

# Förderung diagnostischer Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen

Von der Naturwissenschaftlichen Fakultät der  
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

zur Erlangung des Grades

Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

genehmigte Dissertation

von

Julian Heeg, M. Ed.

2021

Referent: Prof. Dr. rer. nat. Sascha Schanze

Korreferentin: Prof. Dr. rer. nat. Annette Marohn

Tag der Promotion: 30.03.2021

## Zusammenfassung

Individuellen Lernendenvorstellungen wird ein zentraler Einfluss auf Lehr-Lernprozesse zugeschrieben. Um diese Vorstellungen berücksichtigen zu können, sollten Lehrkräfte empirisch häufige Vorstellungen kennen und diagnostizieren. Insbesondere angehende Lehrkräfte zeigen diesbezüglich Schwierigkeiten. Eine Förderung diagnostischer Fähigkeiten wird entsprechend für die fachdidaktische universitäre Bildung empfohlen. Leitend für die vorliegende Dissertation war daher die Fragestellung, wie eine solche Förderung im Rahmen der chemiedidaktischen Lehre gelingen kann.

Bislang liegen nur wenige Erkenntnisse über die diagnostischen Fähigkeiten angehender Lehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen in der Chemiedidaktik vor. Daher wurde für die vorliegende Studie ein explorativer Ansatz gewählt, welcher sich in drei aufeinander aufbauende Forschungsanliegen gliedert und in sieben Teilstudien veröffentlicht wurden. Im ersten Forschungsanliegen wurden zu drei Konzepten häufige alternative Lernendenvorstellungen systematisch identifiziert. Ferner wurden passende Erhebungsinstrumente für diese Bereiche entwickelt und evaluiert (Teilstudien 1 und 2). Im zweiten Forschungsanliegen wurden diese Einsätze videografisch festgehalten sowie literaturgeleitet zu Videovignetten weiterverarbeitet und evaluiert (Teilstudien 3 und 4). Aufbauend auf drei resultierenden Videovignetten wurden im Rahmen des dritten Forschungsanliegens eine seminaristische Umgebung entwickelt (Teilstudie 5) und evaluiert (Teilstudie 6). Für die Evaluation wurden drei Kleingruppen (7 Studierenden, BA. 4.-6. Semester) bei der Bearbeitung der eingesetzten Videovignetten über den Zeitraum eines Semesters videografiert, ihre schriftlichen Diagnosen und Reflexionen eingesammelt. Zusätzlich fanden vor und nach dem Semester leitfadengestützte Interviews statt. Die Daten wurden qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet.

Als Ergebnisse des ersten Forschungsanliegens gelten einerseits, die Schaffung einer Systematik zur Erstellung von Synopsen zu Lernendenvorstellungen. Andererseits kann die Peer-Interaction-Methode als leistungsfähiges instruktionales Setting für die Erhebung von Lernendenvorstellungen bestätigt werden. Die Ergebnisse des zweiten Forschungsanliegens umfassen u.a. die Entwicklung von Kriterien zur Gestaltung von Videovignetten zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten hinsichtlich Lernendenvorstellungen. Ferner zeigt die Auswertung der Daten des dritten Forschungsanliegens, dass die untersuchten Studierenden sich nur partiell in ihren diagnostischen Fähigkeiten entwickeln. Bei den Studierenden von zwei der drei Gruppen zeigt sich, dass deren Vorstellungen über Lernendenvorstellungen ein zentraler Einflussfaktor für ihren Umgang mit Lernendenvorstellungen und deren Diagnose sind. Beim Vorhandensein von eher konstruktivistisch geprägten Vorstellungen über Lernendenvorstellungen zeigen sich Erfolge in der Förderung der diagnostischen Fähigkeiten. Beim Ausbleiben solcher Vorstellungen konnte dies nicht beobachtet werden.

Teile der Erkenntnisse dieser Untersuchung wurden außerdem verwendet, um exemplarisch Lehrkräften handlungsnah Orientierungsmöglichkeiten für die Diagnose und den Umgang mit Lernendenvorstellungen bereitzustellen (Teilstudie 7).

## **Abstract**

Learners' individual conceptions are considered to be highly relevant for effective learning and teaching. To be able to take these conceptions into account, teachers should know and diagnose empirically frequent conceptions. Especially pre-service teachers show difficulties in this respect. A support of diagnostic skills is accordingly recommended for university teacher education. Therefore, this dissertation was guided by the question of how such support can be successful in the context of chemistry education.

So far, little is known about the diagnostic skills of pre-service teachers with regard to learners' conceptions in chemistry education. For this reason, an explorative approach was chosen for the present study, which is divided into three consecutive research requests and was published in seven sub-studies. In the first research request, empirically frequent alternative learners' conceptions of three concepts were systematically identified. Furthermore, appropriate survey instruments for these concepts were developed and evaluated (sub-studies 1 and 2). In the second research request, these interventions were recorded on video, literature based processed into video vignettes and evaluated (studies 3 and 4). Based on three resulting video vignettes, a seminar-like environment was developed (sub-study 5) and evaluated (sub-study 6). For the evaluation, three small groups (7 students, BA. 4th-6th semester) were recorded on video over the period of one semester while processing the video vignettes. In addition, their written diagnoses and reflections were collected. Also, semi-structured interviews took place before and after the semester. The data were qualitatively analyzed by content analysis.

The results of the first research request were, on the one hand, the development of a system for the creation of a synopsis of learners' conceptions. On the other hand, the peer interaction method could be confirmed as a powerful instructional setting for the externalization of learners' conceptions. The results of the second research request include the development of criteria for the design of video vignettes to promote diagnostic skills with regard to learners' conceptions. Furthermore, the data of the third research project shows that the students examined only partially develop their diagnostic skills. Students in two of the three groups showed that their conceptions of learners' conceptions are a central factor regarding their ability to deal with and diagnose learners' conceptions. In the presence of more constructivist conceptions about learners' conceptions, success is shown in the promotion of diagnostic skills. In the absence of such conceptions, this could not be observed.

Parts of the findings of this study were also used to provide teachers with action-oriented guidance on how to diagnose and deal with learners' conceptions (sub-study 7).

**Schlagworte:** Diagnose, Lernendenvorstellungen, Videovignetten, Vorstellungen über Vorstellungen

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all den vielen Menschen herzlich bedanken, die diesen intensiven und gleichermaßen schönen Prozess über Jahre begleitet und auf ihre Art und Weise unterstützt haben.

Als aller erstes möchte ich mich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Sascha Schanze für die Möglichkeit bedanken, diese Arbeit anfertigen zu können. Ihm gilt weiterhin mein besonderer Dank für die stetigen und äußerst konstruktiven Rückmeldungen während der gesamten Bearbeitungszeit sowie auch für die gleichzeitigen Freiräume, die ich in der Ausgestaltung dieser Arbeit genießen durfte. Auch möchte ich ihm für das außergewöhnliche Arbeitsklima innerhalb der Chemiedidaktik danken, welches durch ihn ermöglicht und maßgeblich geprägt wird.

Bei Frau Prof. Dr. Annette Marohn bedanke ich mich für die Übernahme der Zweitbetreuung.

Herrn Prof. Dr. Holger Butenschön danke ich für die Übernahme des Vorsitzes der Promotionskommission.

Ich möchte mich weiterhin bei meinen Kolleginnen und Kollegen im IDN für die schöne Zeit, die konstruktiven Gespräche und alles Zwischenmenschliche bedanken. Dies gilt insbesondere für Sarah D., Robert, Sarah H., Theresa, Dennis, Mathias, Nina, Anke, Sabine und Benjamin. Meinen studentischen Hilfskräften Manuel, Johanna und Patricia möchte ich für ihre stetige Unterstützung und ihre kritisch-reflexiven Anmerkungen danken.

Den Schülerinnen und Schülern sowie insbesondere den Studierenden, die an den Untersuchungen teilgenommen haben, danke ich außerdem – ohne sie wäre diese Dissertation nicht zustande gekommen.

Mein Dank gilt ebenfalls dem Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie den Bundesländern für die Förderung des gemeinsamen Programms "Qualitätsoffensive Lehrerbildung" (Förderkennzeichen 01JA1506) sowie der Leibniz School of Education der Leibniz Universität Hannover.

Mein größter Dank gilt jedoch meiner Frau, die mich in all der Zeit begleitet und immer an meiner Seite stand. Ihr ist diese Arbeit gewidmet.

## Vorwort

Die hier vorliegende kumulative Dissertation entstand am Institut für Didaktik der Naturwissenschaften in der Abteilung Didaktik der Chemie der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Es handelt es sich um eine zusammengefasste und fokussierte Darstellung der durchgeführten Forschungstätigkeiten. Die vollständigen Forschungsarbeiten wurden in den folgenden Artikeln in Journalen mit einem double blind peer review Begutachtungsverfahren bzw. in begutachteten Journalen und Sammelbänden behandelt:

### Beiträge in Journalen mit einem double blind peer review Begutachtungsverfahren:

- Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2020). Lernendenvorstellungen zum chemischen Gleichgewicht - ein systematisches Review. *Chemkon* 27(8). S. 373-383. **(Teilstudie 1)**.
- Heeg, J.; Hundertmark, S. und Schanze, S. (2020). The interplay between individual reflection and collaborative learning - Seven essential features for designing fruitful classroom practice that develop students' individual conceptions. *Chemistry Education Research and Practice* 21(3). S. 765-788 **(Teilstudie 2)**.
- Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2021b). Förderung der Diagnosefähigkeiten angehender Lehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen - Anwendung der Didaktischen Rekonstruktion zur Gestaltung eines hochschuldidaktischen Seminars. *Herausforderung Lehrer\_innenbildung* 4(2). S. 146-164. **(Teilstudie 5)**.
- Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2021a). Erforschung potenzieller Entwicklungsverläufe diagnostischer Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen – Die Bedeutung individueller Vorstellungen über Lernendenvorstellungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **(Teilstudie 6)**.

**Beiträge in begutachteten Journalen und Sammelbänden. Mit \* sind praxisorientierte Transferbeiträge gekennzeichnet:**

- Heeg, J.; Steinich, R. und Hundertmark, S. (2018). Möglichkeiten zum Erkennen und Überwinden von Stolpersteinen auf dem Weg zum Verständnis des chemischen Gleichgewichts. *Unterricht Chemie 166*, S. 32–37\* (**Teilstudie 7**).
- Dannemann, S., Heeg, J. & Schanze, S. (2019). Fallbasierte Förderung der Diagnose- und Planungsfähigkeiten von Lehramtsstudierenden. Lernen mit Videovignetten in der Biologie- und Chemiedidaktik. In E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck, T. Leuders & P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung*, S. 75–85. Münster: Waxmann Verlag GmbH (**Teilstudie 3**).
- Heeg, J. & Schanze, S. (2020). Die Schaffung einer wertschätzenden Studierendenperspektive auf Lernervorstellungen. Ein Beitrag zu einer chemiedidaktischen Teilfacette der Reflektierten Handlungsfähigkeit. In: Dannemann, S., Gillen, J., Krüger, A., Roux, Y. von (Hrsg.), *Reflektierte Handlungsfähigkeit in der Lehrer\*innenbildung – Leitbild, Konzepte und Projekte*. S. 232-245. Berlin: Logos Verlag (**Teilstudie 4**).



# Inhalt

1	Ausgangslage.....	8
1.1	Forschungsanliegen .....	9
2	Zusammenfassung der schriftlichen Dissertationsleistung .....	11
2.1	Forschungsanliegen 1: Systematische Aufarbeitung des Forschungsstands sowie Entwicklung und Evaluation von Diagnoseinstrumenten (Teilstudien 1 und 2) .....	11
2.1.1	Lernendenvorstellungen als Ausgangspunkt der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen .....	11
2.1.2	Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern im Chemieunterricht und deren Diagnose.....	11
2.1.3	Systematische Zusammenstellung empirisch häufiger Lernendenvorstellungen 12	
2.1.4	Entwicklung und Evaluation von konzeptbezogenen Diagnoseinstrumenten... 14	
2.2	Forschungsanliegen 2: Kriteriengeleitete Entwicklung und Evaluation von Videovignetten zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten (Teilstudien 3 und 4) .....	16
2.2.1	Kriteriengeleitete Entwicklung von Videovignetten im Rahmen des fallbasierten Lernens sowie deren Evaluation .....	16
2.3	Forschungsanliegen 3: Erforschung der Förderung diagnostischer Fähigkeiten (Teilstudien 5 bis 7).....	19
2.3.1	Modellierungen diagnostischer Fähigkeiten sowie die Diagnose von Lernendenvorstellungen durch (angehende) Lehrkräfte .....	19
2.3.2	Vorstellungen von (angehenden) Lehrkräften über Lernendenvorstellungen .. 21	
2.3.3	Entwicklung einer Seminarkonzeption zur Förderung der diagnostischen Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte.....	22
2.3.4	Potentielle Entwicklungsverläufe diagnostischer Fähigkeiten.....	23
2.3.5	Systematischer und empiriebasierter Umgang mit Lernendenvorstellungen im Chemieunterricht .....	24
3	Zusammenfassung und Gesamtdiskussion .....	26
4	Implikationen und Ausblick .....	30
5	Literaturverzeichnis.....	34
6	Anhang .....	52

## 1 Ausgangslage

Die individuellen fachbezogenen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern sind ein seit Jahrzehnten intensiv erforschter Gegenstand vieler Fachdidaktiken (z.B. Gropengießer & Marohn, 2018; Taber, 2019). Inzwischen besteht ein breiter Konsens darüber, dass diese Vorstellungen einen zentralen Einfluss auf Lehr-Lernprozesse haben (Duit et al., 2013; Sadler et al., 2013; Taber, 2019). Dabei gehen einerseits verschiedene theoretische Ansätze von einer Notwendigkeit der Berücksichtigung von Lernendenvorstellungen in Lehr-Lernprozessen aus (z.B. Chi, 2013; diSessa, 2008; Gerstenmaier & Mandl, 1995; Kattmann et al., 1997; Patry, 2016; Vosniadou, 2013). Andererseits werden positive empirische Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen von Lehrkräften - insbesondere im Hinblick auf Lernendenvorstellungen - und dem Lernerfolg beschrieben (Baumert et al., 2010; Hill et al., 2005; Sadler et al., 2013). Unterschiedliche wissens- bzw. fertigungsbezogene Elemente rund um diesen Themenkomplex finden sich daher in zahlreichen Modellen zum fachdidaktischen Wissen (Berry et al., 2015; Grossebrahm, 2013; Park & Oliver, 2008; Schmelzing et al., 2013) bzw. zur Lehrerprofessionalisierung (Baumert & Kunter, 2006; Oser, 1997; Weinert et al., 1990). Um diese Lernendenvorstellungen gezielt für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen berücksichtigen zu können, müssen sie jedoch zunächst diagnostiziert werden (von Aufschnaiter & Alonzo, 2018; Kattmann et al., 1997; Kerr et al., 2006; Reinfried et al., 2009).

Studien zeigen allerdings, dass nur wenige (angehende) Lehrkräfte Lernendenvorstellungen gezielt diagnostizieren bzw. diese in der Vorbereitung auf Lehr-Lernprozesse mit einplanen (z.B. Kind, 2016; Larkin, 2012; Mellado, 1997; Morrison & Lederman, 2003). Als Gründe werden fehlendes Wissen um die Diagnose bzw. Lernendenvorstellungen sowie methodische Schwierigkeiten auf Seiten der (angehenden) Lehrkräfte angeführt (Abell, 2008; Duit & Treagust, 2003; Morrison & Lederman, 2003; Nussbaum, 1981; Pietzner, 2015; Sadler et al., 2013; Uhren et al., 2013; Wilhelm, 2008; Yang et al., 2014).

Angehenden Lehrkräfte sollten daher im Rahmen ihrer universitären fachdidaktischen Bildung Angebote zur Verfügung gestellt werden, mittels derer sie ihre diagnostischen Fähigkeiten verbessern können (Lucero et al., 2017; Naah, 2015). Entsprechend ist das Ziel dieser Dissertation die Entwicklung und Erforschung einer seminaristischen Lernumgebung zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten. Dies soll exemplarisch anhand der Konzepte der chemischen Reaktion am Beispiel einer Verbrennung, der ionischen Bindung sowie des chemischen Gleichgewichts geschehen. Zur Umsetzung dessen wurden in der vorliegenden Arbeit zunächst verschiedene Teilschritte definiert, die sich in insgesamt drei zentrale Forschungsanliegen gliedern und in sieben Teilstudien schwerpunktartig thematisiert wurden. Die Forschungsanliegen und Teilstudien werden im folgenden Abschnitt eingeleitet und dargestellt. Ferner gliedern sie die weitere Darstellung der Zusammenfassung der Dissertationsleistung (Kapitel 2).

## 1.1 Forschungsanliegen

### **Forschungsanliegen 1: Systematische Aufarbeitung des Forschungsstands sowie Entwicklung und Evaluation von Diagnoseinstrumenten (Teilstudien 1 und 2)**

Lehrpersonen werden im Zuge eines Diagnoseprozesses von Lernendenvorstellungen vor eine Vielzahl von Entscheidungen gestellt. Diese beinhalten u.a. die Fragestellung, welche Vorstellungen zu einem speziellen Thema bzw. Kontext als häufig anzusehen sind und somit eine herausragende Bedeutung haben (Grüß-Niehaus & Schanze, 2011; Malleus et al., 2016; Ünal et al., 2006). Umfassende Reviews, die den aktuellen Stand der Forschung zu Lernendenvorstellungen zusammenfassen, können eine wichtige Entscheidungsgrundlage bilden. Für einige Konzepte, wie bspw. die chemische Bindung (Özmen, 2004), die Löslichkeit (Grüß-Niehaus & Schanze, 2011) oder das chemische Gleichgewicht (Chandrasegaran et al., 2014; Özmen, 2008) existieren bereits Reviews. Allerdings sei angemerkt, dass bspw. im Falle des chemischen Gleichgewichts bislang primär auf einzelne Länder fokussiert wird. Zu zahlreichen weiteren Konzepten, Themen, Phänomenen oder Kontexten existieren vornehmlich einzelne Forschungsarbeiten (vgl. auch Duit, 2009). Gleiches gilt für die Entwicklung von themenbezogenen Diagnoseinstrumenten bzw. Materialien (Marohn, 2008b).

Die Ziele des ersten Forschungsanliegens umfassen daher die Identifizierung empirisch häufiger alternativer Lernendenvorstellungen sowie die Entwicklung und Evaluation darauf bezogener Diagnosematerialien. Zur Erreichung dieser Ziele wurde exemplarisch anhand des Konzeptes des chemischen Gleichgewichts ein methodisches Vorgehen literaturgeleitet entwickelt und angewendet (Teilstudie 1: Heeg, Bittorf & Schanze 2020; Kapitel 2.1.3). Dieses Vorgehen fand ebenfalls Anwendung für die weiteren Konzepte (chemische Reaktion am Beispiel von Verbrennungen und ionische Bindung). Ersteres ist in Heeg, Hundertmark und Schanze (2020) dokumentiert und in Kapitel 2.1.3 beschrieben. Die Erkenntnisse aus den jeweiligen systematischen Zusammenstellungen wurden wiederum genutzt, um konzeptbezogene Diagnoseinstrumente zu entwickeln und zu evaluieren. Auch dieser Prozess wird exemplarisch anhand des Konzeptes der chemischen Reaktion am Beispiel Verbrennung dargestellt (Teilstudie 2: Heeg, Hundertmark & Schanze 2020; Kapitel 2.1.4).

