

Markus Wahle

## Traditionelle Übungen vs. Gruppenübungen in naturwissenschaftlichen Fächern

### Zusammenfassung

Immer häufiger enthalten Modulbeschreibungen in naturwissenschaftlichen Fächern an Hochschulen neben den thematischen Inhalten auch kompetenzorientierte Lernziele. Die traditionelle Konzeptionierung von Lehrveranstaltungen ist oft nicht auf die Vermittlung dieser Lernziele ausgerichtet. Eine konstruktivistisch geprägte Lehre ist deutlich geeigneter, um den Kompetenzerwerb von Studierenden zu fördern. Im Rahmen eines *Scholarship of Teaching and Learning* Projekts werden in diesem Artikel die Resultate der Einführung von Gruppenübungen in eine Präsenzübung zur Physikalischen Chemie vorgestellt. Es wurde die Akzeptanz der Gruppenübungen von insgesamt 19 Studierenden durch Fragebögen erfasst, die Auswirkungen auf die schriftlichen Prüfungsleistungen und der mittelfristige Lernerfolg mit Hilfe von Interviews. Die Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden die Einführung von Gruppenübungen gut annehmen. Es ließ sich jedoch keine signifikante Verbesserung der Prüfungsleistungen oder ein besserer mittelfristiger Lernerfolg feststellen. Es gibt aber Hinweise, dass im Falle der Gruppenübungen der mittelfristige Lernerfolg kleineren Schwankungen unterliegt als bei traditioneller Lehre.

### Schlüsselwörter

Naturwissenschaften, Gruppenübungen, Konstruktivismus, Traditionelle Lehre

## 1 Einführung

Neue didaktische Impulse in der Hochschullehre führen immer häufiger zur Umgestaltung der Ziele von Lehrveranstaltungen. Dieser Trend führt dazu, dass anstelle von thematischen Inhalten in Modulhandbüchern vermehrt Lernziele formuliert werden, die auf den studentischen Kompetenzerwerb abzielen.

Das gezielte Vermitteln von Kompetenzen ist jedoch oft nicht kompatibel mit traditionellen Lehrkonzepten. Dies gilt insbesondere für naturwissenschaftliche Studiengänge, in denen Vorlesungen und Übungen sich an sehr klassischen, instruktivistischen Vorgehensweisen orientieren. Hier wird meist ein Fokus auf das algorithmische Lösen von Problemen gesetzt, das zwar wichtig ist, aber nicht notwendigerweise zu einem tiefgehenden Verständnis führt. Dieses tiefgehende Verständnis zu schaffen ist Ziel von konstruktivistischen Lehrensätzen (von Glasersfeld, 1989).

Viele Umsetzungen einer konstruktivistischen (Hochschul-)Lehre basieren auf der Diskussion der Studierenden untereinander (Crouch, 2001). In diesen Diskussionen haben die Studierenden die Möglichkeit, ihr eigenes Verständnis der Inhalte zu testen, zu festigen und gegebenenfalls zu revidieren. Diese hat sich als effektiv erwiesen (Hake, 1998) und wird in naturwissenschaftlichen Veranstaltungen zum Beispiel in der Form der Peer Instruction durchgeführt (Rosenberg, 2006).

In diesem Artikel wird die Einführung von Gruppenübungen in eine Präsenzübung der Physikalischen Chemie diskutiert. Die Übung gehört zusammen mit der Vorlesung zum Modul „Statistische Thermodynamik“ des Paderborner Masterstudiengangs Chemie. In der Übung sollen die Studierenden die Anwendung der in der Vorlesung gelehrt Inhalte üben. Diese Übung wurde bisher ausschließlich mit Hausaufgaben durchgeführt, die von den Studierenden während dieser präsentiert wurden.

Um den Einfluss der Einführung der Gruppenarbeit auf den Lernzuwachs mit der traditionellen Form vergleichen zu können, wurde ca. die Hälfte der Themengebiete per Gruppenübungen gelehrt und der übrige Teil traditionell per Hausaufgaben.

