmuster im Erarbeitungsprozess innerhalb der jeweiligen Gruppen zeigen, dass diese seitens der Schülerinnen und Schüler offen gestaltet werden. Im Allgemeinen ist dabei lediglich eine geringe Dyna-mik in den Gruppen hinsichtlich eines Rollenwechsels verzeichnet. Auch wer-den die gezielt auf gemeinsame Erarbeitung ausgerichteten Lernsettings nur ansatzweise gemeinschaftlich realisiert; dies geschieht vielmehr überwiegend in paralleler Einzelarbeit mit einem temporären Informationsaustausch und Absi-cherungseinheiten. Hierbei dominiert in jeder Gruppe der leistungsstarke *Perfor-mer*, der in Form von Einzelaktivität das Gruppenergebnis erarbeitet und damit

die Gesamtperformance weitestgehend bestimmt. Die übrigen Schülerinnen und Schüler fungieren zum großen Teil als unterstützende *Listener*, deren Beitrag für das erfolgreiche Agieren des *Performers* aber nicht unterschätzt werden darf, während sich nur sehr wenige Gruppenmitglieder passiv verhalten oder gar ablenken lassen.

Als didaktische Konsequenz wird bei einer gewünschten Ausweitung schülerzentrierter und selbstregulierter Unterrichtssettings eine stärkere Ausrichtung der Gestaltung der Experimente und der Anleitungen im Sinne kooperativen Agierens und Lernens angeraten. Auf diese Art und Weise soll die vorgefundene, weitgehend feste Rollenzuweisung aufgebrochen und eine ausgleichende Lernumgebung geschaffen werden, in der allen Lernenden eine aktive Rolle zugewiesen werden kann und gemeinsames Erarbeiten, speziell unter gezieltem Einbezug des Vorwissens, ermöglicht wird. Dabei muss die Verknüpfung von positiver Interdependenz und individueller Verantwortlichkeit als Leitgedanke gruppenbezogener Arbeitsprozesse eine besonders starke Berücksichtigung finden: Die einzelnen Schülerinnen und Schüler dürfen nur dann Erfolg haben, wenn die Gruppe als Ganzes erfolgreich ist (vgl. Slavin 1995). Entsprechend ausgerichtete schülerorientierte Experimentierumgebungen regen zum gegenseitigen Helfen an und vergrößern damit das gruppenverbindende Potenzial bereits in der *Vorbereitungsphase*, sodass alle Gruppenmitglieder animiert werden, sich gemeinsam mit den Materialien auseinanderzusetzen.

Als unterrichtliche Konsequenz resultiert somit das Ziel, „Unterrichtssituationen [zu] schaffen, die den Austausch zwischen den [Schülerinnen und] Schülern erzwingen“ (von Saldern 2009, S. 18), womit die Lernenden an eine selbstständige und aktiv gemeinschaftliche Bearbeitung von Lerninhalten herangeführt werden. Eine notwendige Bedingung für die erfolgreiche kooperative Auseinandersetzung bildet das Vorhandensein von grundlegendem Vorwissen, das die Basis dafür darstellt, neue fachliche Inhalte und Konzepte zu erschließen. Erst hierdurch wird das Kernelement des für die Festigung und Ausformung von Kompetenz und darauf aufbauend für den Erwerb von Fachwissen wichtigen Dreischritts „Denken – Austauschen – Vorstellen“ (Brüning, Saum 2011, S. 5) sichergestellt. Als Gelingensbedingung für die kooperative Erarbeitung in selbstregulierten Lernprozessen resultiert ein normativer Anspruch an die Auf- und Vorbereitung der eingesetzten Lernmaterialien. Diese müssen zwingend zu einer auf Fachwissen basierenden und expliziten Auseinandersetzung zwischen den Gruppenmitgliedern anregen, wobei von möglichst allen Lernenden das individuelle Vorwissen aktiviert wird. Die Schülergruppen werden dabei gemeinschaftlich und inhaltlich konstruktiv an den Erarbeitungsprozess herangeführt (vgl. Brüning, Saum 2011) und führen das Experiment kollaborativ durch.