### **Forschungsanliegen 2: Kriteriengeleitete Entwicklung und Evaluation von Videovignetten zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten (Teilstudien 3 und 4)**

Das Ziel des zweiten Forschungsanliegens bestand darin, die ermittelten empirisch häufigen alternativen Lernendenvorstellungen erfahrungsbasiert und diagnostizierbar für angehende Lehrkräfte zu machen. Videos, die wenige Lernende beim fachlichen Austausch über einzelne Phänomene zeigen, werden für diesen Zweck als geeignet beschrieben (von Aufschnaiter & Rogge, 2010; Rath, 2017). Die bisherige Studienlage hierzu kann aktuell jedoch lediglich als explorativ angesehen werden. Dies gilt insbesondere für die kriteriengeleitete Erstellung

derartiger Videos und deren Weiterverarbeitung zur Videovignetten. Für die Physik- und Biologiedidaktik liegen bereits Publikationen über Videovignetten vor, die wenige Lernende beim Austausch über fachliche Phänomene zeigen. Diese wurden außerdem zur Erfassung der diagnostischen Fähigkeiten angehender Lehrkräfte eingesetzt (Dannemann et al., 2018; Hoppe et al., 2020; Rath, 2017). Für die Chemiedidaktik liegen keine vergleichbaren Publikationen oder veröffentlichte Videovignetten vor. Daher wurden für jedes der drei Konzepte videografierte Austauschsituationen mit zwei bis drei Schülerinnen und Schülern aufgezeichnet und forschungsgeleitet zu Videovignetten verarbeitet. Zusätzlich wurden theorie- bzw. empiriebasierten Vorgaben für einen solchen Verarbeitungsprozess entwickelt (Teilstudie 3: Dannemann et al. 2019; s. Kapitel 2.2.1). Anschließend wurden die produzierten Videovignetten mit Studierenden in einer Pilotstudie evaluiert (Teilstudie 4: Heeg und Schanze 2019; Kapitel 2.2.1).

### **Forschungsanliegen 3: Erforschung der Förderung diagnostischer Fähigkeiten (Teilstudien 5 bis 7)**

Für angehende Lehrkräfte stellt die Analyse von Videos, die Lehr-Lernprozesse zeigen, eine komplexe Aufgabe dar (u.a. Berliner, 2001; Carter et al., 1988; Schäfer & Seidel, 2015). Daher sollte eine Einbettung in eine instruktionale Umgebung vorgenommen werden (z.B. Krammer & Reusser, 2005; Seago, 2004). Weiterhin zeigen Untersuchungen, dass (angehende) Lehrkräfte in vielen Fällen selbst über alternative Vorstellungen über Lernendenvorstellungen verfügen (u.a. Barthmann et al., 2019; Gomez-Zwiep, 2008; Ilyas & Saeed, 2018; Larkin, 2012; Pine et al., 2001). Über mögliche Auswirkungen dieser Vorstellungen über Lernendenvorstellungen auf die diagnostischen Fähigkeiten ist aktuell jedoch wenig bekannt.

Die Ziele des dritten Forschungsanliegens liegen daher in der Entwicklung eines Seminars zur Förderung der diagnostischen Fähigkeiten sowie in der Erforschung möglicher Entwicklungsverläufe dieser Fähigkeiten. Ferner soll die Rolle potentieller Einflussfaktoren untersucht werden. Zur Umsetzung dessen wurde zunächst ein Kategoriensystem zur Ermittlung der Güte einer Diagnose entwickelt (Teilstudie 6: Heeg, Bittorf & Schanze, 2021a; Kapitel 2.3.1). Ferner wurde aufbauend auf den Erkenntnissen der ersten beiden Forschungsvorhaben eine seminaristische Lernumgebung gestaltet (s. Kapitel 2.3.3). Dies geschah in Anlehnung an das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Teilstudie 5: Heeg, Bittorf & Schanze, 2021b). Anschließend wurden die Entwicklungsverläufe von sieben Studierenden über den Zeitraum eines Semesters im Rahmen dieses Seminars untersucht (Teilstudie 6: Heeg, Bittorf & Schanze, 2021a; Kapitel 2.3.4). Hierbei fand ebenfalls eine Erhebung der Vorstellungen über Lernendenvorstellungen statt.

Abschließend wurden praxisnahe Hinweise zu einem systematischen und empiriebasierten Umgang mit Lernendenvorstellungen exemplarisch anhand des Konzepts des chemischen Gleichgewichts entwickelt (Teilstudie 7: Heeg, Steinich & Hundertmark, 2018; Kapitel 2.3.5).

## **2 Zusammenfassung der schriftlichen Dissertationsleistung**

### **2.1 Forschungsanliegen 1: Systematische Aufarbeitung des Forschungsstands sowie Entwicklung und Evaluation von Diagnoseinstrumenten (Teilstudien 1 und 2)**

#### **2.1.1 Lernendenvorstellungen als Ausgangspunkt der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen**

Dem vorliegenden Forschungsprojekt liegt eine (moderat) konstruktivistische Perspektive auf Lehren und Lernen zugrunde (Gerstenmaier & Mandl, 1995; Riemeier, 2007). Dieser Perspektive folgend ergibt sich für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen, dass Vorstellungen von jedem Individuum selbstständig konstruiert werden und nicht unmittelbar weitergeben werden können (Gerstenmaier & Mandl, 1995; Riemeier, 2007; Widodo & Duit, 2004, 2005). Der Konstruktionsprozess geschieht dabei auf der Grundlage der bisherigen Vorstellungen, die zumeist durch alltägliche, sensomotorische oder soziale Erfahrungen gebildet werden (Lakoff & Johnson, 2014; Niebert et al., 2012; Niebert & Gropengiesser, 2015). Unter den individuellen fachbezogenen Vorstellungen bzw. Lernendenvorstellungen werden im Rahmen dieser Studie in Anlehnung u.a. an Baalman et al. (2004) alle individuellen gedanklichen Prozesse verstanden, die sich auf ein jeweiliges fachbezogenes Konzept, Thema, Phänomen, Gegenstand o.ä. beziehen. Hierbei wird zunächst keine Unterscheidung zwischen der Herkunft der Vorstellungen, ihrer Stabilität oder der Beurteilung vor einem fachlichen Referenzrahmen getroffen. Zu all diesen Aspekten werden in der Literatur verschiedene – sich teils widersprechende – Theorien angeführt (Duit & Treagust, 2003; Özdemir & Clark, 2007; Stark, 2003). Solche Lernendenvorstellungen, die in einer spezifischen Situation nicht mit den wissenschaftlich anerkannten Vorstellungen übereinstimmen, werden hier wertfrei als alternative Vorstellungen bezeichnet (Gropengiesser & Marohn, 2018; Wandersee et al., 1994).

#### **2.1.2 Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern im Chemieunterricht und deren Diagnose**

Individuelle Lernendenvorstellungen spielen im Chemieunterricht eine zentrale Rolle (Taber, 2019). Begründet wird dies u.a. mit der hohen Komplexität, die im Chemieunterricht durch ein stetiges Wechselspiel von makroskopischen Beobachtungen und deren Deutung auf einer submikroskopischen Ebene entstehen (Johnstone, 1991, 2000; Taber, 2013). Vorgänge und Entitäten auf dieser submikroskopischen Ebene sind mit unseren Sinnen nicht direkt wahrnehmbar. Daher sind wir gezwungen auf Modellierungen zurückzugreifen, um mit diesen Vorgängen bzw. Entitäten operieren zu können (Taber, 2013). Diese Modellierungen sind in der Regel abstrakt und widersprechen teilweise unseren lebensweltlichen Erfahrungen (Niebert et al., 2012). Forschende wie Lehrende können ohne größere Schwierigkeiten diese Ebenen gedanklich voneinander trennen bzw. zwischen ihnen wechseln (Johnstone, 2000). Lernende haben hierbei teils erhebliche Probleme (Davidowitz & Chittleborough, 2009). So übertragen sie vielfach ihre im Alltag entstandenen und dort

tragfähigen Erfahrungen auf Vorgänge bzw. Entitäten der submikroskopischen Ebene (Niebert et al., 2012; Niebert & Gropengiesser, 2015). Aus dieser Nutzung von (alltäglichen) Vorstellungen außerhalb ihres Entstehungskontextes resultieren alternative Lernendenvorstellungen (Chandrasegaran et al., 2008; Onwu & Randall, 2006; Smith III et al., 1993). Vorstellungen gelten darüber hinaus als kontextspezifisch (z.B. Boujaoude, 1991; Taber, 2000).

Die Berücksichtigung von alternativen Lernendenvorstellungen bei der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen soll – gemäß einer konstruktivistischen Perspektive – zu einem größeren Lernerfolg führen (Duit et al., 2013; Sadler et al., 2013; Taber, 2019; Widodo & Duit, 2004). Um dies jedoch umsetzen zu können, müssen die Vorstellungen der Lernenden innerhalb einer Lerngruppe diagnostiziert werden (von Aufschnaiter & Alonzo, 2018; Gurel et al., 2015; Kattmann et al., 1997; Kerr et al., 2006; Reinfried et al., 2009). Da Vorstellungen nicht unmittelbar erhoben werden können (Gropengießer, 1999, 2006), werden instruktionale Hilfestellungen benötigt, die es einerseits den Lernenden ermöglichen, ihre individuellen Vorstellungen zu externalisieren und andererseits Lehrenden eine Möglichkeit bieten, die Vorstellungen zu diagnostizieren. Eine Externalisierung kann hierbei in z.B. Form von Worten oder Zeichnungen geschehen.

### **2.1.3 Systematische Zusammenstellung empirisch häufiger Lernendenvorstellungen**

Zentral für die Entwicklung und den Umgang mit Diagnoseinstrumenten bzw. Methoden ist das Vorhandensein eines Referenzrahmens zur Beurteilung, ob und inwiefern die erhobenen Vorstellungen bei einer Vielzahl von Lernenden in einer vergleichbaren Form auftreten und nicht lediglich einzelne Artefakte sind (Marohn, 2008b; Treagust, 1988). Mittlerweile findet sich ein umfangreicher und breit differenzierter Forschungsstand zu den alternativen Vorstellungen von Lernenden über chemische Inhalte (s. hierzu bspw. Duit, 2009). (Angehende) Lehrkräfte sollten, sofern sie diese Vorstellungen in ihren Planungen berücksichtigen wollen, die zentralen und somit bedeutsamen Vorstellungen kennen (Malleus et al., 2016). Allerdings kann eine breite Streuung über eine große Anzahl an wissenschaftlichen Artikeln in verschiedenen Journalen die Nutzung für Lehrende erschweren. Dies gilt insbesondere für angehende Lehrkräfte, da diese tendenziell weniger Zeit dafür aufwenden (können), die Forschungsliteratur nach alternativen Lernendenvorstellungen zu durchsuchen (Galvin et al., 2015). Eine mögliche Folge dessen ist, dass wissenschaftliche Erkenntnisse nicht oder nur in einem geringen bzw. fragmentierten Umfang bei (angehenden) Lehrkräften ankommen (Taber, 2001).

Systematische Zusammenstellungen bzw. Reviews können diesbezüglich eine zielführende Maßnahme sein, um einen aktuellen Status quo abzubilden und fokussiert darzustellen (Ünal et al., 2006). Für verschiedene Themen bzw. Konzepte liegen bereits Zusammenstellungen an häufig beobachteten Lernendenvorstellungen vor. Dies gilt bspw. für das Lösen einer ionischen Verbindung (Grüß-Niehaus & Schanze, 2011), die chemische Bindung (Özmen, 2004) oder auch das chemische Gleichgewicht (Chandrasegaran et al., 2014; Özmen, 2008).

Bei Letzterem ist jedoch zu beachten, dass innerhalb dieser Reviews vornehmlich auf einzelne Länder fokussiert wird. Ferner wird der Auswahlprozess der zusammengefassten Studien sowie der systematische Umgang mit den dort beschriebenen Vorstellungen nicht transparent gemacht. Zusätzlich gilt, dass die Autorinnen und Autoren unterschiedliche Erhebungsmethoden (Gurel et al., 2015) sowie theoretische Hintergründe (z.B. Özdemir & Clark, 2007) nutzen. Hieraus können sich gegensätzliche Perspektiven über Lernendenvorstellungen ergeben, die wiederum Auswirkungen auf die weitere Forschung haben können (Larkin, 2012). Weiterhin haben sich bislang keine Standards durchgesetzt, die die inhaltliche wie sprachliche Formulierung der Vorstellungen regeln.

Aufbauend auf diesen Desideraten wurde in Heeg, Bittorf und Schanze (2020) exemplarisch anhand des chemischen Gleichgewichts eine systematische Zusammenstellung alternativer Lernendenvorstellungen durchgeführt, welche primär zwei Ziele adressiert: Erstens soll exemplarisch aufgezeigt werden, wie der aktuelle Forschungsstand zu alternativen Lernendenvorstellungen systematisch aufgearbeitet werden kann. Hierfür wurden u.a. Vorschläge angebracht, welche Ordnungskriterien sich für diesen Prozess eignen. Ferner wurden Vorschläge unterbreitet, wie mit den gefundenen Artefakten umgegangen werden kann. Auch wurde angeregt, auf welcher inhaltlichen Ebene Vorstellungen formuliert werden können, um eine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Formulierungen sicherzustellen. Zweitens soll der Forschungsstand für Lehrende in Schule wie Hochschule so aufgearbeitet werden, dass eine direkte Nutzung für die Ausbildungs- und Unterrichtspraxis ermöglicht wird. Um diese beiden Ziele umsetzen, wurde unter Nutzung der PRISMA-Standards (Moher et al., 2009) ein systematisches Review durchgeführt. Die PRISMA-Standards setzen hierbei einen methodischen Rahmen, um den Reviewprozess transparent durchzuführen und die jeweiligen Entscheidungsschritte zu dokumentieren. Inhaltlich leitend waren bisherige Reviews zu themenbezogenen Lernendenvorstellungen (z.B. Bain & Towns, 2016; Ünal et al., 2006) bzw. zu Erhebungsinstrumenten (Gurel et al., 2015). Neben etablierten Aspekten, wie bspw. einem peer-review-Begutachtungsverfahren, wurden in Heeg, Bittorf und Schanze (2020) auch weitere Vorschläge für mögliche Auswahlkriterien unterbreitet. Hierzu zählen bspw., dass in den jeweiligen Beiträgen Lernendenvorstellungen zum chemischen Gleichgewicht außerhalb der theoretischen Grundlagen formuliert werden müssen. Dies wurde mit aufgenommen, um eine reine Wiedergabe des bisherigen Literaturstandes zu vermeiden. Aus einer Gesamtanzahl von 284 Studien wurden systematisch 18 Studien ausgewählt und analysiert. Für eine thematische Gliederung der Ergebnisse fand eine Entnahme von insgesamt fünf fachlichen Kategorien aus den jeweiligen Beiträgen statt (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020). Diese umfassen z.B. den Zeitraum bis zur Einstellung des chemischen Gleichgewichts oder die Beeinflussung eines chemischen Gleichgewichts durch die Veränderung von Parameter (Temperatur, Druck oder Stoffmenge). Das Ergebnis dieses Reviewprozesses zeigt, dass innerhalb der untersuchten Studien 239 alternative Lernendenvorstellungen genannt werden. Aufgrund der teilweise inhaltlichen Deckungsgleichheit einzelner Vorstellungen wurden diese zu 32 übergreifenden Erklärungsmustern zusammengefasst (s. hierzu auch Gropengießer, 2008; Kattmann et al.,

1997). Diese 32 Erklärungsmuster verteilen sich über alle fünf fachlichen Kategorien, die vorher den Studien entnommen wurden. Einige der Vorstellungen lassen sich dabei häufiger in den untersuchten Studien finden als andere. So zeigen die Ergebnisse, dass beispielsweise die alternative Lernendenvorstellungen „Katalysatorzugabe beeinflusst selektiv die Geschwindigkeit der Hin- oder der Rückreaktion“ (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020, S. 8) in verschiedenen Studien länderübergreifend ermittelt werden kann.

Diese Erkenntnisse zur systematischen Zusammenstellung von alternativen Lernendenvorstellungen fanden ebenfalls in Heeg, Hundertmark und Schanze (2020) Verwendung bei der Formulierung der dortigen Übersicht zu Lernendenvorstellungen zur Verbrennung. Hier konnten die Autorin und die Autoren insgesamt 55 verschiedene Vorstellungen identifizieren, welche allerdings auch fachlich adäquate Vorstellungen umfassen. Die Übersicht zeigt ebenfalls, dass einige alternative Vorstellungen in verschiedenen Studien in vergleichbaren Wortlauten identifiziert werden können. Entsprechend kann auch hier von einer empirischen Bedeutsamkeit dieser Lernendenvorstellungen ausgegangen werden. So zeigt sich bspw., dass die Vorstellungen, dass *Gase weniger wiegen als Feststoffe bzw. kein Gewicht haben* oder, dass *Kohle im Zuge einer Verbrennung den Aggregatzustand wechselt* in mehreren Studien Erwähnung finden.

#### **2.1.4 Entwicklung und Evaluation von konzeptbezogenen Diagnoseinstrumenten**

Heeg, Hundertmark und Schanze (2020) fassen u.a. in Anlehnung an Empfehlungen von Treagust (1988) Erkenntnisse zur Gestaltung instruktionaler Möglichkeiten zur Unterstützung eines Externalisierungsprozesses von Lernendenvorstellungen zusammen. Hierbei machen die Autorin und die Autoren deutlich, dass verschiedene instruktionale Möglichkeiten unterschiedliche Potentiale für verschiedene Vorstellungen aufweisen (s. hierzu auch Ünal et al., 2006). Viele unterrichtsnahe Varianten, wie bspw. Concept Cartoons (Steininger & Lembens, 2011; Stenzel & Eilks, 2005), Zeichnungen (Barke et al., 2018) oder schriftliche Kurzabfragen (Kattmann, 2015) fokussieren zumeist auf die Nutzung einer Modalität (Text bzw. Zeichnung). Vergleichbares gilt für wissenschaftliche Erhebungen. Auch hier werden häufig nur einzelne Instrumente eingesetzt (Heeg et al., 2020). Es wurden aber auch komplexere Konzeptionen zur Diagnose und zum Umgang mit Lernendenvorstellungen entwickelt, wie bspw. Choice2learn (Marohn, 2008a). Choice2learn zeichnet sich durch eine mehrstufige, instruktionale Einbettung aus, welche es den Lernenden ermöglicht, sich ihrer individuellen Vorstellungen bewusst zu werden, bevor sie diese in Kleingruppen gemeinsam und angeleitet weiterentwickeln können. Diese dezentralen Phasen sind gleichzeitig flankiert durch vorherige wie nachfolgende Unterrichtsgespräche (Marohn & Egbers, 2011). Wenngleich es für verschiedene Themenbereiche bzw. Kontexte Erhebungsinstrumente gibt, so besteht dennoch ein Bedarf an weiteren themenbezogenen Materialien, die die Lernenden in der holistischen Externalisierung ihrer Vorstellungen unterstützen.



Laut Heeg, Hundertmark und Schanze (2020) sollten bei der Entwicklung solcher Instrumente bzw. Materialien u.a. die folgenden Aspekte Beachtung finden:

(1) Die kombinierte Nutzung verschiedener Modalitäten: Einzelne Modalitäten weisen unterschiedliche Potentiale auf, die Externalisierung verschiedener Vorstellungen zu befördern bzw. ermöglichen. So können bspw. Zeichnungen zielführend von Lernenden eingesetzt werden, um Vorstellungen zu externalisieren, die sie sprachlich nicht und nur schwer äußern können (Brooks, 2009; Cheng & Gilbert, 2009; Jewitt et al., 2001; Nyachwaya et al., 2011; Taber, 2003; Ünal et al., 2006). Dies kann häufig dann beobachtet werden, wenn die Lernenden statische Aspekte (z.B. Molekülstrukturen) betonen möchten (Akaygun & Jones, 2014; Ryan & Stieff, 2019). Textliche Antworten werden hingegen primär in Situationen verwendet, in denen prozesshafte Aspekte im Vordergrund stehen (Akaygun & Jones, 2014; Ryan & Stieff, 2019). Der Einsatz einzelner Erhebungsinstrumente bzw. die Nutzung einzelner Modalitäten ist jedoch stets mit gewissen Limitationen verbunden (Gurel et al., 2015). Erst der kombinierte Einsatz aus verschiedenen Erhebungsmöglichkeiten kann dazu beitragen, dass die jeweiligen Potentiale zielführend ausgeschöpft werden, bei gleichzeitiger Minimierung der einzelnen Limitationen (Gurel et al., 2015). Insbesondere die Kombination aus Zeichnungen und textlichen Beschreibungen kann als bedeutsam angesehen werden (Ryan & Stieff, 2019).