Es werden hier Ergebnisse präsentiert, wie die Studierenden auf die Einführung der Gruppenarbeit reagiert haben, sowie der Effekt auf die Klausurleistung und die Auswirkung auf den mittelfristigen Lernzuwachs dargestellt. Nach einer kurzen Einführung in den pädagogischen Konstruktivismus und dessen Umsetzung in der Lehre wird das bisherige Lernsetting beschrieben und wie die Gruppenarbeit dort implementiert wurde. Anschließend werden die zur Datenerhebung genutzten Methoden vorgestellt. Die Ergebnisse werden mit Blick auf die Akzeptanz der Gruppenarbeit durch die Studierenden, den Effekt auf die Prüfungsleistungen und den mittelfristigen Lernerfolg diskutiert. Schlussendlich folgen eine kurze Zusammenfassung und eine Schlussfolgerung.

## 2 Theoretischer Hintergrund

Wirft man einen Blick in die Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Chemie an der Universität Paderborn, so findet man unter anderem folgendes Lernziel für die Veranstaltung Statistische Thermodynamik: „Die Studierenden [...] sind in der Lage, sich eigenstän-

dig in komplexere Fragestellungen der Statistischen Thermodynamik einzuarbeiten“ (Universität Paderborn, 2006, S. 29). Hierbei handelt es sich um eine Kompetenz (Gerstenmaier & Mandl, 1995), die in der Vorlesung und insbesondere der Übung entwickelt werden muss.

Die Frage, wie man Lehrveranstaltungen so gestaltet, dass die Studierenden nicht nur Fachwissen, sondern auch Kompetenzen erlernen, ist in den letzten Jahren stark in der hochschuldidaktischen Forschung in den Fokus gerückt. Eine verbreitete Theorie ist der pädagogische Konstruktivismus. Eine Implementierung des Konstruktivismus in Lehrveranstaltungen ist z. B. die Peer Instruction (Crouch, 2001). Die konstruktivistische Lehre sieht für den Lehrenden eine beratende Rolle vor. Dadurch soll die Autonomie des Studierenden gefördert werden und er in die Lage versetzt werden, sich eigenständig Inhalte zu erarbeiten, unabhängig von einem Lehrenden (Wang, 2014).

## 2.1 Grundlagen Konstruktivismus

Nach der Theorie des Konstruktivismus (von Glasersfeld, 1989) ist die Schaffung des Wissens ein individueller Prozess, der stark von Vorwissen und bestehenden Modellen bzw. Konzepten der Person beeinflusst wird, die sich neues Wissen aneignet. Im Rahmen der konstruktivistischen Theorie ergeben sich daher wichtige Implikationen für die Lehre. Die Vermittlung von Wissen vom Lehrenden zu den Studierenden erfolgt nicht als identische Abbildung, da die konzeptuellen Strukturen sehr unterschiedlich sein können. Es werden zunächst Informationen übermittelt, die die Studierenden verarbeiten. Stehen diese neuen Informationen in Konflikt mit dem bestehenden Konzept, zu dem sie die Informationen zuordnen, braucht es eine aktive Auseinandersetzung des Studierenden mit diesem Konflikt, um sein eigenes Modell anzupassen (Savery, 1995). Dieses stellt den eigentlichen Lernprozess dar. Das Lernen kann daher als Rückkehr in einen Gleichgewichtszustand gesehen werden, aus dem der Studierende durch Input von neuen Informationen herausgebracht wurde.

Dies führt zu einer deutlichen Unterscheidung zwischen Lernen und Üben (Mayer, 2002). Während im ersteren ein Konflikt ausgelöst und aufgelöst wird, wird im Fall des Übens eine bekannte Handlung wiederholt und optimiert. Beispiele für eine solche Handlungen sind das Auswendiglernen und das algorithmische Lösen von Aufgaben. Beide spielen eine wichtige Rolle für die Ausbildung von Studierenden. Sie führen aber nicht zu der Schaffung von Wissen und von Kompetenzen.

Dass Lernen Zeit und aktiver Teilnahme durch die Studierenden bedarf (Rosenberg 2006), ist auch in den Naturwissenschaften bekannt. Jedoch wird die aktive Teilnahme meist auf Übungen verschoben und findet in den Vorlesungen gar nicht statt.