Das Einbringen des bereichsspezifischen Vorwissens wird als entscheidender Faktor der kognitiven Regulation bewertet, der das Konzept der *kognitiven Aktivierung* (vgl. Leuders, Holzäpfel 2011) eng umsetzt. Daneben lässt sich in den untersuchten Unterrichtsminiaturen als Grad der Selbstregulation gezielt auch der Aspekt des situationalen Motivationszustandes betrachten, der durch *Aufmerksamkeit*, *Anstrengung* und *Ausdauer* definiert ist. Dies macht sich besonders in der durch die Kleingruppe aktiv und selbstbestimmt erfolgende Auswertung bemerkbar, wobei Anwendungen kognitiver Lernstrategien zur Tiefenverarbeitung und Transformation (vgl. Baumert et al. 2000) ansatzweise beobachtet werden konnten. Gleichzeitig weist diese Untersuchung jedoch darauf hin, dass ein extern erteilter Impuls für eine kognitive Aktivierung durch personelle oder materielle Steuerung immer explizit erfolgen muss. Im Falle einer gelungenen kognitiven Aktivierung besitzen die Lernenden die Möglichkeit, individuell auf die Lernumgebung und Anreize durch die Lehrperson zu reagieren; die Schülerinnen und Schüler werden dazu angeregt, die Experimentierphasen unter Einbezug ihres Vorwissens und des kommunikativen Austauschs mit ihren Gruppenmitgliedern positiv auszugestalten. Diese kognitiv-sozial angelegten Lernumgebungen wirken sich besonders positiv auf die fachliche und kompetente Auseinandersetzung der Lernenden mit den Inhalten aus.

Resümierend ist selbstreguliertes Lernen in kooperativen Lernsettings von Kleingruppen – hier am Beispiel des physikalischen Experiments aufgezeigt – damit als ein wertvoller Ansatz zur Entwicklung und Förderung von Eigenaktivität und Selbstverantwortung der Schülerinnen und Schüler im Unterricht und im Lernprozess zu erkennen. Wie aber gleichzeitig dargelegt werden konnte, ist dieser Ansatz in der vorgestellten Umsetzung nicht als „Allheilmittel“ (Seifried 2003, S. 223) einzustufen, sondern bedarf einer fachlich fundierten sowie didaktisch versierten Vorbereitung und Begleitung. Zu nennen wären hier als unbedingt zu vermeidende Aspekte eine ungünstige Dynamik der Kleingruppe, ein unzureichender Einbezug von Vorwissen sowie eine fehlende Gewährleistung einer langfristigen Wissenssicherung. Diese Aspekte sollen in einer weiterführenden unabhängigen Studie in einem ähnlichen Setting untersucht werden.

## Literatur

Artelt, Cordula; Demmrich, Anke und Baumert, Jürgen (2001). Selbstreguliertes Lernen. In J. Baumert et al. (Hrsg.): PISA 2000. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Leske und Budrich, Opladen. [https://doi.org/10.1007/978-3-322-83412-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-322-83412-6_8)

- Baston, Nadine et al. (2019). Lehr-Lern-Labore: Der Transfer zwischen MINT- und geistes- sowie sozialwissenschaftlichen Fächern. In: A. Bresges et al. (Hrsg.): Theorie-Praxis-Verzahnung. Innovationen und empirische Befunde aus der Qualitätsoffensive Lehrerbildung. Bielefeld: W. Bertelsmann, S. 141–149
- Boekaerts, Monique (1999). Self-Regulated Learning: Where We Are Today. In: International Journal of Educational Research, 31:6, S. 445–457
- Boekaerts, Monique; Pintrich, Paul R. und Zeidner, Moshe (2000). Handbook of Self-Regulation. London: Academic Press
- Baumert, Jürgen (1999). Selbstreguliertes Lernen: Ein dynamisches Modell des Wissenserwerbs. Posterpräsentation auf der PISA-Tagung im Jagdschloss Hubertusstock, 29.09.–01.10.1999
- Baumert, Jürgen et al. (2000). Fähigkeit zum selbstregulierten Lernen als fächerübergreifende Kompetenz. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Baumert, Jürgen und Köller, Olaf (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: J. Baumert, W. Bos und R. Lehmann (Hrsg.): TIMSS/III – Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie: Mathematische und Naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe. Opladen: Leske und Budrich, S. 271–316
- Brüning, Ludger und Saum, Tobias (2015). Unterrichtsentwicklung nach dem Konzept des Kooperativen Lernens. In H.-G. Rolff (Hrsg.): Handbuch Unterrichtsentwicklung. Weinheim und Basel, S. 314–323
- Brüning, Ludger und Saum, Tobias (2011). Schüleraktivierendes Lehren und Kooperatives Lernen: Ein Gesamtkonzept für guten Unterricht. In GEW NRW (Hrsg.): Frischer Wind in den Köpfen. Sonderdruck, Bochum, o. V., S. 5–13. [https://www.ludgerbruening.de/.cm4all/uproc.php/0/1%20Kooperatives%20Lernen/Sonderdruck%20Basisartikel%202011.pdf?cdp=a&\\_=16b6f73e638](https://www.ludgerbruening.de/.cm4all/uproc.php/0/1%20Kooperatives%20Lernen/Sonderdruck%20Basisartikel%202011.pdf?cdp=a&_=16b6f73e638) [25.07.2022]
- Bullock, Merry und Ziegler, Albert (1999). Scientific Reasoning: Developmental and Individual Differences. In F. E. Weinert und W. Schneider (Hrsg.): Individual Development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study. Cambridge: Cambridge University Press, S. 38–60
- Götz, Thomas; Frenzel, Anne C. und Haag, Ludwig (2006). Ursachen von Langweile im Unterricht. In: Empirische Pädagogik, 20:2, S. 113–134
- Götz, Thomas und Nett, Ulrike E. (2017). Selbstreguliertes Lernen. In T. Götz (Hrsg.): Emotion, Motivation und selbstreguliertes Lernen. Paderborn: Schöningh, S. 143–183
- Halder, Simone und Reinthoffer, Bernd (2012). Sichtweisen von Lehrpersonen auf Lehrer-Schüler-Gespräche beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Teilprojekt 10. In: W. Rieß et al. (Hrsg.): Experimentieren im

- mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Münster: Waxmann, S. 319–332
- Hammann, Marcus (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In: D. Krüger und H. Vogt (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Wiesbaden: Springer, S. 187–196
- Hasselhorn, Marcus und Gold, Andreas (2006). Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren. Stuttgart: Kohlhammer Verlag
- Helmke, Andreas (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett-Kallmeyer
- Howard-Jones, Paul; Joiner, Richard and Bomford, Jennifer (2006). Thinking with a Theory: Theory-Prediction Consistency and Young Children's Identification of Causality. In: *Instructional Science*, 34:2, S. 159–188
- Jurkowski, Susanne und Möbus, Karolina (2014). Fördert kooperatives Lernen die sozialen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern?. In C. Tillack, J. Fetzer und N. Fischer (Hrsg.): Beziehungen in Schule und Unterricht –Bd. 2: Soziokulturelle und schulische Einflüsse auf pädagogische Beziehungen. Immenhausen: Prolog, S. 144-162
- Klahr, David und Dunbar, Kevin (1988). Dual Space Search during Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12:1, S. 1–48
- Klahr, David (2000). Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes. Cambridge, MA: MIT Press
- Klein, Klaus und Oettinger, Ulrich (2007). Konstruktivismus: Die neue Perspektive im (Sach-) Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren
- Kleist, Heinrich von (1986). Über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Reden. In: Heinrich von Kleist: Sämtliche Erzählungen, Gedichte, Anekdoten, Schriften. Frankfurt am Main: Insel Verlag
- Leuders, Timo und Holzäpfel, Lars (2011). Kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht: Unterrichtswissenschaft, 39:3, S. 213–230
- Mandl, Heinz (2010). Lernumgebungen problemorientiert gestalten: Zur Entwicklung einer neuen Lernkultur. In E. Jürgens und J. Standop (Hrsg.): Was ist „guter“ Unterricht? Namhafte Expertinnen und Experten geben Antwort. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 19–38
- Mayer, Jürgen (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger und H. Vogt (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden, Wiesbaden: Springer, S. 178–186
- Naujok, Natascha (2000). Schülerkooperation im Rahmen von Wochenplanunterricht. Weinheim: Deutscher Studien Verlag