(2) Berücksichtigung der Kontextspezifität von Vorstellungen: Aufgrund der potentiellen Kontextspezifität individueller Vorstellungen (z.B. Taber, 2001), ist eine valide Interpretation der externalisierten Vorstellungen daher nur in den jeweiligen Kontexten zielführend, in denen sie erhoben wurden (Kattmann et al., 1997). Für instruktionale Möglichkeiten zur Externalisierung von Vorstellungen gilt daher, dass sie ein möglichst genaues Situationsmodell des Kontextes bei den Lernenden hervorrufen sollten, welches zu dem intendierten Situationsmodell der Forschenden passt.

Mit den Arbeitsblättern der Peer-Interaction-Methode (Schanze & Busse, 2015) liegt eine Möglichkeit vor, die verschiedene Modalitäten berücksichtigt und einen spezifischen Kontext adressiert, ohne dabei die möglichen Antworten zu stark einzuschränken. Die Arbeitsblätter bestehen in der Regel aus einer Kombination von mindestens drei Bestandteilen: Einleitend findet sich eine Beschreibung, in welcher notwendige Informationen enthalten sind, um ein passenden Situationsmodell aufzubauen. Ferner dient diese Beschreibung dazu, eventuelle terminologische Unklarheiten zu klären. Diese könnten andernfalls die Erhebung für die Lernenden erschweren (Schmiemann, 2011). Anschließend folgt eine variable Anzahl an offenen bzw. geschlossenen Aufgaben. Diese sind zumeist als Two-Tier-Aufgaben (z.B. Treagust, 1988) angelegt. Als zweite Stufe (Tier) wird hierbei eine Begründung für die Auswahl bzw. Beantwortung der ersten Stufe (Tier) verlangt. Als dritten Bestandteil enthalten die Aufgabenblätter eine Zeichenaufgabe, auch hier in der Regel in Kombination mit einer anschließenden Begründung bzw. Erläuterung. Thematisch sind die Aufgabenblätter jeweils an Teilbasiskonzepten (bspw. starken und schwachen Säuren im Kontext des Donator-Akzeptor-Konzeptes) ausgerichtet. Die Peer-Interaction-Methode

unterscheidet sich somit von anderen unimodalen Erhebungsinstrumenten, wie bspw. Concept Cartoons (Keogh & Naylor, 1999; Steininger & Lembens, 2011), Zeichnungen (Dove et al., 1999; Ehrlén, 2009; Gropengießer et al., 2013; Köse, 2008; Sanger, 2000) oder Concept Maps (Ross & Munby, 1991; Willson & Williams, 1996).

Zur Ermittlung, inwieweit die PIM-Arbeitsblätter Lernende dabei unterstützten, ihre (alternativen) Lernendenvorstellungen zu externalisieren, werten Heeg, Hundertmark und Schanze (2020) Daten von 136 Schülerinnen und Schüler der 8. und 9. Jahrgangsstufe aus. Die Lernenden durchliefen dabei jeweils die beiden Phasen der Peer-Interaction-Methode und füllten die entsprechenden individuellen wie gemeinsamen Arbeitsblätter aus. Die Autorinnen und Autoren kommen bei ihrer Auswertung zu dem Schluss, dass von den 55 als zentral identifizierten Vorstellungen (s.o.) mittels der PIM-Arbeitsblätter 33 adäquate wie inadäquate (alternative) Vorstellungen erhoben werden können. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen ferner, dass alle Modalitäten und Aufgabenstellungen der PIM-Arbeitsblätter benötigt werden, um die Lernendenvorstellungen holistisch erheben zu können. So können einerseits einige Vorstellungen primär bei der Zeichenaufgabe, andere wiederum verstärkt bei den weiteren Aufgaben ermittelt werden. Andererseits zeigen die Ergebnisse auch, dass einige Vorstellungen konsistent über verschiedene Aufgaben hinweg ermittelt werden können. Die erhobenen Vorstellungen unterscheiden sich außerdem in der beobachteten Häufigkeit. Dieses Ergebnis lässt in Kombination mit den Ergebnissen des Literaturreviews (s.o.) vertiefende Rückschlüsse auf die empirische Bedeutsamkeit einiger alternativer Vorstellungen zu. Hierzu zählen u.a. die alternativen Vorstellungen, dass *Kohle während einer Verbrennung den Aggregatzustand wechselt* oder auch, dass *Gase kein Gewicht haben bzw. weniger wiegen als Feststoffe*.

## **2.2 Forschungsanliegen 2: Kriteriengeleitete Entwicklung und Evaluation von Videovignetten zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten (Teilstudien 3 und 4)**

### **2.2.1 Kriteriengeleitete Entwicklung von Videovignetten im Rahmen des fallbasierten Lernens sowie deren Evaluation**

Diagnostische Tätigkeiten umfassen das methodisch kontrollierte Interpretieren von Beobachtungen mit dem Ziel Rückschlüsse auf latente Konstrukte zu erhalten (Heitzmann et al., 2019). Diese Tätigkeiten gelten daher als äußerst anspruchsvoll (Hascher, 2008) und müssen von (angehenden) Lehrpersonen zunächst erlernt werden (Hascher, 2008; Meister et al., 2020). Im Zusammenhang mit der Förderung komplexer fachdidaktischer Inhalte hat sich der Einsatz von Videos als zielführend herausgestellt (Barnhart & van Es, 2015; D. M. Levin et al., 2009). Dies gilt insbesondere auch für die Förderung diagnostischer Fähigkeiten (Heitzmann et al., 2019). Der erstmalige Einsatz von Videos im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung reicht bereits einige Jahrzehnte zurück (van Es & Sherin, 2008). Seither bilden sie ein festes und häufig genutztes Element. Jedoch müssen bei der Konzeption und Erstellung der zugrundeliegenden Videos bzw. deren Weiterverarbeitung zu Videovignetten

je nach Einsatzziel verschiedene Gestaltungsmerkmale berücksichtigt werden (Olson et al., 2016; Wildgans-Lang et al., 2020).

Es existieren unterschiedliche Aspekte, die die Gestaltung, die Weiterverarbeitung sowie den Einsatz von Videos in der Lehrkräftebildung betreffen (Blomberg et al., 2013). Diese beziehen sich allerdings auf eine Vielzahl verschiedener Einsatzzwecke und sind nicht unmittelbar auf die Gestaltung von Videovignetten zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten anwendbar. Dannemann et al. (2019) fassen daher in ihrem Beitrag diese Gestaltungsmerkmale zusammen und adaptieren sie auf den Gegenstand der Diagnose von Lernendenvorstellungen, ergänzen sie um weitere Merkmale, die sie aus eigenen Studiendaten ableiten und systematisieren diese Merkmale abschließend in drei Dimensionen. Die erste Dimension umfasst konzeptuelle Aspekte und zielt somit auf die Gestaltung der Videovignetten. Für das Ziel der Förderung diagnostischer Fähigkeiten in Bezug auf Lernendenvorstellungen werden Videos benötigt, die in einem komplexitätsreduzierten Setting auf einzelne Lernende und deren Verstehensprozesse fokussieren (Olson et al., 2016; Rath, 2017; Wildgans-Lang et al., 2020). Die zugrundeliegenden Aufnahmen sollten darüber hinaus realen (nicht gestellten) Situationen entstammen. Dies erhöht die wahrgenommene Authentizität der Videos (Sherin et al., 2009). Gleichermaßen wird hierdurch die berufsbezogene Relevanzwahrnehmung der angehenden Lehrkräfte gesteigert (von Aufschnaiter et al., 2017). Die zweite Dimension umfasst analytische, also auf die Wirkung bezogene, Aspekte (Dannemann et al., 2019). Im Zuge des oben geschilderten Bearbeitungsprozesses entstehen aus den Videoaufnahmen in einem forschungsgeliteten Prozess Videovignetten (von Aufschnaiter et al., 2017; Upmeyer zu Belzen & Merkel, 2014). Eine Vignette beschreibt hier ein redaktionell gekürztes und neugestaltetes Video, in welchem verschiedene Szenen neu strukturiert werden, ohne dabei den Inhalt zu verfälschen. Teil dieses Prozesses ist die Auswahl bedeutungstragender Szenen, die Rückschlüsse auf die Vorstellungen der Lernenden in dem Video zulassen (Dannemann et al., 2019). Somit soll sichergestellt werden, dass empirisch häufige alternative Lernendenvorstellungen innerhalb der Videovignette diagnostizierbar sind. Da für eine umfassende Diagnose jedoch auch wissenschaftlich anerkannte Lernendenvorstellungen zentral sind (s. Kapitel 2.3.1), sollten diese Lernendenvorstellungen ebenfalls innerhalb einer Videovignette diagnostizierbar sein. Ferner berücksichtigt dies den Umstand, dass (angehende) Lehrkräfte zumeist eine defizit- bzw. fehlerorientierte Perspektive auf Lernendenvorstellungen aufweisen (z.B. Gomez-Zwiep, 2008; Larkin, 2012; Mellado, 1997; Meyer, 2004). Die dritte Dimension (Repräsentation) umfasst Dannemann et al. (2019) zufolge Aspekte, die den Bearbeitungsprozess unterstützen sollen. Diesbezüglich wird in der Literatur empfohlen, Aufgabenstellungen ergänzend einzusetzen, die leitend wirken, ohne einzuschränken (von Aufschnaiter et al., 2017; Barnhart & van Es, 2015; Llinares & Valls, 2009; Santagata & Angelici, 2010). Ferner wird ein Lernsetting benötigt, in welchem die Studierenden ohne zeitlichen Handlungsdruck mit den Videos arbeiten können (Rieu et al., 2020).

Im Hinblick auf die Ermöglichung einer umfassenden Diagnose von Verstehensprozessen werden neben einer Videovignette und Aufgabenstellungen auch weitere Kontextinformationen sowie Kontextdokumente benötigt (Bartel & Roth, 2017; Le Fevre, 2004). Die gezielte, forschungsgeleitete Zusammenführung dieser verschiedenen Elemente geschieht in der Regel im Rahmen der Konstruktion eines Fallbeispiels (Upmeier zu Belzen & Merkel, 2014). Lernen anhand von authentischen Fällen bzw. Fallbeispielen spielt in der universitären Bildung und insbesondere in den Bereichen, in denen keine schematischen Lösungswege existieren, eine zentrale Rolle (Zumbach et al., 2008). Der Einsatz von Fallbeispielen kann ebenfalls dazu verwendet werden, um angehenden Lehrkräften eine Reflexionsgrundlage für ihre eigenen Erfahrungen mit Lehr-Lernprozessen zu ermöglichen (Syring et al., 2016). Analog zur Gestaltung von Videos existieren verschiedene Konstruktionsmerkmale, wie bspw. Authentizität oder Relevanz der gezeigten Inhalte (Atria et al., 2006; Jeffries & Maeder, 2005).

Aufbauend auf den beschriebenen Kriterien wurde von Heeg und Schanze (2019) im Rahmen einer Pilotstudie eine Videovignette zum Konzept der chemischen Reaktion am Beispiel Verbrennung entwickelt und in einer chemiedidaktischen Veranstaltung mit angehenden Lehrkräften (BA, 2. bzw. 4. Semester) evaluiert. Hierbei wurden quantitative (Fragebogen, N=9) wie qualitative (inhaltsanalytische Auswertung der Aufgabenbearbeitungen, N=16) Forschungsmethoden eingesetzt. Die Fragebogenitems (u.a. in Anlehnung an Hippel & Reich-Claassen, 2013) zielen primär auf die Wahrnehmung der Studierenden bzgl. der Umsetzung der oben aufgeführten Gestaltungsmerkmale (z.B. Relevanz, Authentizität, Realbezug) ab. Die qualitativ inhaltsanalytische Auswertung (Mayring, 2015) der schriftlichen Aufgabenbearbeitung gibt Auskunft darüber, inwiefern die Studierenden in der Lage sind, die Vorstellungen adäquat zu diagnostizieren. Die Ergebnisse der Fragebogenerhebung zeigen, dass die eingesetzte Videovignette von den Studierenden als realistisch und authentisch bewertet wird. Auch eine hohe Relevanzwahrnehmung wird von den Studierenden beschrieben. Die Auswertung der Aufgabenbearbeitung zeigt, dass die angehenden Lehrkräfte Lernendenvorstellungen diagnostizieren können. Die Aufgabenstellungen unterstützen dabei den Bearbeitungsprozess, ohne diesen auf einzelne alternative Lernendenvorstellungen einzuengen. Allerdings zeigen die Ergebnisse ebenfalls, dass die Studierenden mehrheitlich über rudimentäre diagnostische Fähigkeiten verfügen und primär defizit- bzw. fehlerorientiert vorgehen. Diese Befunde können als Ausgangslage zur Gestaltung weiterer Seminarkonzepte angesehen werden (Lohmann, 2006).

## **2.3 Forschungsanliegen 3: Erforschung der Förderung diagnostischer Fähigkeiten (Teilstudien 5 bis 7)**

### **2.3.1 Modellierungen diagnostischer Fähigkeiten sowie die Diagnose von Lernendenvorstellungen durch (angehende) Lehrkräfte**

In zahlreichen Modellierungen zum Professionswissen sowie zum fachdidaktischen Wissen sind das Wissen und Fähigkeiten in Bezug auf individuelle Lernendenvoraussetzungen, wie bspw. Lernendenvorstellungen, bzw. deren Diagnose, zentrale Bestandteile (u.a. Brunner et al., 2006; Oser, 1997; Schmelzing et al., 2013; Shulman, 1987; Weinert et al., 1990). Entsprechend existieren unterschiedliche Forderungen von Vertreterinnen und Vertretern der ersten und zweiten Phase der Lehrkräftebildung, Vermittlungsangebote für diese Elemente zu entwickeln und einzusetzen (Grossebrahm, 2013; Kultusministerkonferenz, 2017). Darüber hinaus wird die aktuelle Vermittlungssituation im Rahmen der universitären fachdidaktischen Lehrkräftebildung kritisch betrachtet (z.B. Marohn & Rohrbach, 2013). Bekräftigt werden diese Forderungen durch empirische Erkenntnisse, die Schwierigkeiten von (angehenden) Lehrkräften im Umgang mit bzw. im Wissen um (alternativen) Lernendenvorstellungen aufzeigen (z.B. Chen et al., 2020; Cox et al., 2016; Galvin et al., 2015; Ilyas & Saeed, 2018; Ko & Lee, 2014; Larkin, 2012; J.-W. Lin, 2016; Lucero et al., 2017; Malleus et al., 2016; Mellado et al., 2007; Naah, 2015; Nussbaum, 1981; Otero & Nathan, 2008; Steinwachs & Gresch, 2019; Yakmaci-Guzel, 2013; Yates & Marek, 2014). Mehrheitlich wird in den Studien hervorgehoben, dass (angehende) Lehrkräfte selten einen fachdidaktisch adäquaten Umgang mit Lernendenvorstellungen zeigen bzw. ein umfangreiches Wissen über sie und ihre Diagnose aufweisen. Vielmehr überschätzen (angehende) Lehrkräfte den Untersuchungen zufolge das Wissen ihrer Lernenden und unterschätzen somit den Einfluss bzw. das Vorhandensein alternativer Lernendenvorstellungen (J.-W. Lin, 2016; Malleus et al., 2016). Gleiches gilt für das Wissen um Diagnosemöglichkeiten. Hier berichten bspw. Ilyas und Saeed (2018), dass Chemielehrkräfte über kein adäquates Wissen um mögliche Quellen von alternativen Lernendenvorstellungen oder deren Diagnose verfügen. Entsprechend berücksichtigen diese untersuchten Lehrkräfte in ihrem Unterricht auch keine Lernendenvorstellungen.

Die diagnostischen Fähigkeiten (angehender) Lehrkräfte wurden lange Zeit primär im Kontext pädagogischer bzw. psychologischer Studien untersucht (Horstkemper, 2006; Ingenkamp & Lissmann, 2008; Schrader, 2013). Seit einigen Jahren rücken sie aber auch verstärkt in den Fokus fachdidaktischer Forschung. Hierbei kann eine breite Streuung über unterschiedliche fachdidaktische Inhalte festgestellt werden (von Aufschnaiter et al., 2015; von Aufschnaiter et al., 2017; Bartel & Roth, 2017; Beretz et al., 2017; Dannemann et al., 2018; Dübbelde, 2013; Heinrichs, 2015; Hoppe et al., 2020; Hößle et al., 2017; Meister et al., 2020; Rath, 2017). Diese umfassen bspw. den Umgang mit Diagrammen (Meister et al., 2020), Experimentierprozessen (Dübbelde, 2013) sowie Fehlern im Mathematikunterricht (Heinrichs, 2015). Für das Thema Lernendenvorstellungen liegen ebenfalls erste Kategoriensysteme zur Beschreibung und Bewertung von durchgeführten Diagnosen aus der

Physikdidaktik vor (Rath, 2017). Diese wurden aufbauend auf pädagogisch-psychologischen Studien entwickelt. Auch findet sich die Diagnose von Lernendenvorstellungen als Teilbereich in weitergefassten Beschreibungen des Umgangs mit Lernendenvorstellungen (z.B. bei Marohn & Rohrbach, 2013). Ein umfassendes Kategoriensystem zur Beschreibung der Güte einer Diagnose von Lernendenvorstellungen für die Chemiedidaktik existiert trotz der immensen Bedeutung, die diesem Thema zugeschrieben wird, noch nicht.

Ausgehend hiervon wurde in Heeg et al. (2021a) ein Kategoriensystem entwickelt und dargestellt, welches zur Beurteilung der Güte von Diagnosen herangezogen werden kann. Es besteht aus insgesamt vier inhaltlichen sowie vier methodischen Kategorien. Die jeweiligen Kategorien wurden in einem induktiven Prozess wechselseitig aus Erkenntnissen um den Gegenstand der Lernendenvorstellungen sowie Anforderungen an eine Diagnose aus der pädagogisch-psychologischen Literatur abgeleitet. Zu den inhaltlichen Kategorien zählen (1) die Fokussierung auf inhaltlich eng begrenzte Bereiche, auf die sich eine diagnostizierte Vorstellung bezieht. Dieser Fokus hat sich in einer Vielzahl von Forschungsarbeiten als zielführend herausgestellt (u.a. Baalman et al., 2004; Gropengießer, 1999; Riemeier, 2005, 2010). Ferner ist es zentral für die Güte einer Diagnose, dass (2) sowohl fachlich adäquate wie auch inadäquate Lernendenvorstellungen diagnostiziert werden. Erst die holistische Betrachtung der Lernausgangslage ermöglicht eine gewinnbringende auf der Diagnose aufbauende Planung von Lernangeboten (Kattmann et al., 1997). Im Hinblick auf ein ökonomisches Vorgehen bei der Diagnose im Unterricht, ist (3) die Unterscheidung von empirisch bedeutsamen und empirisch weniger bedeutsamen Lernendenvorstellungen ein weiteres zentrales Kriterium (Hammann & Asshoff, 2017; Heeg, Bittorf & Schanze, 2020; Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020; Yang et al., 2014). Abschließend sollten (4) die getätigten Diagnosen den Autoren zufolge inhaltlich nachvollziehbar sein (Heeg et al., 2021a).

Die Diagnose latenter Lernendenmerkmale kann nicht unmittelbar erfolgen (Heitzmann et al., 2019). Dies gilt insbesondere auch für individuelle Vorstellungen, welche aus persönlichen Externalisierungen durch Dritte konstruiert werden müssen (Gropengießer, 1997). Aufgrund der jeweiligen Potentiale einzelner Erhebungsmethoden sollten diese situationsspezifisch eingesetzt werden (Akaygun & Jones, 2014; von Aufschneider et al., 2015; Gurel et al., 2015; Marohn & Rohrbach, 2013; Rath, 2017). Heeg et al. (2021a) folgern aus diesen Aspekten zwei zentrale methodische Gütekriterien: (1) Die Trennung zwischen Externalisierung und Vorstellung sowie (2) die Nutzung verschiedener Externalisierungen für die Konstruktion von Vorstellungen. Darüber hinaus sollte eine Diagnose (3) personenspezifisch geschehen (McElvany et al., 2009; Rath, 2017). Diesen Aspekt zählen Heeg et al. (2021a) genauso wie (4) die Angabe von Belegen, die ein Diagnoseergebnis methodisch nachvollziehbar machen, ebenfalls zu den methodischen Gütekriterien. Letzteres dient, wie auch die inhaltliche Nachvollziehbarkeit, der Sicherstellung einer systematischen und methodisch kontrollierten Interpretation im Sinne einer formellen Diagnose (Hascher, 2008; Schrader, 2013).

### 2.3.2 Vorstellungen von (angehenden) Lehrkräften über Lernendenvorstellungen

Angehende wie praktizierende Lehrkräfte verfügen über eine Vielzahl an Vorstellungen über Lernendenvorstellungen. Diese bilden ein breites Spektrum, nach denen Lernende keine vorunterrichtlichen Vorstellungen haben, über solche, dass Lernendenvorstellungen Wissenslücken sind, die gefüllt werden müssen, bis hin zu Vorstellungen, nach denen Lernendenvorstellungen eine wichtige Rolle im Lernprozess spielen (Barthmann, 2018; Cox et al., 2016; Galvin et al., 2015; Gomez-Zwiep, 2008; Larkin, 2012; Meyer, 2004; Morrison & Lederman, 2003; Otero & Nathan, 2008). In der Literatur überwiegen jedoch Berichte, nach denen (angehende) Lehrkräfte Lernendenvorstellungen keine zentrale Rolle im Lernprozess bemessen oder diese als fehlerhaft bzw. defizitär beschreiben (Barthmann et al., 2019; Davis et al., 2006; Gomez-Zwiep, 2008; Ilyas & Saeed, 2018; Larkin, 2012; Mellado, 1997; Meyer, 2004; Pine et al., 2001). Der Umgang mit (alternativen) Lernendenvorstellungen beschränkt sich zumeist auf das Ersetzen oder Korrigieren der ursprünglichen Vorstellungen (Cox et al., 2016; Gomez-Zwiep, 2008; Mellado, 1997; Uhren et al., 2013). Entsprechend wird auch die Notwendigkeit einer Diagnose nicht gesehen (für eine weitere Übersicht s. Heeg et al., 2021a). Auch Heeg et al. (2021a) können vergleichbare Vorstellungen über Lernendenvorstellungen in ihren Untersuchungen wiederfinden. Die Autoren untersuchten in einer explorativen Studie die Vorstellungen von sieben angehenden Chemielehrkräften (BA., 4. bzw. 6. Semester) über den Zeitraum eines Semesters. Heeg et al. (2021a) kategorisieren die ermittelten Vorstellungen der Studierenden zusätzlich in drei Kategorien: Verständnis bzw. Definition, Herkunft bzw. Genese sowie Diagnose von Lernendenvorstellungen. Hierbei zeigt sich, dass die jeweiligen Vorstellungen ein in sich weitestgehend kohärentes Gesamtbild ergeben.

Es wird angenommen, dass Vorstellungen über Lernendenvorstellungen in einem engen Zusammenhang zu allgemeinen Vorstellungen über Lehren und Lernen stehen (Yang et al., 2014). Es kann daher gefolgert werden, dass auch diese Vorstellungen primär aus Erfahrungen der eigenen Schulzeit stammen (Fischler, 2000a; Kagan, 1992; Koballa et al., 2000; Pajares, 1992). Aufgrund dieser langfristigen Erfahrungen gelten Vorstellungen über Lehren und Lernen als gefestigt (Kagan, 1992). Da diese Aspekte für Vorstellungen über Lernendenvorstellungen noch nicht hinreichend geklärt sind, untersuchten Heeg et al. (2021a) diesen Aspekt zusätzlich in ihrer Studie. Die Autoren kommen dabei zu der Beobachtung, dass auch Vorstellungen über Lernendenvorstellungen stabil gegenüber Veränderungen sind. Dies gilt sowohl für fachdidaktisch adäquate Vorstellungen, nach denen Lernendenvorstellungen ein Potential für kommende Lehr-Lernprozesse darstellen wie auch für fachdidaktisch nicht adäquate Vorstellungen, nach denen Lernendenvorstellungen eine Hürde für Lehr-Lernprozesse sind. Aus dem Bereich der Lernendenvorstellungen ist zusätzlich bekannt, dass Schülerinnen und Schüler über vielfältige Strategien verfügen, ihre Vorstellungen möglichst unverändert über einen langen Zeitraum belassen zu können (Chinn & Brewer, 1998). Dieser Aspekt wurde bei Heeg et al. (2021a) nicht untersucht. Die Autoren konnten darüber hinaus keine Hinweise darauf finden, dass die Studierenden in ihrer

eigenen Schulzeit explizite Erfahrungen im Umgang mit ihren eigenen Vorstellungen gemacht haben. So äußern die Studierenden, dass sie zu keiner Zeit in ihrer eigenen Schullaufbahn einen für sie wahrnehmbaren Umgang mit ihren individuellen Vorstellungen erlebt hätten. Vielmehr deuten die Ergebnisse der Autoren darauf hin, dass eigene Lehrerfahrungen (z.B. in schulischen Praktika) als eine mögliche Quelle dienen können. Ferner wird vermutet, dass allgemeine Vorstellungen über Lehren und Lernen in einem Zusammenhang mit den jeweiligen Handlungen stehen (Mellado et al., 2007). Inwiefern dies übertragen werden kann auf Vorstellungen über Lernendenvorstellungen ist bislang nicht bekannt (s. hierzu auch Kapitel 2.3.4).

### **2.3.3 Entwicklung einer Seminarkonzeption zur Förderung der diagnostischen Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte**

Erhebungen zeigen, dass Lehrkräfte, die im Rahmen ihrer universitären Bildung oder ihres Referendariats mit Lernendenvorstellungen vertiefend konfrontiert wurden, ein erhöhtes Wissen um themenbezogene Lernendenvorstellungen aufweisen (z.B. Pietzner, 2015). Eine Förderung diagnostischer Fähigkeiten ist daher nicht nur curricular gefordert (Kultusministerkonferenz, 2017), sondern auch erforderlich. Seminaristische Lernumgebung, in welche z.B. Videovignetten eingebettet sind, gelten als lernförderlich (Heitzmann et al., 2019; Kleinknecht & Gröschner, 2016). Aufbauend u.a. auf den Erkenntnissen von Dannemann et al. (2019) sowie Heeg und Schanze (2019) wurde daher von Heeg et al. (2021b) eine seminaristische Umgebung gestaltet. Hierfür wurden zunächst unter Nutzung des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997; Lohmann, 2006) Ziele des Seminars (Zielvorstellungen) literaturbasiert abgeleitet. Teil dieses Prozesses bestand aus dem systematischen In-Beziehung-Setzen von (alternativen) Vorstellungen über Lernendenvorstellungen, den fachdidaktisch adäquaten Vorstellungen über Lernendenvorstellungen sowie den zumeist psychologisch-pädagogisch adäquaten Vorstellungen über den Prozess der Diagnose (s. hierzu auch 2.3.1).

Das übergeordnete Ziel des Seminars bestand in der Förderung der diagnostischen Fähigkeiten der angehenden Chemielehrkräfte sowie in der Weiterentwicklung ihrer Vorstellungen über Lernendenvorstellungen. In insgesamt 14 Sitzungsterminen wurden drei verschiedene Videovignetten schwerpunktartig eingesetzt. Hierbei standen die einzelnen Teilaufgaben der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) jeweils im Vordergrund. Thematisch behandeln die drei Videovignetten die chemische Reaktion am Beispiel Verbrennung (s. hierzu auch Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020), die ionische Bindung sowie das chemische Gleichgewicht (s. hierzu auch Heeg, Bittorf & Schanze, 2020).

Die gemeinsame Bearbeitung von Videovignetten in Kleingruppen wird als lernförderlich beschrieben (Borko et al., 2008; Heitzmann et al., 2019; Krammer & Reusser, 2005; P.-J. Lin, 2005). Dies gilt insbesondere auch für Diskussionen und die Förderung von Reflexionsprozessen im Rahmen des fallbasierten Lernens (B. B. Levin, 1995). Aufgrund der Komplexität der Tätigkeiten empfiehlt sich allerdings die Nutzung einer vorgeschalteten



individuellen Bearbeitungsphase (s. hierzu auch van Boxtel et al., 2000). Zur methodischen Umsetzung der Arbeit mit den Videovignetten verwendeten Heeg et al. (2021b) daher jeweils eine Kombination aus einer individuellen E-Learning-Phase, in welcher sich die Studierenden selbstständig mit dem jeweiligen Fall auseinandersetzen sollten, und einer anschließenden kollaborativen Kleingruppenphase. In dieser Gruppenphase wurden die Studierenden dazu aufgefordert, sich ihre Ergebnisse vorzustellen und eine gemeinsame Lösung anzufertigen. Das Vorgehen ist angelehnt an die Peer-Interaktion-Methode (Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020; Heeg & Schanze, 2019). Innerhalb der Sitzungen wurden darüber hinaus empirisch häufige alternative Lernendenvorstellungen mit den Studierenden thematisiert, um ihr Wissen zu erweitern (Gomez-Zwiep, 2008; Ilyas & Saeed, 2018; Naah, 2015). Gleiches gilt für das Wissen um verschiedene Diagnosemöglichkeiten sowie deren jeweilige Potentiale (Marohn & Rohrbach, 2013).

#### **2.3.4 Potentielle Entwicklungsverläufe diagnostischer Fähigkeiten**

Zu der Entwicklung diagnostischer Fähigkeiten liegen bislang im Rahmen der Chemiedidaktik keine hinreichenden Erkenntnisse vor. Gleiches gilt für eine Beschreibung der Vorgehensweise angehender (Chemie-)Lehrkräfte und für mögliche Einflussfaktoren in Bezug auf die Diagnose von Lernendenvorstellungen. Aufbauend hierauf wurden in einer explorativen Studie sieben angehende Chemielehrkräfte (BA., 4. bzw. 6. Semester), welche in drei Kleingruppen aufgeteilt waren, über den Zeitraum von einem Semester bei der Bearbeitung von drei Fallbeispielen videografiert (Heeg et al., 2021a). Zusätzlich wurden ihre schriftlichen Diagnosen eingesammelt. Zur Ermittlung ihrer Vorstellungen über Lernendenvorstellungen wurden außerdem leitfadengestützte Interviews (Niebert & Gropengießer, 2014) vor und nach dem Seminar durchgeführt. Die schriftlichen Diagnosen wurden qualitativ-inhaltsanalytisch und entlang eines Kategoriensystems (s. Kapitel 2.3.1) ausgewertet (Gropengießer, 2008; Kuckartz, 2018).

Die Ergebnisse von Heeg et al. (2021a) zeigen, dass zu Beginn des Beobachtungszeitraums sich alle Studierenden vorwiegend auf Aussagen der Lernenden in der Videovignette fokussieren, die auf alternative Vorstellungen hindeuten. Zusätzlich kann beobachtet werden, dass die Studierenden zumeist keine Vorstellungen konstruieren, sondern vielmehr einzelne Aussagen der Lernenden zusammenfassen. Auch gelingt es den Studierenden im Zuge des ersten Falls nicht, thematisch eng begrenzte Inhaltsaspekte zu betrachten. Vielmehr gehen sie themenübergreifend in ihren Diagnosen vor. Zu den weiteren methodischen Schwierigkeiten zählen bspw. fehlende Angaben zu Belegen für ihre Diagnoseergebnisse sowie die teilweise nicht vorhandene Trennung zwischen den jeweiligen Schülerinnen und Schülern in der Videovignette. Die Güte der Diagnose ändert sich bei allen Studierenden bei der Bearbeitung des zweiten Falls. Hier gelingt es ihnen überwiegend, thematisch eng begrenzte fachliche Vorstellungen systematisch zu konstruieren. Ferner berücksichtigen sie zumeist gleichberechtigt fachlich adäquate wie inadäquate Vorstellungen der Lernenden. Schwierigkeiten zeigen sich insbesondere aber in der Auswahl zentraler Lernendenvorstellungen, die als bedeutsam für künftige Lehr-Lernprozesse eingestuft

werden. Diese Schwierigkeiten werden auch an anderer Stelle beschrieben (z.B. Yang et al., 2014). In Bezug auf die Güte der Diagnose des dritten Falls berichten Heeg et al. (2021a), dass die Bearbeitungen von vier der sieben Studierenden erneut teils stark in ihrer Güte absinken. Bei den verbleibenden drei Studierenden, die allesamt einer Kleingruppe (Gruppe 3) angehören, kann eine gleichbleibend hohe Güte festgestellt werden. Die Autoren folgern hieraus, dass sich lediglich diese drei Studierenden in ihren diagnostischen Fähigkeiten umfänglich weiterentwickeln. Bei den übrigen Studierenden zeigen sich lediglich partielle Entwicklungsprozesse.

Die Ergebnisse der Studie von Heeg et al. (2021a) zeigen außerdem, dass es einen engen Zusammenhang zwischen den Vorstellungen der Studierenden über Lernendenvorstellungen und ihren durchgeführten Diagnosen gibt. Die Studierenden aus zwei der drei untersuchten Gruppen verfügen über diametral gegensätzliche Vorstellungen (s. hierzu auch Kapitel 2.3.2). Während die Studierenden der ersten Gruppe Lernendenvorstellungen primär als Defizite bzw. Fehler auffassen, sehen die Studierenden der dritten Gruppe diese eher als Lernausgangslänge und Lernmittel an. So liegt der Fokus entweder primär auf den fachlich inadäquaten Vorstellungen (Gruppe 1) oder auf einer holistischen Diagnose aller Vorstellungen (Gruppe 3). Auch Park und Oliver (2008) betonen, dass eine potentialorientierte Perspektive eine zentrale Voraussetzung für etwaige Entwicklungsprozesse ist. Heeg et al. (2021a) konnten weitere Faktoren beobachten, die in einem engen Zusammenhang mit einem positiven Entwicklungsprozess der diagnostischen Fähigkeiten assoziiert sind. Hierzu zählen u.a. berufsbiografische Reflexionsprozesse, also solche, die die eigene Lehr-Lernbiografie umfassen. Dies steht im Einklang mit weiteren Studien (Fischler, 2000b; Jelemenska, 2012). Ferner wird der reflexive Umgang mit den eigenen fachbezogenen (alternativen) Vorstellungen als lernförderlich angesehen.

### **2.3.5 Systematischer und empiriebasierter Umgang mit Lernendenvorstellungen im Chemieunterricht**

Die Diagnose von Lernendenvorstellungen im Unterricht ist ein Bestandteil eines systematischen und empiriebasierten Umgangs mit Lernendenvorstellungen. Ihr Erfolg zeigt sich in der Regel erst in den weiterführenden Unterstützungsmaßnahmen (Reiners, 2017). Eine Möglichkeit, Diagnose und Unterstützungsmaßnahmen für den Unterricht aufeinander bezogen einzusetzen, besteht in der Anwendung der Didaktischen Rekonstruktion (z.B. Reinfried et al., 2009). Dieser Planungsrahmen sieht in einem rekursiven und iterativen Verfahren insgesamt drei Aufgaben vor: Die Fachliche Klärung, die Lernpotentialdiagnose sowie die Didaktische Strukturierung.

Für die hier verwendeten drei Konzepte (Verbrennung, ionische Bindung sowie chemisches Gleichgewicht) liegen hierzu bislang noch keine Anwendungen vor. Heeg et al. (2018) stellen daher exemplarisch und empiriebasiert die Aufgaben der Didaktischen Rekonstruktion am Beispiel des chemischen Gleichgewichts dar. Für die Lernpotentialdiagnose bedeutet dies einerseits, dass zentrale Befunde aus der Literatur für die beiden Subfacetten *Einstellung des*

*chemischen Gleichgewichts* sowie *Einfluss eines Katalysators* zusammengestellt wurden. Andererseits wurden ergänzende Daten mittels der Peer-Interaction-Methode erhoben (Schanze & Busse, 2015) und als Illustration verwendet. Für die Fachliche Klärung wurden verschiedene aktuelle Fachbücher und zusätzliche Schulbücher kritisch und in Vermittlungsabsicht analysiert, um lernförderliche sowie lernhinderliche Formulierungen zu identifizieren (Reinfried et al., 2009). Hierbei wurden u.a. Formulierungen herausgestellt, die bekannte alternative Lernendenvorstellungen, wie bspw., dass *im Gleichgewicht auf der submikroskopischen Ebene ein Stillstand herrscht*, bestärken können. Gleichzeitig wurden lernförderliche Alternativen vorgeschlagen. Für die Didaktische Strukturierung wurden ausblickend bisherige instruktionale Ansätze (z.B. der „Stechheber-Versuch“, „Apfelkrieg“) exemplarisch analysiert und neu bewertet. So kann bspw. die Analogie des Apfelkrieges als Kontrastierung einer Stillstands-Vorstellung (s.o.) Anwendung finden.

### 3 Zusammenfassung und Gesamtdiskussion

Seit rund 40 Jahren wird in verschiedensten Studien untersucht, wie (angehende) Lehrkräfte mit Lernendenvorstellungen umgehen. Es existieren allerdings überwiegend solche Berichte, die Schwierigkeiten (angehender) Lehrkräfte mit dem Themenkomplex Lernendenvorstellungen thematisieren (u.a. Cox et al., 2016; Diakidoy & Iordanou, 2003; Gomez-Zwiep, 2008; Ilyas & Saeed, 2018; Larkin, 2012; Mellado, 1997; Meyer, 2004; Morrison & Lederman, 2003; Naah, 2015; Nussbaum, 1981; Pine et al., 2001; Yang et al., 2014). Die Gründe werden einerseits in einer verbesserungsfähigen Vermittlung im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung gesehen (Gomez-Zwiep, 2008; Marohn & Rohrbach, 2013). Vertreterinnen und Vertreter der Lehrkräftebildung fordern bereits seit den 1980er Jahren die vertiefende Auseinandersetzung mit dieser Thematik innerhalb der universitären Lehre (Cox et al., 2016; Ilyas & Saeed, 2018; Lucero et al., 2017; Naah, 2015; Nussbaum, 1981). So betonen bspw. Ilyas und Saeed (2018), dass angehende wie praktizierende Lehrkräfte die Möglichkeit erhalten sollten, unter Anleitung (alternative) Lernendenvorstellungen zu identifizieren und mit ihnen zu arbeiten. Andererseits wird kritisch angemerkt, dass sich noch immer zu wenige praktische Konsequenzen für den (naturwissenschaftlichen) Unterricht ergeben haben (Markic & Eilks, 2008; Pine et al., 2001; Yang et al., 2014). Dies umfasst auch ein Bedarf an direkt einsetzbaren Arbeitsmaterialien (Marohn, 2008b; Taber, 2001). Daher wurde im Rahmen dieses Dissertationsprojektes in einem mehrstufigen Verfahren zunächst für drei ausgewählte Konzepte (die chemische Reaktion am Beispiel Verbrennung, die ionische Bindung und das chemische Gleichgewicht) systematische Reviews zu den bereits publizierten alternativen Lernendenvorstellungen durchgeführt (exemplarisch dargestellt in Teilstudie 1: Heeg, Bittorf & Schanze 2020 und Teilstudie 2: Heeg, Hundertmark & Schanze 2020). Ferner wurden zu diesen Konzepten passende Diagnoseinstrumente entwickelt und evaluiert (exemplarisch dargestellt in Heeg, Hundertmark & Schanze 2020). Mittels dieser entwickelten Diagnoseinstrumente fanden anschließend Videoaufnahmen von Schülerinnen und Schülern statt, die sich in Kleingruppen über eines der drei chemischen Konzepte ausgetauscht haben. Mithilfe aus der Literatur und eigenen empirischen Ergebnisse abgeleiteten Gestaltungskriterien für die Videoaufnahmen und deren Weiterverarbeitung (Teilstudie 3: Dannemann et al., 2019) konnten anschließend drei Videovignetten entwickelt und evaluiert werden (exemplarisch dargestellt in Teilstudie 4: Heeg & Schanze 2019). Die Ermittlung der diagnostischen Fähigkeiten der angehenden Lehrkräfte sowie deren Vorstellungen über Lernendenvorstellungen fand innerhalb einer eigens entwickelten Seminarumgebung statt (Teilstudie 5: Heeg et al., 2021a und Teilstudie 6: Heeg et al., 2021b).