- Nett, Ulrike E. und Götz, Thomas (2019). Selbstreguliertes Lernen. In D. Urhahne, M. Dresel und F. Fischer (Hrsg.): *Psychologie für den Lehrberuf*, Berlin/Heidelberg: Springer, S. 67–84
- Phan, Thi Thanh Hoi und Hammann, Marcus (2008). Testing Levels of Competencies in Biological Experimentation. In M. Hammann et al. (Hrsg.): *Biology in Context – Learning and Teaching for the Twenty-First century: A selection of Papers Presented at the VIth Conference of European Researcher in Didactics of Biology (ERIDOB)*. London: University of London, S. 349–360
- Prenzel, Manfred, et al. (2002). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht: Eine Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, S. 129–156
- O’Donnell, Angela; Dansereau, Donald F. und Rocklin, Thomas R. (1991). Individual Differences in the Cooperative Learning of Concrete Procedures. In: *Learning and Individual Differences*, 3:2, S. 149–162
- Saldern, Matthias von (2009): Länger gemeinsam lernen – was sonst?! In: *nds: neue deutsche Schule*, 5, S. 18-19
- Seifried, Jürgen (2003). Der Zusammenhang zwischen emotionalem, motivationalem und kognitivem Erleben in einer selbstorganisationsoffenen Lernumgebung: Eine prozessuale Analyse des subjektiven Erlebens im Rechnungswesenunterricht. In J. van Buer und O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.): *Berufliche Bildung auf dem Prüfstand: Entwicklung zwischen systemischer Steuerung, Transformation durch Modellversuche und unterrichtlicher Innovation*. Frankfurt a. M.: Lang, S. 207–227
- Seifried, Jürgen (2004). Fachdidaktische Variationen in einer selbstorganisationsoffenen Lernumgebung: Eine empirische Untersuchung im Rechnungswesenunterricht. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag
- Sembill, Detlef; Schumacher, Lutz und Wolf, Karsten D. (2001). Evaluationsbericht im BLK Modellversuch SOL. In: H. Wagner und H. Beek (Hrsg.): *Abschlussbericht des Modellversuchs Selbstorganisierte Lernprozesse und neue Lernwelten in der beruflichen Bildung*. Wiesbaden: HeLP, S. 52-71
- Slavin, Robert E. (1995). *Cooperative Learning: Theory, Research and Practice*. Boston: Allyn and Bacon
- Slavin, Robert E. (1996). *Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need to Know*. *Contemporary Educational Psychology*, 21:1, S. 70–79
- Tesch, Maike, & Duit, Reinders (2004). Experimentieren im Physikunterricht: Ergebnisse einer Videostudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10:1, S. 51–69
- Wirth, Joachim und Leutner, Detlev (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In: H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.): *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe, S. 172–184

## Autoren

**Florian Bürger.** Lehrkraft für die Fächer Physik und Mathematik in Hessen  
[f.buerger@avh-lauterbach.de](mailto:f.buerger@avh-lauterbach.de)

**Julia Peitz.** Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Erziehungswissenschaft der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Forschungsschwerpunkte: Unterrichtsqualität, zweite Phase der Lehrerbildung, Peers im schulischen und außerschulischen Kontext  
[j.peitz@uni-mainz.de](mailto:j.peitz@uni-mainz.de)

**Nadine Baston.** Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Erziehungswissenschaft der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Forschungsschwerpunkte: Unterrichtsqualität, Professionalisierung in der Lehrerbildung, Unterrichtsentwicklung, qualitative Forschungsmethoden  
[nadbasto@uni-mainz.de](mailto:nadbasto@uni-mainz.de)

**Prof. Dr. Marius Harring.** Professor für Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Schulpädagogik und Jugendforschung an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Forschungsschwerpunkte: Empirische Bildungs- und Sozialisationsforschung (Schulforschung, Professionalisierung in der Lehrerbildung, Unterrichtsentwicklung, internationale Jugendforschung, Mixed-Methods)  
[harring@uni-mainz.de](mailto:harring@uni-mainz.de)

**Johannes Lhotzky.** Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Physik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Forschungsschwerpunkte: Professionalisierung in der Lehrerbildung, Schülerexperimente, Lehr-Lern-Forschungslabore

**Prof. William Lindlahr.** Professor für Medienpädagogik, Schwerpunkt Medientechnik an der Fachhochschule Südwestfalen. Forschungsschwerpunkte: Digitale Medien im Unterricht, innovative Entwicklungen, Lehr-Lern-Forschungslabore  
[lindlahr.william@fh-swf.de](mailto:lindlahr.william@fh-swf.de)

**Prof. Dr. Klaus Wendt.** Außerordentlicher Professor am Institut für Physik der Johannes Gutenberg-Universität. Forschungsschwerpunkte: Laserbasierte Studien in Atom- und Kernphysik, laserbasierte Elementultrasparen-

bestimmung, Didaktik der Physik, Professionalisierung in der Lehrerbildung,  
Schülerlabore  
[klaus.wendt@uni-mainz.de](mailto:klaus.wendt@uni-mainz.de)

Korrespondenzadresse:  
Univ.-Prof. Dr. Marius Harring  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Erziehungswissenschaft  
Jakob-Welder-Weg 12  
55128 Mainz