Bezogen auf das Gesamtvorhaben dieser Dissertation, liegen mit den Untersuchungen von Rath (2017) sowie von Hoppe et al. (2020) vergleichbare Arbeiten vor. In beiden Studien wurden ebenfalls Performanzdaten bzgl. der Diagnose von Lernendenvorstellungen mittels Videovignetten in naturwissenschaftlichen Didaktiken erhoben. Neben diesen allgemeinen Aspekten weisen die genannten Studien weitere Gemeinsamkeiten wie Unterschiede im

Design und den Ergebnissen im Vergleich zu der hier vorliegenden Untersuchung auf. Diese werden im Folgenden diskutiert.

### **Einordnung des Designs des Dissertationsvorhabens**

Es wird angenommen, dass diagnostische Prozesse, ähnlich wie weitere Facetten des Professionswissens, themenabhängig sind (Hoppe et al., 2020; Rath, 2017; Schrader & Praetorius, 2018). Entsprechend wurden für eine breit angelegte Förderung der diagnostischen Fähigkeiten in dieser Studie drei unterschiedliche Themenbereiche ausgewählt, welche exemplarisch für drei (Teil-)Basiskonzepte in der Chemie stehen und in Bezug auf alternative Lernendenvorstellungen als z.T. gut erforscht angesehen werden können (Freienberg et al., 2007; Heeg, Bittorf & Schanze, 2020; Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020; Schanze & Busse, 2015). Dies steht in einem klaren Gegensatz zu den Studien von Rath (2017) und Hoppe et al. (2020). In beiden Untersuchungen wurden zwar auch unterschiedliche Diagnosesituationen eingesetzt, jedoch bewegten sich diese inhaltlich innerhalb eines eng begrenzten Themenkomplexes. Die Gründe für diese unterschiedlichen Designs können in den jeweiligen Intentionen der Studien vermutet werden. Im Falle von Hoppe et al. (2020) liegt eine Kurzintervention vor, die Arbeit von Rath (2017) hat die Entwicklung eines Testinstrumentes zum Ziel. Ferner mussten im hier vorliegenden Fall – analog zu Rath (2017) – zunächst systematische Zusammenstellungen der zugrundeliegenden (alternativen) Lernendenvorstellungen durchgeführt werden (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020; Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020). Dies entfiel bspw. bei Hoppe et al. (2020) aufgrund bereits vorliegender umfangreicher, systematischer Zusammenstellungen in der Biologiedidaktik (Hammann & Asshoff, 2017).

Ähnlich wie bei der hier vorliegenden Studie wurden auch bei Rath (2017) ausgehend von Grundlagen der pädagogisch-psychologischen Forschung Kategorien zur Beschreibung der Güte einer Diagnose formuliert. Diese unterscheiden sich allerdings von dem hier entwickelten Kategoriensystem in mehrfacher Hinsicht. Ein möglicher Grund kann auch hier in den unterschiedlichen Intentionen der Studien gesehen werden. Während bei Rath (2017) der Fokus auf der Entwicklung eines Testinstrumentes lag, stand in dieser Studie die Förderung der diagnostischen Fähigkeiten im Vordergrund. Auch wurde innerhalb dieses Projektes die Diagnose als eine Teilaufgabe angesehen, die im Rahmen des Planungsrahmens der Didaktischen Rekonstruktion durchgeführt werden sollte (Reinfried et al., 2009). Daher lag der Schwerpunkt auf der interpretativen Konstruktion von (alternativen) Lernendenvorstellungen aufbauend auf Aussagen bzw. schriftlichen Produkten von Schülerinnen und Schülern. Weitere vertiefende Analysen dieser (alternativen) Lernendenvorstellungen, wie bspw. nach deren Ursprung, Stabilität o.ä. (s. z.B. Feige et al., 2017), sollten nicht von den Studierenden vorgenommen werden. Diese Elemente finden sich bspw. bei Rath (2017).

In dieser Studie wurden zur Förderung der diagnostischen Fähigkeiten komplexitätsreduzierte Videovignetten im Rahmen des fallbasierten Lernens eingesetzt. Diese Videovignetten zeigen wenige Lernende beim Austausch über fachliche Prozesse.

Diese Reduktion bei gleichzeitiger Fokussierung wird als zentrales Element angesehen, um fachliche Verstehensprozesse zielführend zugänglich zu machen (von Aufschnaiter & Rogge, 2010; Dannemann et al., 2019). Ähnliche Vorgehensweise finden sich bspw. bei Rath (2017) und Hoppe et al. (2020). Auch hier wurden komplexitätsreduzierte Kleingruppensituationen eingesetzt. Diese stellen allerdings starke Abstraktionen des späteren Unterrichtsgeschehens dar. Entsprechend werden angehende Lehrkräfte nur ausschnittsweise auf die immense Komplexität von Lehr-Lernprozesse vorbereitet (s. hierzu auch Seifried & Wuttke, 2017). Die hier verwendeten Videovignetten entstammen ferner realen Settings (von Aufschnaiter et al., 2017). Dies ist ein wesentlicher Unterschied z.B. zu Hoppe et al. (2020), die gestellte Diagnosesituationen nutzen. Letztere haben den Vorteil, dass sie passgenaue Aussagen enthalten, aus denen sich (alternative) Lernendenvorstellungen konstruieren lassen. Auch die Produktion ist effizienter, da bei realen Videoaufzeichnungen eine hohe Quote an nicht nutzbaren Aufnahmen entsteht (s. hierzu auch Rath 2017). Gleichzeitig können gestellte Aufnahmen die wahrgenommene Authentizität und berufsbezogene Relevanzwahrnehmung beeinträchtigen (Sherin et al., 2009; von Aufschnaiter et al., 2017).

Hoppe et al. (2020) untersuchten in ihrer Studie zusätzlich den Einfluss des Fallmediums (Video gegenüber Text). Ihren Ergebnissen zufolge sind beide Medien gleichermaßen zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten hinsichtlich Lernendenvorstellungen geeignet. Eine Begründung sehen die Autoren darin, dass primär Aussagen von Schülerinnen und Schülern für die Diagnose genutzt werden. Der Einsatz von Textvignetten kann im direkten Vergleich vorteilhaft sein, da die wahrgenommene kognitive Belastung geringer ist. Videovignetten wiederum bieten die Vorteile, dass die Verbundenheit mit den betrachteten Personen erhöht wird (Syring et al., 2015). Ferner enthalten sie in der Regel mehr Informationen (Bayram, 2012). In dieser Studie wurden den Studierenden für ihre Diagnosen sowohl eine Videovignette als auch ein dazugehöriges Transkript zur freien Verfügung bereitgestellt. Die Daten deuten darauf hin, dass beide Medien genutzt wurden. Daher kann für nicht standardisierte Interventionen die kombinierte Nutzung vorteilhaft sein. Die verwendeten Videovignetten wurden mit Aufgaben versehen und in eine seminaristische Umgebung eingebettet. Zentraler Bestandteil des Seminars waren darüber hinaus angeleitete Reflexionsprozesse (s. hierzu auch Fischler, 2000b) sowie ein kollaborativer Austausch in Kleingruppen. Diese Elemente werden auch von Chernikova et al. (2020) in einer aktuellen Meta-Analyse als unterstützend für die Förderung diagnostischer Fähigkeiten beschrieben.

### **Einordnung der Ergebnisse des Dissertationsvorhabens**

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die angehenden Lehrkräfte über unterschiedlich weit entwickelte diagnostische Fähigkeiten bzgl. Lernendenvorstellungen verfügen. Dies steht im Einklang mit der vorhandenen Literatur (u.a. Hoppe et al., 2020; Rath, 2017). In verschiedenen Studien werden insbesondere grundlegende Schwierigkeiten im Umgang mit Lernendenvorstellungen beschrieben, die den weiteren Umgang mit ihnen zu erschweren scheinen (z.B. Cox et al., 2016; Gomez-Zwiep, 2008; Ilyas & Saeed, 2018; Lucero et al., 2017; Yang et al., 2014). Es können in dieser Dissertation verschiedene Entwicklungsverläufe der

diagnostischen Fähigkeiten festgestellt werden. So kann im Rahmen der zweiten Fallbearbeitung bei allen Studierenden ein Anstieg der Qualität der Diagnose beobachtet werden. Dies kann unterschiedliche Gründe haben. Hoppe et al. (2020) berichten in ihrer Studie, dass einerseits bereits kurzfristige Interventionen einen Einfluss auf die diagnostischen Fähigkeiten haben. Andererseits berichten sie ebenfalls, dass die Diagnose von Lernendenvorstellungen stark themenabhängig ist. Dieser Aspekt kann ebenfalls herangezogen werden, um die teilweise sinkende Diagnosequalität in Bezug auf den dritten Fall zu begründen. Weitere Gründe können in einem unterschiedlichen fachlichen, wie fachdidaktischen Wissen vermutet werden. Beides wurde im Rahmen dieser Studie nicht erhoben. Einige Studien zeigen, dass enge Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen und der Diagnose (von Lernendenvorstellungen) bestehen (z.B. Halim & Meerah, 2002; Hoppe et al., 2020; Ostermann et al., 2018). Beim fachlichen Wissen liegen Bezugspunkte ebenfalls nahe. So bedarf bspw. die Identifikation fachlich inadäquater Lernendenvorstellungen das notwendige Fachwissen (Lucero et al., 2017). Ein eindeutiger statistischer Zusammenhang konnte bislang jedoch noch nicht ermittelt werden (Rath 2017). Die Bedeutung dieser kognitiven Dispositionen spiegelt sich auch im Rahmen des von Loibl et al. (2020) vorgeschlagenen Rahmenmodells zur Beschreibung diagnostischer Prozesse wider.

Ferner zeigen die Ergebnisse, dass die Studierenden über eine Vielzahl (alternativer) Vorstellungen über Lernendenvorstellungen verfügen. Dies kann ebenfalls als literaturkonform angesehen werden (Barthmann et al., 2019; Cox et al., 2016; Diakidoy & Iordanou, 2003; Gomez-Zwiep, 2008; Ilyas & Saeed, 2018; Larkin, 2012; Mellado, 1997; Meyer, 2004; Morrison & Lederman, 2003; Naah, 2015; Nussbaum, 1981; Pine et al., 2001; Yang et al., 2014). Ein weiteres zentrales Ergebnis dieser Studie ist, dass die Vorstellungen der Studierenden in einem engen Zusammenhang mit ihren diagnostischen Tätigkeiten zu stehen scheinen. Auch Loibl et al. (2020) betonen in ihrem aktuellen Rahmenmodell zur Modellierung diagnostischer Prozesse den Stellenwert von persönlichen Einflussfaktoren. Aus dem Bereich der allgemeinen Vorstellungen über Lehren und Lernen, die wiederum in einem engen Zusammenhang mit Vorstellungen über Lernendenvorstellungen stehen können, ist ebenfalls ein handlungsleitender Effekt bekannt (Mellado et al., 2007; Postareff et al., 2008; Tavakoli & Baniasad-Azad, 2017).

Insgesamt betrachtet ist dieses Dissertationsvorhaben geprägt durch einen exemplarischen sowie explorativen Charakter. Eine Generalisierung der Aussagen ist entsprechend nicht möglich (Johnson & Onwuegbuzie, 2004). Es sollten weitere theoriebildende Studien folgen, die insbesondere die diagnostischen Prozesse näher analysieren und mögliche Wirkmechanismen identifizieren (s. hierzu auch Loibl et al., 2020). Daher kann dieses Dissertationsvorhaben als ein Startpunkt für weitere Forschungsvorhaben sowie Interventionen angesehen werden, welche im folgenden Abschnitt skizziert werden.

#### 4 Implikationen und Ausblick

Die im Rahmen dieses Promotionsprojektes gewonnenen Erkenntnisse können auf unterschiedlichen Ebenen, insbesondere im Themenkomplex der Lernendenvorstellungen, Verwendung finden. Hierbei gilt stets, dass gemäß einer konstruktivistisch orientierten Sichtweise auf Lehr-Lernprozesse die individuellen Vorstellungen die Lernausgangslage sowie die Lernmittel von Schülerinnen und Schülern und (angehenden) Lehrkräften bilden (Baalman et al., 2004; Lohmann, 2006; Riemeier, 2007). Entsprechend werden im Folgenden sowohl fachliche bzw. fachbezogene wie auch fachdidaktische Lernendenvorstellungen thematisiert. Letztere umfassen u.a. Vorstellungen über Lehr-Lernprozesse sowie über Lernendenvorstellungen und den Umgang mit diesen.

Ein zentrales Resultat der vorliegenden Dissertation ist, dass Lernende aller Statusgruppen (Schülerinnen und Schüler, Studierende sowie Lehrkräfte) über individuelle und teils alternative Vorstellungen verfügen, die fachliche bzw. fachdidaktische Inhalte umfassen (Dannemann et al., 2019; Heeg, Bittorf & Schanze, 2020; Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020; Heeg & Schanze, 2019; Heeg et al., 2021a). Ferner zeigen die Ergebnisse, dass diese Vorstellungen mit den Handlungen der Studierenden in einem engen Zusammenhang stehen. Es liegt die Vermutung nahe, dass diese Vorstellungen einen gewissen handlungsleitenden Effekt haben (Mellado et al., 2007; Postareff et al., 2008; Tavakoli & Baniasad-Azad, 2017). Bereits seit längerer Zeit wird daher gefordert, dass die individuellen Vorstellungen der Studierenden – analog zum schulischen Unterricht – expliziert werden, um sie konsequent als Lernausgangslage und Lernmittel für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen zu nutzen (Brauer et al., 2008; Fischler, 2000b; Lohmann, 2006). Postareff et al. (2008) fordern sogar, dass zunächst die Entwicklung der individuellen Vorstellungen der Studierenden im Rahmen der universitären fachdidaktischen Bildung gefördert werden muss, bevor ihnen instruktionale Methoden vermittelt werden. Das Wissen um Lernendenvorstellungen sowie der Umgang mit ihnen steht darüber hinaus in einem engen Zusammenhang mit allgemeinen Vorstellungen über die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen. Yang et al. (2014) beschreiben darüber hinaus, dass solche Lehrkräfte die mehr Schwierigkeiten im Umgang mit Lernendenvorstellungen zeigen, eher über ein traditionelles (transmissiv) geprägtes Verständnis von Lehr-Lernprozessen verfügen. Entsprechend sollten auch diese Vorstellungen mit in die Ermittlung einer studentischen Ausgangslage einfließen (vgl. hierzu auch Brauer et al., 2008; Markic & Eilks, 2008).

Im Rahmen der Teilstudie 1 (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020) wurde aufbauend auf aktuellen Standards zur Durchführung von systematischen Reviews (Moher et al., 2009) ein Vorschlag für eine Konkretisierung für den Bereich der (alternativen) Lernendenvorstellungen gemacht. Dieser kann als Ausgangspunkt für weitere themenbezogene Reviews dienen und dabei helfen, die bereits bestehenden umfangreichen Erkenntnisse zu bündeln. Auch können neue Erkenntnisse über die empirische Häufigkeit einzelner alternativer Vorstellungen und deren Bedeutung für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen gewonnen werden. Ferner können weitere Forschungsbedarfe identifiziert werden. Auch dies gilt sowohl für Vorstellungen



über fachliche Aspekte wie auch über Vorstellungen über Lehr-Lernprozesse sowie über Lernendenvorstellungen (Fischler, 2000a; Lohmann, 2006). Insbesondere in Bezug auf Letztere existieren bislang noch zu wenige systematische Zusammenstellungen.

Ferner gilt, dass viele Lernendenvorstellungen kontextspezifisch generiert werden. So zeigen beispielsweise Untersuchungen, dass Lernende über kein zusammengehöriges Verständnis über Verbrennungsvorgängen verfügen (u.a. Boujaoude, 1991). Ähnliches wird auch für Vorstellungen über Lehren und Lernen vermutet (Koballa et al., 2000). Zusätzlich müssen Lernendenvorstellungen stets aus verbalen oder zeichnerischen Externalisierungen interpretiert und konstruiert werden (u.a. Gropengießer, 1999). Für die Entwicklung von Instrumenten zur Diagnose und zum Umgang mit (alternativen) Lernendenvorstellungen, die von Lehrpersonen unmittelbar eingesetzt werden können, erwachsen hieraus unterschiedliche (forschungs-)methodische Fragestellungen. Diese umfassen u.a. die Frage, inwiefern vor diesem Hintergrund eine valide Diagnose von (alternativen) Lernendenvorstellungen bei einer Vielzahl von Individuen in einer zumutbaren Zeitspanne möglich ist. Im Rahmen dieser Dissertation wurde innerhalb der Teilstudie 2 (Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020) aufgezeigt, dass die Peer-Interaction-Methode hierfür ein geeignetes Instrument sein kann. Inwiefern dies jedoch auch für den hochschuldidaktischen Bereich gilt, sollte Gegenstand weiterer Forschung sein. Insgesamt kann festgehalten werden, dass es aktuell nur wenige Instrumente gibt, die zur Erforschung der Vorstellungen (angehender) Lehrkräfte über Lernendenvorstellungen eingesetzt werden können (z.B. Brauer et al., 2008). Die Ergebnisse der Teilstudien 1 (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020) und 2 (Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020) zeigen ferner, dass Zeichnungen als Diagnoseinstrument für fachliche Vorstellungen nach wie vor wenig Einsatz finden. Zeichnungen können allerdings – je nach Erhebungssituation und konkretem Inhalt – wertvolle Hinweise liefern, wie die Lernenden bestimmte Aspekte verstehen (z.B. Ehrlén, 2009; Köse, 2008; Nyachwaya et al., 2011; Ryan & Stieff, 2019). Dies gilt insbesondere für den Chemieunterricht, in welchem Zeichnungen zwar eine zentrale Rolle spielen, die Lernenden aber viel zu selten selbst welche anfertigen sollen. Vielmehr werden sie mit vorgefertigten Zeichnungen konfrontiert, mit denen sie arbeiten sollen (Ainsworth et al., 2011; van Meter & Garner, 2005). Zeichnungen können jedoch auch als Diagnoseinstrument für Vorstellungen über Lehr-Lernprozesse eingesetzt werden (Klinghammer et al., 2016; Markic & Eilks, 2008). Darüber hinaus können sie sowohl als Grundlage für kommunikative Prozesse als auch als zentraler Bestandteil des Lernprozesses eingesetzt werden (Brooks, 2009).

Für eine systematische Modellierung möglicher Lehr-Lernwege innerhalb des (naturwissenschaftlichen) Unterrichts sowie der universitären Lehre sollten fachlich bzw. fachdidaktisch inadäquate wie auch adäquate Lernendenvorstellungen Berücksichtigung finden. Letzteres kann beispielsweise im Rahmen von Learning Progressions geschehen (u.a. Alonzo & von Aufschnaiter, 2018; von Aufschnaiter & Alonzo, 2018; Emden et al., 2018). Deren Nutzung verschiebt zusätzlich den Betrachtungsfokus weg von einer eher defizitär geprägten Perspektive auf den Themenbereich der Lernendenvorstellungen und hin zu einer

potentialorientierten Sichtweise (Alonzo & von Aufschnaiter, 2018). Auch hier zeigt insbesondere der Bereich der Lernendenvorstellungen über Lehren und Lernen bzw. über Lernendenvorstellungen noch elementare Forschungsbedarfe auf. Jedoch sollte auch hierbei stets gelten, dass die alternativen und die fachlich bzw. fachdidaktisch anerkannten Vorstellungen keine Gegensatzpaare bilden (Brauer et al., 2008). Vielmehr wird ein In-Beziehung-Setzen der (alternativen) Vorstellungen der Studierenden und der fachlich bzw. fachdidaktisch adäquaten Vorstellungen bspw. im Sinne des Modells der Didaktischen Rekonstruktion gefordert (Lohmann, 2006; van Dijk, 2009; van Dijk & Kattmann, 2010).

Im Rahmen dieses Dissertationsprojektes wurde der Fokus auf empirisch häufig nachweisbare alternative Lernendenvorstellungen gelegt. Dies umfasst deren Ermittlung im Rahmen von Interviews, die Entwicklung darauf aufbauender Diagnoseinstrumente sowie die Gestaltung von Videovignetten. Offen bleibt jedoch, welchen Ursprung sie aufweisen und welche Konsequenzen sich hieraus für die Gestaltung von Lernangeboten ergeben (s. hierzu auch Gropengießer & Groß, 2019). Entsprechend werden mehr theoriegeleitete, vertiefenden Untersuchungen der ermittelten Vorstellungen benötigt. Diese sind insbesondere im Bereich der chemiedidaktischen Schulforschung noch zu selten zu finden (Ausnahmen bspw. bei Chiu et al., 2002; J.-W. Lin & Chiu, 2007; Taber & García-Franco, 2010). Dies gilt auch für Vorstellungen über Lehr-Lernprozesse (Ausnahmen bspw. bei Leavy et al., 2007; Marsch, 2009). Eine zielführende Verbindung aus empirisch häufigen und theoretisch bedeutsamen (alternativen) Vorstellungen kann zu einer Verbesserung der Gestaltung potentieller Lehr-Lernwege führen (Alonzo & von Aufschnaiter, 2018; Gropengießer & Groß, 2019).

Die verstärkte Nutzung theoretischer Grundlagen betrifft allerdings auch die Diagnose selbst. So fordern bspw. von Aufschnaiter und Alonzo (2018), dass eine Diagnose von Lernendenvorstellungen stets vor einem theoretischen Hintergrund erfolgen sollte. Im Rahmen dieses Dissertationsprojektes wurden die Studierenden nicht dazu angeleitet, einen bestehenden theoretischen Ansatz zur Analyse der (alternativen) Lernendenvorstellungen zu nutzen. Vielmehr lag der Fokus primär auf deren Identifikation bzw. Konstruktion aus Aussagen oder Zeichnungen von Schülerinnen und Schülern. Eine theoriegeleitete anschließende Analyse liefert jedoch – wie oben bereits erwähnt – wertvolle Hinweise zur Gestaltung möglicher Lernwege (Gropengießer & Groß, 2019). Entsprechend könnten theorie- und evidenzbasierte Leitlinien zur Diagnose von und zum weiteren Umgang mit Lernendenvorstellungen im (Chemie-)Unterricht für Lehrkräfte eine hilfreiche Unterstützung darstellen. Erste Ansätze wurden in der Teilstudie 7 vorgeschlagen (Heeg et al., 2018). Jedoch bedarf es hier noch weiterer Forschung und Entwicklung. Analoges gilt für den Bereich der hochschuldidaktischen Lehre.

In dieser Studie wurden umfangreiche Performanzdaten von Studierenden aufgezeichnet, welche im Rahmen kollaborativer Prozesse entstanden sind. Diese Daten beinhalten diskursive Prozesse zur Findung eines Diagnoseergebnisses, aufbauend auf individuellen Vorarbeiten. Bislang lag der Fokus der Auswertung auf der Güte der Diagnose. Der

dahinterliegende Aushandlungsprozess wurde nicht näher erforscht. Dieser könnte jedoch weitere wertvolle Hinweise liefern, wie die einzelnen Studierenden zu ihren Diagnosen gekommen sind und welche Aspekte für sie dabei ausschlaggebend waren (s. hierzu auch Rath 2017). Auch Loibl et al. (2020) betonen in ihrem Beitrag, dass es bislang noch wenige Erkenntnisse über die Informationsverarbeitung im Rahmen von Diagnoseprozessen gibt. Die Autorinnen und Autoren heben außerdem hervor, dass diese Informationsverarbeitungsprozesse durch persönliche Dispositionen, wie beispielsweise individuelle Vorstellungen, das fachliche oder das fachdidaktische Wissen beeinflusst werden. Insbesondere zu einem möglichen Effekt des fachdidaktischen Wissens auf die Güte bzw. den Prozess einer Diagnose liegen verschiedene Ergebnisse vor, die dessen Bedeutung hervorheben (Hoppe et al., 2020; Ostermann et al., 2018; Rath, 2017; Rieu et al., 2020). Diese individuellen Dispositionen sollten daher bei weiteren Studien mit erhoben werden.

Bei den Probanden der 6. Teilstudie handelte es sich um Bachelorstudierende, des 4. bzw. 6. Semesters. Eine Ausweitung der Probandengruppe auch auf andere Semester könnte fruchtbare Hinweise auf die weitere Entwicklung diagnostischer Fähigkeiten über das Studium und auch das anknüpfende Berufsleben liefern. Fischler (2000a) zufolge besteht die Gefahr, dass angehende Lehrkräfte ihr erworbenes universitäres Wissen und ihre Fähigkeiten aufgrund eines Handlungsdrucks nicht anwenden und auf andere Handlungsmuster zurückgreifen. Quer- wie längsschnittliche Untersuchungen könnten daher eine zielführende Ergänzung darstellen.

Abschließend sei darauf verwiesen, dass die im Rahmen dieser Dissertation entstanden Vignetten sowie das entwickelte Kategoriensystem als Basis für kommende standardisierte Testinstrumente dienen können, um diagnostische Fähigkeiten in quantitativen Studien erheben zu können.

## 5 Literaturverzeichnis

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416.  
<https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science*, 6046(333), 1096–1097. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2011.01149.x>
- Akaygun, S. & Jones, L. L. (2014). Words or Pictures: A comparison of written and pictorial explanations of physical and chemical equilibria. *International Journal of Science Education*, 36(5), 783–807. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.828361>
- Alonzo, A. C. & von Aufschnaiter, C. (2018). Moving Beyond Misconceptions: Learning Progressions as a Lens for Seeing Progress in Student Thinking. *The Physics Teacher*, 56(7), 470–473. <https://doi.org/10.1119/1.5055332>
- Atria, M., Strohmeier, D. & Spiel, C. (2006). Der Einsatz von Vignetten in der Programmevaluation: Beispiele aus dem Anwendungsfeld „Gewalt in der Schule“. In U. Flick (Hg.), *rororo Rowohlt's Enzyklopädie: Bd. 55674. Qualitative Evaluationsforschung: Konzepte - Methoden - Umsetzung* (S. 233–249). Rowohlt-Taschenbuch-Verl. Hamburg
- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung - Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7–28.
- Bain, K. & Towns, M. H. (2016). A review of research on the teaching and learning of chemical kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 246–262.  
<https://doi.org/10.1039/C5RP00176E>
- Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S. & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56492-9>
- Barnhart, T. & van Es, E. A. (2015). Studying teacher noticing: Examining the relationship among pre-service science teachers' ability to attend, analyze and respond to student thinking. *Teaching and Teacher Education*, 45, 83–93.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.09.005>
- Bartel, M.-E. & Roth, J. (2017). Diagnostische Kompetenz von Lehramtsstudierenden fördern. In J. Leuders, T. Leuders, S. Prediger & S. Ruwisch (Hg.), *Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik. Mit Heterogenität im Mathematikunterricht umgehen lernen* (Bd. 24, S. 43–52). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-16903-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-16903-9_4)
- Barthmann, K. (2018). *Vorstellungen von Geographielehrkräften über Schülervorstellungen und den Umgang mit ihnen in der Unterrichtspraxis* [Dissertation]. Universität, Bayreuth.
- Barthmann, K., Conrad, D. & Obermaier, G. (2019). Vorstellungen von Geographielehrkräften über Schülervorstellungen und den Umgang mit ihnen in der Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Geographiedidaktik*, 47(3), 78–97. <https://doi.org/10.18452/21265>

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180. <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Bayram, L. (2012). Use of Online Video Cases in Teacher Training. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 1007–1011. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.770>
- Beerenwinkel, A., Parchmann, I. & Gräsel, C. (2007). Chemieschulbücher in der Unterrichtsplanung - Welche Bedeutung haben Schülervorstellungen? *CHEMKON*, 14(1), 7–14. <https://doi.org/10.1002/ckon.200710051>
- Beretz, A.-K., Lengnink, K. & Aufschneider, C. von. (2017). Diagnostische Kompetenz gezielt fördern: Videoeinsatz im Lehramtsstudium Mathematik und Physik. In C. Selter, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink & J. Michaelis (Hg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen: Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (149-168). Waxmann Münster.
- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, 35(5), 463–482. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(02\)00004-6](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00004-6)
- Berry, A., Friedrichsen, P. J. & Loughran, J. (Hg.). (2015). *Teaching and learning in science series. Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. Routledge London.
- Blomberg, G. A., Renkl, A., Sherin, Gamoran, Miriam, Borko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal für Bildungsforschung Online*, 5(1), 90–114.
- Borko, H., Jacobs, J., Eiteljorg, E. & Pittman, M. E. (2008). Video as a tool for fostering productive discussions in mathematics professional development. *Teaching and Teacher Education*, 24(2), 417–436. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.012>
- Boujaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689–704. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280806>
- Brauer, H., Balster, S. & Wilde, M. (2008). Lehr- und Lernvorstellungen künftig Lehrender zum Lernen von Schülerinnen und Schülern im Fach Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 191–200. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0019-z>
- Brooks, M. (2009). Drawing, Visualisation and Young Children's Exploration of "Big Ideas". *International Journal of Science Education*, 31(3), 319–341. <https://doi.org/10.1080/09500690802595771>

- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Tsai, Y.-M. & Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 521–544. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0166-1>
- Carter, K., Cushing, K., Sabers, D., Stein, P. & Berliner, D. (1988). Expert-Novice Differences in Perceiving and Processing Visual Classroom Information. *Journal of Teacher Education*, 39(3), 25–31. <https://doi.org/10.1177/002248718803900306>
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F. & Mocerino, M. (2008). An Evaluation of a Teaching Intervention to Promote Students' Ability to Use Multiple Levels of Representation When Describing and Explaining Chemical Reactions. *Research in Science Education*, 38(2), 237–248. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9046-9>
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., Mocerino, M., Won, M. & Karpudewan, M. (2014). A brief review of the complexities of teaching and learning chemical equilibrium with specific reference to malaysia. In H. Sutrisno, W. S. B. Dwandaru, K. P. Krisnawan, D. Darmawan, E. Priyambodo, E. Yulianti & S. Nurohman (Hg.), *Proceeding of International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Sciences 2014*, Yogyakarta.
- Chen, C., Sonnert, G., Sadler, P. M. & Sunbury, S. (2020). The Impact of High School Life Science Teachers' Subject Matter Knowledge and Knowledge of Student Misconceptions on Students' Learning. *CBE life sciences education*, 19(1), <https://doi.org/10.1187/cbe.19-08-0164>
- Cheng, M. & Gilbert, J. K. (2009). Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education. In J. Gilbert & D. F. Treagust (Hg.), *Models and modeling in science education: v. 4. Multiple representations in chemical education* (S. 55–73). Springer Berlin Heidelberg.
- Chernikova, O., Heitzmann, N., Fink, M. C., Timothy, V., Seidel, T. & Fischer, F. (2020). Facilitating Diagnostic Competences in Higher Education—a Meta-Analysis in Medical and Teacher Education. *Educational Psychology Review*, 32(1), 157–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09492-2>
- Chi, M. T. H. (2013). Two kinds and four sub-types of misconcieved knowledge, ways to change it, and learning outcomes. In S. Vosniadou (Hg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 49–70). Taylor & Francis, Ltd. London.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623–654. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199808\)35:6<623::AID-TEA3>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6<623::AID-TEA3>3.0.CO;2-O)
- Chiu, M.-H., Chou, C.-C. & Liu, C.-J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(8), 688–712. <https://doi.org/10.1002/tea.10041>

- Cox, M., Steegen, A. & Cock, M. de (2016). How Aware Are Teachers of Students' Misconceptions in Astronomy? A Qualitative Analysis in Belgium. *Science education international*, 27(2), 277–300.
- Dannemann, S., Heeg, J. & Schanze, S. (2019). Fallbasierte Förderung der Diagnose- und Planungsfähigkeiten von Lehramtsstudierenden. Lernen mit Videovignetten in der Biologie- und Chemiedidaktik. In E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck, T. Leuders & P. Labudde (Hg.), *Fachdidaktische Forschungen: Bd. 11. Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung* (S. 75–85). Waxmann Münster.
- Dannemann, S., Meier, M., Hilfert-Rüppell, D., Kuhlemann, B., Eghtessad, A., Höner, K., Höhle, C. & Looß, M. (2018). Erhebung und Fördern der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden durch den Einsatz von Vignetten. In M. Hammann & M. Lindner (Hg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik: Band 8. „Biologiedidaktik als Wissenschaft“: 21. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2017* (S. 245–265). Studien Verlag Innsbruck.
- Davidowitz, B. & Chittleborough, G. (2009). Linking the Macroscopic and Sub-microscopic Levels: Diagrams. In J. H. Driel, R. Justi, J. Gobert, J. K. Gilbert, J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Hg.), *Models and Modeling in Science Education, 4: v.v. 4. Multiple Representations in Chemical Education* (1. Aufl., S. 169–191). Springer Netherlands Dordrecht.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_9)
- Davis, E. A., Petish, D. & Smithey, J. (2006). Challenges New Science Teachers Face. *Review of Educational Research*, 76(4), 607–651. <https://doi.org/10.3102/00346543076004607>
- Diakidoy, I.-A. N. & Iordanou, K. (2003). Preservice teachers' and teachers' conceptions of energy and their ability to predict pupils' level of understanding. *European Journal of Psychology of Education*, 18(4), 357–368. <https://doi.org/10.1007/BF03173241>
- diSessa, A. A. (2008). A Bird's 2-Eye View of the “Pieces” vs. “Coherence” Controversy: (From the “Pieces” Side of the Fence). In S. Vosniadou (Hg.), *Educational psychology handbook series. International handbook of research on conceptual change* (S. 35–60). Routledge London.
- Dove, J. E., Everett, L. A. & Preece, P. F. W. (1999). Exploring a hydrological concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21(5), 485–497.  
<https://doi.org/10.1080/095006999290534>
- Dübbelde, G. (2013). *Diagnostische Kompetenzen angehender Biologie-Lehrkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung* [Dissertation], Kassel.
- Duit, R. (2009). *Bibliography - Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.  
<https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Duit, R., Treagust, D. F. & Widodo, A. (2008). Teaching Science for Conceptual Change: Theory and Practice. In S. Vosniadou (Hg.), *Educational psychology handbook series*.

- International handbook of research on conceptual change* (S. 629–646). Routledge London.
- Duit, R., Treagust, D. F. & Widodo, A. (2013). Teaching science for conceptual change. In S. Vosniadou (Hg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 487–503). Taylor & Francis, Ltd. London.
- Ehrlén, K. (2009). Drawings as Representations of Children's Conceptions. *International Journal of Science Education*, 31(1), 41–57. <https://doi.org/10.1080/09500690701630455>
- Emden, M., Weber, K. & Sumfleth, E. (2018). Evaluating a learning progression on 'Transformation of Matter' on the lower secondary level. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1096–1116. <https://doi.org/10.1039/C8RP00137E>
- Feige, E.-M., Rutsch, J., Dörfler, T. & Rehm, M. (2017). Von der Alltagsvorstellung zum fachwissenschaftlichen Konzept: Schülervorstellungen diagnostizieren und weiterentwickeln. *Unterricht Chemie*, 28(159), 2–8.
- Fischler, H. (2000a). Über den Einfluß von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Teil 1: Stand der Forschung sowie Ziele und Methoden einer Untersuchung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 27–36.
- Fischler, H. (2000b). Über den Einfluß von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Teil 2: Ergebnisse der Untersuchung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 79–95.
- Freienberg, J., Kandt, W., Schmidt, M. & Parchmann, I (2007). Verbrennung verstehen - Vom Phänomen zum Basiskonzept der chemischen Reaktion. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 100/101(18), 70–75.
- Galvin, E., Simmie, G. M. & O'Grady, A. (2015). Identification of Misconceptions in the Teaching of Biology: A Pedagogical Cycle of Recognition, Reduction and Removal. *Higher Education of Social Science*, 8(2), 1–8. <https://doi.org/10.3968/6519>
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H [Heinz] (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867–888.
- Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions: Implications for Practice and Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 19(5), 437–454. <https://doi.org/10.1007/s10972-008-9102-y>
- Gropengießer, H. (1997). Schülervorstellungen zum Sehen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(1), 71–87.
- Gropengießer, H. (1999). Was die Sprache über unsere Vorstellungen sagt: Kognitionslinguistische Analyse als Methode zur Erfassung von Vorstellungen: Das Beispiel Sehen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5(2), 57–77.
- Gropengießer, H. (2006). *Lebenswelten / Denkwelten / Sprechwelten: Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann* (2. Aufl.). *Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion: Bd. 4*. Universität Oldenburg BIS-Verlag IBIT.



- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 172–189). Beltz Weinheim.
- Gropengießer, H. & Groß, J. (2019). Lernstrategien für das Verstehen biologischer Phänomene: Die Rolle der verkörperten Schemata und Metaphern in der Vermittlung. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 59–76). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_4)
- Gropengießer, H., Harms, U. & Kattmann, U. (Hg.). (2013). *Fachdidaktik Biologie: Die Biologiedidaktik* (9., völlig überarbeitete Auflage). Aulis Verlag München.
- Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 25, S. 49–67). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_4)
- Grossebrahm, N. S. (2013). *Elemente fachdidaktischen Wissens in der der universitären Ausbildung angehender Chemielehrkräfte: Ein Beitrag zur Standardentwicklung* [Dissertation]. Universität Duisburg-Essen, Duisburg-Essen.
- Größ-Niehaus, T. & Schanze, S. (2011). Eine kategoriegestützte Übersicht von Lernervorstellungen zum Löslichkeitsbegriff. *CHEMKON*, 18(1), 19–26. <https://doi.org/10.1002/ckon.201010141>
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A. & McDermott, L. C. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1369a>
- Halim, L. & Meerah, S. M. M. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215–225. <https://doi.org/10.1080/0263514022000030462>
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2017). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht: Ursachen für Lernschwierigkeiten* (3. Auflage). Klett/Kallmeyer Velber.
- Hascher, T. (2008). Diagnostische Kompetenzen von Lehrpersonen. In C. Kraler & M. Schratz (Hg.), *Wissen erwerben, Kompetenzen entwickeln: Modelle zur kompetenzorientieren Lehrerbildung* (S. 71–86). Waxmann Münster.
- Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2020). Lernendenvorstellungen zum chemischen Gleichgewicht - ein systematisches Review. *Chemkon*, 27(8), 373-383. <https://doi.org/10.1002/ckon.201900022>
- Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2021a). Erforschung potenzieller Entwicklungsverläufe diagnostischer Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen – Die Bedeutung individueller Vorstellungen über Lernendenvorstellungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00124-3>

- Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2021b). Förderung der Diagnosefähigkeiten angehender Lehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen - Anwendung der Didaktischen Rekonstruktion zur Gestaltung eines hochschuldidaktischen Seminars. *Herausforderung Lehrer\_innenbildung*, 4(2), 146-164. <https://doi.org/10.11576/hlz-2703>
- Heeg, J., Hundertmark, S. & Schanze, S. (2020). The interplay between individual reflection and collaborative learning – seven essential features for designing fruitful classroom practices that develop students' individual conceptions. *Chemical Education Research and Practice*, 21(3), 765–788. <https://doi.org/10.1039/C9RP00175A>
- Heeg, J. & Schanze, S. (2019). Die Schaffung einer wertschätzenden Studierendenperspektive auf Lernervorstellungen: Ein Beitrag zu einer chemiedidaktischen Teilfacette der Reflektierten Handlungsfähigkeit. In S. Dannemann, J. Gillen & A. Krüger (Hg.), *Reflektierte Handlungsfähigkeit in der Lehrer\*innenbildung: Leitbild, Konzepte und Projekte* (S. 232–245). Waxmann Münster.
- Heeg, J., Steinich, R. & Hundertmark, S. (2018). Möglichkeiten zum Erkennen und Überwinden von Stolpersteinen auf dem Weg zum Verständnis des chemischen Gleichgewichts. *Unterricht Chemie*, 166, 32–37.
- Heinrichs, H. (2015). *Diagnostische Kompetenz von Mathematik-Lehramtsstudierenden: Messung und Förderung. Perspektiven der Mathematikdidaktik*. Springer Spektrum Berlin.
- Heitzmann, N., Seidel, T., Hetmanek, A., Wecker, C., Fischer, M. R., Ufer, S., Schmidmaier, R., Neuhaus, B., Siebeck, M., Stürmer, K., Obersteiner, A., Reiss, K., Girwidz, R., Fischer, F. & Opitz, A. (2019). Facilitating Diagnostic Competences in Simulations in Higher Education A Framework and a Research Agenda. *Frontline Learning Research*, 1–24. <https://doi.org/10.14786/flr.v7i4.384>
- Hill, H. C., Rowan, B. & Ball, D. L. (2005). Effects of Teachers' Mathematical Knowledge for Teaching on Student Achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371–406. <https://doi.org/10.3102/00028312042002371>
- Hippel, A. v. & Reich-Claassen, J. (2013). Evaluation zum Einsatz der Videofallarbeit in der universitären Lehre: Einbindung in das forschungsorientierte Vertiefungsseminar „Organisation und Profession in pädagogischen Arbeitsbereichen“ im Bachelorstudiengang Pädagogik/Bildungswissenschaften. In S. Schöb & J. Schrader (Hg.), *EB-Buch: Bd. 35. Diagnostizieren und Handeln von Lehrkräften: Lernen aus Videofällen in Hochschule und Erwachsenenbildung* (S. 121–142). Bertelsmann München.
- Hoppe, T., Renkl, A. & Rieß, W. (2020). Förderung von unterrichtsbegleitendem Diagnostizieren von Schülervorstellungen durch Video- und Textvignetten. *Unterrichtswissenschaft*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00075-7>
- Horstkemper, M. (2006). Fördern heißt diagnostizieren: Pädagogische Diagnostik als wichtige Voraussetzung für individuellen Lernerfolg. *Friedrich Jahresheft*, XXIV, 4–7.
- Höbke, C., Hußmann, S., Michaelis, J., Niesel, V. & Nührenbörger, M. (2017). Fachdidaktische Perspektive auf die Entwicklung von Schlüsselkenntnissen einer förderorientierten

- Diagnostik. In C. Selter, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink & J. Michaelis (Hg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen: Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 19–38). Waxmann Münster.
- Ilyas, A. & Saeed, M. (2018). Exploring Teachers' Understanding about Misconceptions of Secondary Grade Chemistry Students. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*, 9(1), 3323–3328.
- Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der pädagogischen Diagnostik* (6. Aufl.). Beltz Verlag Weinheim.
- Jeffries, C. & Maeder, D. W. (2005). Using Vignettes To Build and Assess Teacher Understanding of Instructional Strategies. *Professional Educator*, 27, 17–28.
- Jelemenska, P. (2012). Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen von Evolution: Eine Fallstudie zum fachdidaktischen Coaching. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 229–259.
- Jewitt, C., Kress, G., Ogborn, J. & Tsatsarelis, C. (2001). Exploring Learning Through Visual, Actional and Linguistic Communication: The multimodal environment of a science classroom. *Educational Review*, 53(1), 5–18. <https://doi.org/10.1080/00131910123753>
- Johnson, R. B. & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26. <https://doi.org/10.3102/0013189X033007014>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry: Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9–15. <https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>
- Kagan, D. M. (1992). Professional Growth Among Preservice and Beginning Teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), 129–169. <https://doi.org/10.3102/00346543062002129>
- Kattmann, U. (2015). *Schüler besser verstehen: Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Aulis Verlag München.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion: Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Keogh, B. & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: An evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431–446. <https://doi.org/10.1080/095006999290642>
- Kerr, K., Beggs, J. & Murphy, C. (2006). Comparing children's and student teachers' ideas about science concepts. *Irish Educational Studies*, 25(3), 289–302. <https://doi.org/10.1080/03323310600913732>
- Kind, V. (2016). Preservice Science Teachers' Science Teaching Orientations and Beliefs About Science. *Science & Education*, 100(1), 122–152. <https://doi.org/10.1002/sce.21194>

- Kleinknecht, M. & Gröschner, A. (2016). Fostering preservice teachers' noticing with structured video feedback: Results of an online- and video-based intervention study. *Teaching and Teacher Education*, 59, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.05.020>
- Klinghammer, J., Rabe, T. & Krey, O. (2016). Unterrichtsbezogene Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 181–195. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0049-9>
- Ko, Y. & Lee, H. (2014). Pre-service Science Teachers' Understanding of Students' Misconceptions in Physics and Perceptions on "Teacher as a Researcher" through the Research Experience. *Journal of The Korean Association For Research In Science Education*, 34(5), 449–457. <https://doi.org/10.14697/jkase.2014.34.5.0449>
- Koballa, T., Graber, W., Coleman, D. C. & Kemp, A. C. (2000). Prospective gymnasium teachers' conceptions of chemistry learning and teaching. *International Journal of Science Education*, 22(2), 209–224. <https://doi.org/10.1080/095006900289967>
- Köse, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283–293.
- Krammer, K. & Reusser, K. (2005). Unterrichtsvideos als Medium der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(1), 35–50.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Beltz Juventa. [http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm?bok\\_id/2513416](http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm?bok_id/2513416)
- Kultusministerkonferenz. (2017). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (2014). *Leben in Metaphern: Konstruktion und Gebrauch von Sprachbildern* (8. Aufl.). *Systemische Horizonte*. Carl-Auer-Verl. <http://d-nb.info/972534180/04>
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about "misconceptions": Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *Science & Education*, 96(5), 927–959. <https://doi.org/10.1002/sce.21022>
- Le Fevre, D. M. (2004). Designing for teacher learning: Video-based curriculum design. In J. Brophy (Hg.), *Using video in teacher education* (S. 235–258). Elsevier Ltd. Amsterdam.
- Leavy, A. M., McSorley, F. A. & Boté, L. A. (2007). An examination of what metaphor construction reveals about the evolution of preservice teachers' beliefs about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education*, 23(7), 1217–1233. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.07.016>
- Levin, B. B. (1995). Using the case method in teacher education: The role of discussion and experience in teachers' thinking about cases. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 63–79. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(94\)00013-V](https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00013-V)
- Levin, D. M., Hammer, D. & Coffey, J. E. (2009). Novice Teachers' Attention to Student Thinking. *Journal of Teacher Education*, 60(2), 142–154. <https://doi.org/10.1177/0022487108330245>

- Lin, J.-W. (2016). Do Skilled Elementary Teachers Hold Scientific Conceptions and Can They Accurately Predict the Type and Source of Students' Preconceptions of Electric Circuits? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(S2), 287–307. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9635-4>
- Lin, J.-W. & Chiu, M.-H. (2007). Exploring the Characteristics and Diverse Sources of Students' Mental Models of Acids and Bases. *International Journal of Science Education*, 29(6), 771–803. <https://doi.org/10.1080/09500690600855559>
- Lin, P.-J. (2005). Using Research-Based Video-cases to Help Pre-service Primary Teachers Conceptualize a Contemporary View of Mathematics Teaching. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(3), 351–377. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-8369-5>
- Llinares, S. & Valls, J. (2009). The building of pre-service primary teachers' knowledge of mathematics teaching: interaction and online video case studies. *Instructional Science*, 37(3), 247–271. <https://doi.org/10.1007/s11251-007-9043-4>
- Lohmann, G. (2006). Didaktische Rekonstruktion in der Hochschuldidaktik. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 2, 65–73.
- Loibl, K., Leuders, T. & Dörfler, T. (2020). A Framework for Explaining Teachers' Diagnostic Judgements by Cognitive Modeling (DiaCoM). *Teaching and Teacher Education*, 91, 103059. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103059>
- Lucero, M. M., Petrosino, A. J. & Delgado, C. (2017). Exploring the relationship between secondary science teachers' subject matter knowledge and knowledge of student conceptions while teaching evolution by natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(2), 219–246. <https://doi.org/10.1002/tea.21344>
- Malleus, E., Kikas, E. & Kruus, S. (2016). Students' understanding of cloud and rainbow formation and teachers' awareness of students' performance. *International Journal of Science Education*, 38(6), 993–1011. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1175683>
- Markic, S. & Eilks, I. (2008). Unterrichtsbezogene Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Chemie am Beginn ihres Studiums und ihre Einordnung. *CHEMKON*, 15(2), 69–74. <https://doi.org/10.1002/ckon.200810072>
- Marohn, A. (2008a). „Choice2learn“ - eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernvorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 57–83.
- Marohn, A. (2008b). Ionenbildung durch Strom? *CHEMKON*, 15(2), 75–84. <https://doi.org/10.1002/ckon.200810073>
- Marohn, A. & Egbers, M. (2011). Vorstellungen verändern: Lernmaterialien zum Thema Verdampfen im Rahmen der Unterrichtskonzeption chose2learn. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), 5–9.
- Marohn, A. & Rohrbach, F. (2013). Professionalisierung in der Lehrerbildung: Entwicklung und Evaluation eines am Forschenden Lernen orientierten Seminars zum Thema

- Schülervorstellungen im Chemieunterricht. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 38(105), 21–46.
- Marsch, S. (2009). *Metaphern des Lehrens und Lernens: Vom Denken, Reden und Handeln bei Biologielehrern* [Dissertation]. Freien Universität Berlin, Berlin.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz Pädagogik Weinheim.
- McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W., Horz, H. & Ullrich, M. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 23(34), 223–235. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.34.223>
- Meister, S., Nitz, S., Schwanewedel, J. & Upmeyer zu Belzen, A. (2020). Diagnostische Fähigkeiten Lehramtsstudierender – Förderung mit Videovignetten und Anwendung im Lehr-Lern-Labor. In B. Priemer & J. Roth (Hg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 223–247). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_15)
- Mellado, V. (1997). Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science. *Science & Education*, 6(4), 331–354. <https://doi.org/10.1023/A:1008674102380>
- Mellado, V., Bermejo, M. L., Blanco, L. J. & Ruiz, C. (2007). The Classroom Practice of a Prospective Secondary Biology Teacher and His Conceptions of the Nature of Science and of Teaching and Learning Science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 37–62. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9081-z>
- Meyer, H. (2004). Novice and expert teachers' conceptions of learners' prior knowledge. *Science Education*, 88(6), 970–983. <https://doi.org/10.1002/sce.20006>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ (Clinical research ed.)*, 339, b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Morrison, J. A. & Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education*, 87(6), 849–867. <https://doi.org/10.1002/sce.10092>
- Naah, B. M. (2015). Enhancing Preservice Teachers' Understanding of Students' Misconceptions in Learning Chemistry. *Journal of College Science Teaching*, 45(2), 41–47.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–132). Springer Spektrum Berlin.
- Niebert, K. & Gropengiesser, H. (2015). Understanding Starts in the Mesocosm: Conceptual metaphor as a framework for external representations in science teaching. *International Journal of Science Education*, 37(5-6), 903–933. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1025310>

- Niebert, K., Marsch, S. & Treagust, D. F. (2012). Understanding needs embodiment: A theory-guided reanalysis of the role of metaphors and analogies in understanding science. *Science & Education*, 96(5), 849–877. <https://doi.org/10.1002/sce.21026>
- Nussbaum, J. (1981). Towards the Diagnosis by Science Teachers of Pupils' Misconceptions: An Exercise with Student Teachers. *European Journal of Science Education*, 3(2), 159–169. <https://doi.org/10.1080/0140528810030206>
- Nyachwaya, J. M., Mohamed, A.-R., Roehrig, G. H., Wood, N. B., Kern, A. L. & Schneider, J. L. (2011). The development of an open-ended drawing tool: an alternative diagnostic tool for assessing students' understanding of the particulate nature of matter. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 121–132. <https://doi.org/10.1039/C1RP90017J>
- Olson, J. K., Bruxvoort, C. N. & Vande Haar, A. J. (2016). The impact of video case content on preservice elementary teachers' decision-making and conceptions of effective science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/tea.21335>
- Onwu, G. O. & Randall, E. (2006). Some aspects of students' understanding of a representational model of the particulate nature of matter in chemistry in three different countries. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(4), 226–239.
- Oser, F. (1997). Standards in der Lehrerbildung. Teil 1: Berufliche Kompetenzen, die hohen Qualitätsmerkmalen entsprechen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 15(1), 26–37.
- Ostermann, A., Leuders, T. & Nückles, M. (2018). Improving the judgment of task difficulties: prospective teachers' diagnostic competence in the area of functions and graphs. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 21(6), 579–605. <https://doi.org/10.1007/s10857-017-9369-z>
- Otero, V. K. & Nathan, M. J. (2008). Preservice elementary teachers' views of their students' prior knowledge of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 497–523. <https://doi.org/10.1002/tea.20229>
- Özdemir, G. & Clark, D. B. (2007). An Overview of Conceptual Change Theories. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 351–361.
- Özmen, H. (2004). Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147–159.
- Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: A review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 225–233. <https://doi.org/10.1039/B812411F>
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307–332. <https://doi.org/10.3102/00346543062003307>
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals.

- Research in Science Education*, 38(3), 261–284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Patry, J.-L. (2016). Thesen zur konstruktivistischen Didaktik. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 16(2), 9–17.
- Pietzner, V. (2015). Das Wissen von Chemielehrkräften über Schülervorstellungen. In K. Höner, M. Looß, R. Müller & A. Strahl (Hg.), *Naturwissenschaften vermitteln - Braunschweiger Beiträge zu Lehrerbildung und Fachdidaktik: Bd. 5. Naturwissenschaften vermitteln: Von der frühen Kindheit bis zum Lehrerberuf* (S. 176–206).
- Pine, K., Messer, D. & St. John, K. (2001). Children's Misconceptions in Primary Science: A Survey of teachers' views. *Research in Science & Technological Education*, 19(1), 79–96. <https://doi.org/10.1080/02635140120046240>
- Postareff, L., Lindblom-Ylänne, S. & Nevgi, A. (2008). A follow-up study of the effect of pedagogical training on teaching in higher education. *Higher Education*, 56(1), 29–43. <https://doi.org/10.1007/s10734-007-9087-z>
- Rath, V. (2017). *Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften* [Dissertation], Logos Verlag Berlin.
- Reiners, C. S. (2017). *Chemie vermitteln*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52647-7>
- Reinfried, S., Mathis, C. & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27(3), 404–414.
- Riemeier, T. (2005). Schülervorstellungen von Zellen, Teilung und Wachstum. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 41–55.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 69–80). Springer Berlin.
- Riemeier, T. (2010). Wo das Blut fließt: Schülervorstellungen zu Blut, Herz und Kreislauf beim Menschen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 77–92.
- Rieu, A., Loibl, K., Leuders, T. & Herppich, S. (2020). Diagnostisches Urteilen als informationsverarbeitender Prozess – Wie nutzen Lehrkräfte ihr Wissen bei der Identifizierung und Gewichtung von Anforderungen in Aufgaben? *Unterrichtswissenschaft*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00071-x>
- Ross, B. & Munby, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: A study of high-school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 13(1), 11–23. <https://doi.org/10.1080/0950069910130102>
- Ryan, S. A. C. & Stieff, M. (2019). Drawing for Assessing Learning Outcomes in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 96(9), 1813–1820. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00361>



- Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N. & Miller, J. L. (2013). The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1020–1049. <https://doi.org/10.3102/0002831213477680>
- Sanger, M. J. (2000). Using Particulate Drawings to Determine and Improve Students' Conceptions of Pure Substances and Mixtures. *Journal of Chemical Education*, 77(6), 762. <https://doi.org/10.1021/ed077p762>
- Santagata, R. & Angelici, G. (2010). Studying the Impact of the Lesson Analysis Framework on Preservice Teachers' Abilities to Reflect on Videos of Classroom Teaching. *Journal of Teacher Education*, 61(4), 339–349. <https://doi.org/10.1177/0022487110369555>
- Schäfer, S. & Seidel, T. (2015). Noticing and reasoning of teaching and learning components by pre-service teachers. *Journal for educational research online*, 7(2), 34–58.
- Schanze, S. & Busse, M. (2015). Peer-Interaction: Förderung des Konzeptverständnisses durch ein kollaboratives Aufgabenformat. *Unterricht Chemie*, 149, 26–34.
- Schmelzing, S., van Driel, J. H., Jüttner, M., Brandenbusch, S., Sandmann, A. & Neuhaus, B. J. (2013). Development, evaluation, and validation of a paper-and-pencil test for measuring two components of biology teachers' pedagogical content knowledge concerning the "cardiovascular system". *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1369–1390. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9384-6>
- Schmiemann, P. (2011). Fachsprache in biologischen Testaufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 115–136.
- Schrader, F.-W. (2013). Diagnostische Kompetenz von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 31(2), 154–165.
- Schrader, F.-W. & Praetorius, A.-K. (2018). Diagnostische Kompetenz von Eltern und Lehrern. In D. H. Rost, J. R. Sparfeldt & S. R. Buch (Hg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 92–98). Beltz Weinheim.
- Seago, N. (2004). Using video as an object of inquiry for mathematics teaching and learning. In J. Brophy (Hg.), *Using video in teacher education* (S. 259–286). Elsevier Ltd. London.
- Seifried, J. & Wuttke, E. (2017). Der Einsatz von Videovignetten in der wirtschaftspädagogischen Forschung: Messung und Förderung von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Kompetenzen angehender Lehrpersonen. In C. Gräsel & K. Trempler (Hg.), *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals* (S. 303–322). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-07274-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-658-07274-2_16)
- Sherin, M. G., Linsenmeier, K. A. & van Es, E. A. (2009). Selecting Video Clips to Promote Mathematics Teachers' Discussion of Student Thinking. *Journal of Teacher Education*, 60(3), 213–230. <https://doi.org/10.1177/0022487109336967>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.

- Smith III, J. P., diSessa, A. A. & Roschelle, J. (1993). Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition. *Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115–163. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls0302\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0302_1)
- Stark, R. (2003). Conceptual Change: Kognitiv oder situiert? *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 17(2), 133–144. <https://doi.org/10.1024//1010-0652.17.2.133>
- Steininger, R. & Lembens, A. (2011). Concept Cartoons zum Thema Redoxreaktionen: Erfahrungen und Anregungen für den Einsatz im Unterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), 26–31.
- Steinwachs, J. & Gresch, H. (2019). Umgang mit Schülervorstellungen im Evolutionsunterricht – Implizites Wissen von Lehramtsstudierenden bei der Wahrnehmung von Videovignetten. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 8(1), 24–39. <https://doi.org/10.3224/zisu.v8i1.02>
- Stenzel, R. & Eilks, I. (2005). Gesprächsanlässe schaffen mit Concept Cartoons. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 54(8), 44–47.
- Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2015). Videos oder Texte in der Lehrerbildung? Effekte unterschiedlicher Medien auf die kognitive Belastung und die motivational-emotionalen Prozesse beim Lernen mit Fällen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18(4), 667–685. <https://doi.org/10.1007/s11618-015-0631-9>
- Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2016). Fallarbeit als Angebot – fallbasiertes Lernen als Nutzung: Empirische Ergebnisse zur kognitiven Belastung, Motivation und Emotionen bei der Arbeit mit Unterrichtsfällen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 62(1), 86–108.
- Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks? Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education*, 22(4), 399–417. <https://doi.org/10.1080/095006900289813>
- Taber, K. S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom? Using reasearch to inform practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(1), 43–51.
- Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*, 87(5), 732–758. <https://doi.org/10.1002/sce.10079>
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156–168. <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>
- Taber, K. S. (2019). Alternative Conceptions and the Learning of Chemistry. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6-7), 450–469. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800046>
- Taber, K. S. & García-Franco, A. (2010). Learning Processes in Chemistry: Drawing Upon Cognitive Resources to Learn About the Particulate Structure of Matter. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 99–142. <https://doi.org/10.1080/10508400903452868>

- Tavakoli, M. & Baniasad-Azad, S. (2017). Teachers' conceptions of effective teaching and their teaching practices: a mixed-method approach. *Teachers and Teaching*, 23(6), 674–688. <https://doi.org/10.1080/13540602.2016.1218326>
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Uhren, S., Ralle, B. & Di Fuccia, D.-S. (2013). Zum Umgang von Lehrkräften mit alternativen Schülervorstellungen. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 38(105), 5–20.
- Ünal, S., Çalık, M., Ayas, A. & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies: needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 141–172. <https://doi.org/10.1080/02635140600811536>
- Upmeier zu Belzen, A. & Merkel, R. (2014). Einsatz von Fällen in der Lehr- und Lernforschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 203–212). Springer Spektrum Berlin.
- van Boxtel, C., van der Linden, J. & Kanselaar, G. (2000). Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge. *Learning and Instruction*, 10(4), 311–330. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00002-5)
- van Dijk, E. M. (2009). Teachers' views on understanding evolutionary theory: A PCK-study in the framework of the ERTE-model. *Teaching and Teacher Education*, 25(2), 259–267. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.09.008>
- van Dijk, E. M. & Kattmann, U. (2010). Evolution im Unterricht: Eine Studie über fachdidaktisches Wissen von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 7–21.
- van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2008). Mathematics teachers' "learning to notice" in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 24(2), 244–276. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.005>
- van Meter, P. & Garner, J. (2005). The Promise and Practice of Learner-Generated Drawing: Literature Review and Synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285–325. <https://doi.org/10.1007/s10648-005-8136-3>
- von Aufschnaiter, C. & Alonzo, A. C. (2018). Foundations of formative assessment: Introducing a learning progression to guide preservice physics teachers' video-based interpretation of student thinking. *Applied Measurement in Education*, 31(2), 113–127. <https://doi.org/10.1080/08957347.2017.1408629>
- von Aufschnaiter, C., Cappell, J., Dübbelde, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R. & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz: Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 5, 738–758.

- von Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2010). Misconceptions or Missing Conceptions? *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1), 3–18.
- von Aufschnaiter, C., Selter, C. & Michaelis, J. (2017). Nutzung von Vignetten zur Entwicklung von Diagnose- und Förderkompetenzen: Konzeptionelle Überlegungen und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung. In C. Selter, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink & J. Michaelis (Hg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen: Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 85–105). Waxmann.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach. In S. Vosniadou (Hg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 11–30). Taylor & Francis, Ltd.
- Wandersee, J., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Hg.), *Handbook of research on science teaching and learning: A project of the National Science Teachers Association* (S. 177–210). Macmillan New York.
- Weinert, F. E., Schrader, F.-W [Friedrich-W.] & Helmke, A. (1990). Educational Expertise: Closing the Gap between Educational Research and Classroom Practice. *School Psychology International*, 11(3), 163–180. <https://doi.org/10.1177/0143034390113002>
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 233–255.
- Widodo, A. & Duit, R. (2005). Konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenzen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 131–146.
- Wildgans-Lang, A., Scheuerer, S., Obersteiner, A., Fischer, F. & Reiss, K. (2020). Analyzing prospective mathematics teachers' diagnostic processes in a simulated environment. *ZDM*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01139-9>
- Wilhelm, T. (2008). Vorstellungen von Lehrern über Schülervorstellungen. In D. Höttecke (Hg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung: Jahrestagung in Essen 2007* (S. 44–46). LIT Verlag Münster.
- Willson, M. & Williams, D. (1996). Trainee teachers' misunderstandings in chemistry: Diagnosis and evaluation using concept mapping. *School Science Review*, 77(280), 107–113.
- Yakmaci-Guzel, B. (2013). Preservice chemistry teachers in action: an evaluation of attempts for changing high school students' chemistry misconceptions into more scientific conceptions. *Chemistry Education in Research and Practice*, 14(1), 95–104. <https://doi.org/10.1039/C2RP20109G>
- Yang, C., Noh, T., Scharmann, L. C. & Kang, S. (2014). A Study on the Elementary School Teachers' Awareness of Students' Alternative Conceptions about Change of States and Dissolution. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 23(3), 683–698. <https://doi.org/10.1007/s40299-013-0140-7>

Yates, T. B. & Marek, E. A. (2014). Teachers teaching misconceptions: a study of factors contributing to high school biology students' acquisition of biological evolution-related misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 7(7), 1–18.

<https://doi.org/10.1186/s12052-014-0007-2>

Zumbach, J., Haider, K. & Mandl, H. (2008). Fallbasiertes Lernen: Theoretischer Hintergrund und praktische Anwendung. In J. Zumbach & H. Mandl (Hg.), *Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis* (S. 1–11). Hogrefe Göttingen.

**6 Anhang**

## **Anhang A** veröffentliche Teilstudien

**Teilstudie 1:** Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2020). Lernendenvorstellungen zum chemischen Gleichgewicht - ein systematisches Review. *Chemkon*, 27(8), 373-383.

**Link:** <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ckon.201900022>

**DOI:** <https://doi.org/10.1002/ckon.201900022>

### **Zusammenfassung und Zusammenhang mit den weiteren Teilstudien**

Im Rahmen dieser Teilstudie 1 wurde exemplarisch für das chemische Gleichgewicht ein Verfahren zur systematischen Aufarbeitung und Zusammenführung des Stands der Forschung bzgl. alternativer Lernendenvorstellungen entwickelt und präsentiert. Aus dieser Zusammenführung lassen sich Erkenntnisse zu empirisch häufigen alternativen Lernendenvorstellungen ableiten. Diese Erkenntnisse wurden in den weiteren Teilstudien 3 und 4 angewendet bzw. auf weitere Themenbereiche (die chemische Reaktion am Beispiel Verbrennung sowie die ionische Bindung) übertragen, um themenbezogene Videovignetten zu entwickeln. Ferner wurde exemplarisch aufgezeigt, dass in vielen Studien nur einzelne und unimodale Erhebungsformen verwendet werden. Letzteres wird in der folgenden Teilstudie 2 vertiefend thematisiert.

### **Darstellung der Eigenleistung:**

Der Reviewprozess wurde – wie im Beitrag beschrieben – vom Erstautor durchgeführt. Dies beinhaltet die u.a. Entwicklung der Suchkriterien sowie die Suche und Auswahl der Studien. Auch die Bildung der Kategorien, die Entnahme der Vorstellungen sowie die Übersetzung und Zuordnung wurden maßgeblich vom Erstautor durchgeführt. Robert M. Bittorf übernahm die redaktionelle Kontrolle der Übersetzungen und stand für den Reviewprozess als Experte für kommunikative Validierungen zur Verfügung. Ferner war er an der redaktionellen Kontrolle der schriftlichen Ausarbeitung beteiligt. Prof. Dr. Sascha Schanze stand beratend zur Seite und übernahm die Betreuung der Arbeit.



**Teilstudie 2:** Heeg, J.; Hundertmark, S. und Schanze, S. (2020). The interplay between individual reflection and collaborative learning - Seven essential features for designing fruitful classroom practice that develop students' individual conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 21 (3), S. 765–788.

**Link:** <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/rp/c9rp00175a#!divCitation>

**DOI:** <https://doi.org/10.1039/C9RP00175A>

### **Zusammenfassung und Zusammenhang mit den weiteren Teilstudien**

Im Rahmen dieser Teilstudie 2 wurde mit den Arbeitsblättern der Peer-Interaction-Methode ein Verfahren anhand von Forschungsdaten vorgestellt, welches zur zielführenden Ermittlung von fachlich adäquaten wie alternativen Lernendenvorstellungen eingesetzt werden kann. Hierbei wurde außerdem ein weiteres Literaturreview zu Lernendenvorstellungen zur chemischen Reaktion am Beispiel von Verbrennungen durchgeführt. Dieses Review orientierte sich methodisch an den Vorgaben, die im Rahmen der Teilstudie 1 formuliert wurden. Die Peer-Interaction-Methode wurde als Grundlage für die Aufnahme von Videos genutzt, die im Rahmen der Teilstudien 4-6 eingesetzt wurden. Dabei wurden in den Teilstudien 3 und 4 Videovignetten konstruiert und evaluiert, die in den Teilstudien 5 und 6 Anwendung fanden.

### **Darstellung der Eigenleistung:**

Der Erstautor ist maßgeblich verantwortlich für den dritten Part des zugrundeliegenden Artikels und somit für die Entwicklung der Kategoriensysteme sowie die Auswertung der Daten. Diese Abschnitte wurden darüber hinaus maßgeblich von ihm verfasst. Somit fallen die, für die hier vorliegende kumulative Dissertation relevanten Aussagen, in den Verantwortungsbereich des Erstautoren. Prof. Dr. Sascha Schanze und Dr. Sarah Hundertmark sind federführend für den ersten Part der Publikation verantwortlich und standen weiterhin beratend zur Seite. Der zweite Part des Beitrags ist als gemeinsame Leistung der Autorin und der Autoren einzustufen. Die Peer-Interaction-Methode geht auf eine Konzeption zurück, welche federführend von Prof. Dr. Sascha Schanze durchgeführt wurde (Schanze & Busse, 2015). Der Erstautor war für einen Teil der Datenerhebung verantwortlich, ein Teil der Daten lag bereits vor. Diese weiteren Erhebungen wurden u.a. von Prof. Dr. Sascha Schanze und Dr. Sarah Hundertmark betreut.

**Teilstudie 3:** Dannemann, S., Heeg, J. & Schanze, S. (2019). Fallbasierte Förderung der Diagnose- und Planungsfähigkeiten von Lehramtsstudierenden. Lernen mit Videovignetten in der Biologie- und Chemiedidaktik. In E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck, T. Leuders & P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung*, (S. 75–85). Waxmann Verlag GmbH Münster.

**Link:** [https://www.waxmann.com/waxmann-buecher/?tx\\_p2waxmann\\_pi2%5bbuchnr%5d=3971&tx\\_p2waxmann\\_pi2%5baction%5d=show](https://www.waxmann.com/waxmann-buecher/?tx_p2waxmann_pi2%5bbuchnr%5d=3971&tx_p2waxmann_pi2%5baction%5d=show)

### **Zusammenfassung und Zusammenhang mit den weiteren Teilstudien**

Im Rahmen der Teilstudie 3 wurden literaturgeleitet Kriterien zur Entwicklung von Videovignetten abgeleitet und angewendet. Hierbei wurde als qualitätssichernde Maßnahme innerhalb der Vignettenentwicklung u.a. Ergebnisse aus der Teilstudie 2 zu empirisch häufigen alternativen Vorstellungen verwendet. Die Erkenntnisse aus dieser Teilstudie wurden im Rahmen der folgenden Teilstudien 4-6 eingesetzt, um Videovignetten zu gestalten, zu evaluieren sowie darauf aufbauend eine Seminarumgebung zu entwickeln.

### **Darstellung der Eigenleistung:**

Die fachübergreifenden Abschnitte des Beitrags wurden von Dr. Sarah Dannemann und Julian Heeg gemeinsam entwickelt und verfasst. Die im weiteren Verlauf des Beitrags eingebrachten exemplarischen Beispiele aus der Chemiedidaktik wurden von Julian Heeg verfasst. Auch die zugrundeliegende Entwicklung der Erhebungsinstrumente, die Erhebung der Daten selbst sowie deren Auswertung und Aufbereitung fielen in seinen Verantwortungsbereich. Die korrespondierenden Beispiele aus der Biologiedidaktik wurden von Dr. Sarah Dannemann verfasst. Prof. Dr. Sascha Schanze hat in beratender Funktion die Betreuung der Chemieanteile des Beitrags übernommen.

**Teilstudie 4:** Heeg, J. & Schanze, S. (2019). Die Schaffung einer wertschätzenden Studierendenperspektive auf Lernervorstellungen. Ein Beitrag zu einer chemiedidaktischen Teilfacette der Reflektierten Handlungsfähigkeit. In: Dannemann, S., Gillen, J., Krüger, A., Roux, Y. von (Hrsg.), *Reflektierte Handlungsfähigkeit in der Lehrer\*innenbildung – Leitbild, Konzepte und Projekte*, (S. 232-245). Logos Verlag Berlin

**Link:** <https://www.logos-verlag.de/cgi-bin/engbuchmid?isbn=4791&lng=deu&id=>

### **Zusammenfassung und Zusammenhang mit den weiteren Teilstudien**

Im Rahmen der Teilstudie 4 wurde eine entwickelte Videovignette mit Studierendenkleingruppen exemplarisch evaluiert. Der Entwicklungsprozess geschah aufbauend auf den Erkenntnissen der Teilstudien 2 und 3. Die Ergebnisse dieser Teilstudie wurden in den Teilstudien 5 und 6 verwendet zur Gestaltung einer Seminarumgebung zu entwickeln sowie zur Erforschung der diagnostischen Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte.

### **Darstellung der Eigenleistung**

Der Erstautor war verantwortlich für die Konzeption und Durchführung der zugrundeliegenden Studie. Dies schließt sowohl die Erhebung als auch die Auswertung der Daten mit ein. Gleiches gilt für das Verfassen des Beitrages. Prof. Dr. Sascha Schanze übernahm die Betreuung und Beratung des Beitrags.

**Teilstudie 5:** Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2021b). Förderung der Diagnosefähigkeiten angehender Lehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen - Anwendung der Didaktischen Rekonstruktion zur Gestaltung eines hochschuldidaktischen Seminars. *Herausforderung Lehrer\_innenbildung*, 4(2), 146-164.

**Link:** <https://www.herausforderung-lehrerinnenbildung.de/index.php/hlz/article/view/2703>

**DOI:** <https://doi.org/10.11576/hlz-2703>

### **Zusammenfassung und Zusammenhang mit den weiteren Teilstudien**

In der Teilstudie 5 wurde aufbauend auf den Erkenntnissen der vorherigen Teilstudien eine seminaristische Umgebung zur Förderung der diagnostischen Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte gestaltet. Zu den hierfür verwendeten Erkenntnissen vorheriger Teilstudien zählt im Einzelnen, die Durchführung weiterer systematischer Reviews zu empirisch häufigen alternativen Lernendenvorstellungen (Teilstudie 1) sowie die Entwicklung und der Einsatz von Erhebungsinstrumenten zur holistischen Erfassung solcher Lernendenvorstellungen (Teilstudie 2). Hierauf aufbauend fand die Entwicklung und Evaluation weiterer Video-Fallvignetten, gemäß der Vorgaben aus den Teilstudien 3 und 4 statt, welche hier eingesetzt wurden.

### **Darstellung der Eigenleistung:**

Die ursprüngliche Entwicklung und Evaluation der Seminarkonzeption wurde vom Erstautor durchgeführt. Dies beinhaltet insbesondere die Anwendung des Planungsrahmens der Didaktischen Rekonstruktion zur Entwicklung und Evaluation der Seminarkonzeption. Robert M. Bittorf war an der Durchführung der Konzeption in Teilen beteiligt und stand als Experte für kommunikative Validierungsprozesse (u.a. zur Evaluation und Weiterentwicklung) zur Verfügung. Prof. Dr. Sascha Schanze stand beratend und für eine redaktionelle Kontrolle zur Seite.

**Teilstudie 6:** Heeg, J.; Bittorf, R. M. und Schanze, S. (2021a). Erforschung potenzieller Entwicklungsverläufe diagnostischer Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen – Die Bedeutung individueller Vorstellungen über Lernendenvorstellungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Advance online publication.

**Link:** <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40573-021-00124-3>

**DOI:** <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00124-3>

### **Zusammenfassung und Zusammenhang mit den weiteren Teilstudien**

In der Teilstudie 6 wurden die potentielle Entwicklung der diagnostischen Fähigkeiten sowie der Einfluss von Vorstellungen über Lernendenvorstellungen auf diese Fähigkeiten untersucht. Als zentrale Resultate können beschrieben werden, dass die individuellen Vorstellungen über Lernendenvorstellungen in einem engen Zusammenhang zur Diagnose selbst stehen und sich nur schwerlich weiterentwickeln. Eine Förderung gelingt nur in solchen Fällen adäquat, in welchen bereits fachlich teilweise adäquate Vorstellungen über Lernendenvorstellungen vorliegen. Die Erhebung fand innerhalb einer seminaristischen Umgebung statt, die in Teilstudie 5 entwickelt wurde.

### **Darstellung der Eigenleistung**

Die Aufarbeitung der theoretischen Grundlagen, die Aufnahme, Aufbereitung sowie Auswertung und Interpretation der Daten fiel maßgeblich in den Verantwortungsbereich des Erstautoren. Gleiches gilt für die schriftliche Ausarbeitung des Beitrags. Robert M. Bittorf stand beratend als Experte für die kommunikative Validierung der Interpretation zur Verfügung. Ferner übernahm er redaktionelle Kontrollfunktionen bei der Ausarbeitung des Textes. Prof. Dr. Sascha Schanze stand beratend zur Seite und übernahm ebenfalls Funktionen bzgl. der redaktionellen Überarbeitung.

**Teilstudie 7:** Heeg, J.; Steinich, R. und Hundertmark, S. (2018). Möglichkeiten zum Erkennen und Überwinden von Stolpersteinen auf dem Weg zum Verständnis des chemischen Gleichgewichts. *Unterricht Chemie*, 166, S. 32–37.

**Link:** <https://www.friedrich-verlag.de/shop/chemisches-gleichgewicht-510166>

### **Zusammenfassung und Zusammenhang mit den weiteren Teilstudien**

In der fachdidaktischen Literatur wird wiederkehrend berichtet, dass Erkenntnisse aus der Forschung wenig Anwendung in der unterrichtlichen Praxis finden (Duit et al., 2008; Gomez-Zwiep, 2008; Marohn, 2008a; Taber, 2001). Dies kann verschiedene Gründe haben, wie z.B. einen nicht effizienten Austausch zwischen Forschenden und Lehrkräften (Taber, 2001). Unterrichtsnahe Zeitschriften bieten hierfür eine geeignete Diskussionsplattform, um diesem Desiderat entgegenzukommen (Beerenwinkel et al., 2007). Daher wurden in diesem Beitrag zentrale alternative Lernendenvorstellungen, wie sie auch in Teilstudie 1 zusammengefasst sind, vorgestellt. Ferner wurden aufbauend auf den Erkenntnissen zur Peer-Interaction-Methode (Teilstudie 2) weitere Aufgabenblätter zum Themenbereich des chemischen Gleichgewichts entwickelt und eingesetzt. Somit soll ein exemplarischer Beitrag zur Informationsvermittlung geleistet werden. Die Teilstudie ist eingebettet in den Planungsrahmen der Didaktischen Rekonstruktion (Reinfried et al., 2009).

### **Darstellung der Eigenleistung:**

Der Erstautor ist maßgeblich verantwortlich für die schriftliche Ausarbeitung des Beitrags. Dies beinhaltet u.a. die Zusammenstellung der ausgewählten Beispiele, die Adaption der dargestellten Leitfragen sowie die Formulierung der Lernendenvorstellungen und fachlich adäquaten Vorstellungen. Auch die Analyseprozesse der dargestellten Beispiele aus Fach- und Schulbüchern wurde maßgeblich vom Erstautor ausgewertet. Rebecca Meyer (geb. Steinich) war für einen Teil der Datenerhebung im Rahmen ihrer Bachelorarbeit zuständig, die vom Erstautor als Prüfer betreut wurde. Sie war ebenfalls für einen Teil der Datenauswertung verantwortlich. Dr. Sarah Hundertmark war ebenfalls als Prüferin der zugrundeliegenden Bachelorarbeit tätig und wirkte zusätzlich beratend an der Publikation mit. Teile der schriftlichen Ausarbeitung wurden von ihr verfasst.

## **Anhang B** Lebenslauf

Name	Julian Heeg
Geboren	14.09.1988 in Hannover
Staatsangehörigkeit	Deutsch

## **Ausbildung**

seit 01/2020	Studienreferendar Studienseminar Hannover I
seit 02/2016	Bearbeitung der vorliegenden Doktorarbeit unter Leitung von Prof. Dr. Sascha Schanze
seit 2015	Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften wissenschaftlicher Mitarbeiter
2012 – 2015	Leibniz Universität Hannover Studiengang: Master Lehramt an Gymnasien (Chemie/Mathematik) Abschluss: Master of Education (M. Ed.)
2008 – 2012	Leibniz Universität Hannover Studiengang: Fächerübergreifender Bachelor (Chemie/Mathematik) Abschluss: Bachelor of Science (B. Sc.)
2001 – 2008	Gymnasium Ricarda-Huch-Schule, Braunschweig
1999 - 2001	Orientierungsstufe: Braunschweig, Volkmarode
1995 - 1999	Grundschule: Braunschweig, Hondelage