Aber auch in Übungen kann es zu „Konflikten“ kommen, da Studierende und Lehrpersonen aufgrund ihrer unterschiedlichen konzeptionellen Strukturen die Aufgaben anders interpretieren. Hier muss der Konflikt aufgelöst werden, indem der Dozent die konzeptionellen Unterschiede auffindig macht. Der Dozent sollte so die Modelle, die seine Studierenden haben, auskundschaften und seine Lehre entsprechend anpassen.

Wie schon erwähnt, bedarf der Lernprozess der aktiven Teilnahme der Studierenden. Sie müssen sich mit den Konflikten, die durch die Vorlesungsinhalte aufgeworfen werden, beschäftigen und diese auflösen, indem sie adäquate Modelle für sich entwerfen. Als besonders effektiv haben sich hierfür Gruppenübungen in Kleingruppen erwiesen (Micari,

2010; Springer, 1999). Die Studierenden haben dabei die Möglichkeit, ihre Modelle zu vergleichen und anzupassen. Durch die Diskussion können auch weitere Konflikte in ihren Konzepten aufgedeckt und aufgelöst werden (Smith, 2009). Ein weiterer Vorteil der Kleingruppen ist, dass die konzeptionellen Strukturen unter den Studierenden ähnlicher sind als im Vergleich zum Dozenten. Dies erleichtert die Kommunikation.

In dieser konstruktivistisch geprägten Lehre kommt dem Lehrenden eine eher beratende Rolle zu. Er gibt den Studierenden einen gewissen Input und steht bei Fragen zur Verfügung. Gleichzeitig muss er überprüfen, ob die Aufgaben, die er stellt, von den Studierenden in der von ihm intendierten Art verstanden wurden und gegebenenfalls konzeptionelle Unterschiede ausfindig machen und beheben.

## 2.2 Umsetzung des Konstruktivismus in der Hochschullehre

Seit den 1980er Jahren gibt es Bestrebungen, eine konstruktivistische Lehre in MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) zu implementieren. Eric Mazur beschreibt eine Variante der konstruktivistischen Lehre, die sich stark auf Peer Instruction (Crouch & Mazur, 2001; Mazur, 1996) fokussiert. Eric Mazur (2006) sieht die klassische Art der Vorlesung als nicht mehr zeitgemäß an, da sie darauf fokussiert ist, dass Studierende während der Vorlesung eine Abschrift des Vorlesungsinhalts erstellen, ohne dass sich daraus ein Lernzuwachs ergibt. Durch moderne Medien (Kopierer, Onlineskripte, etc.) ist diese Art der Vorlesung obsolet. Die Vorlesungszeit sollte daher sinnvoller genutzt werden.

Nach seiner Idee soll die Vorlesung daher so umstrukturiert werden, dass die Studierenden die eigentlichen Vorlesungsinhalte zu Hause vorbereiten und diese dann in der Vorlesungszeit in Paaren diskutieren. Diese Diskussion soll anhand von Fragen geschehen, welche vom Dozenten vorbereitet wurden. Die Diskussion ist das zentrale Element der Peer-Instruction (Mazur, 2001). Es geht im Kern darum, die Studierenden aktiv in die Vorlesung mit einzubeziehen. Daher wird diese Variante auch dem Interactive Engagement (IE) zugeordnet (Hake, 1998). Die Quiz-Nutzung ist ein üblicher Weg, die Diskussionen zu steuern und zu kontrollieren.

In diesem Quiz stellt der Dozent Multiple-Choice-Fragen, die die Studierenden mit Hilfe des Smartphones oder Clicker (oder anderer Methoden) alleine beantworten. Der Dozent erhält so direktes Feedback über den Wissensstand der Studierenden. Hat ein Großteil der Studierenden die richtige Antwort gegeben, so gibt der Dozent eine kurze Erklärung zu der Lösung und kann zur nächsten Aufgabe fortschreiten.

Gibt es zu viele Studierende, die die falsche Antwort gewählt haben, so gibt es anschließend eine Diskussion, in der alle Studierenden sich über die Aufgabe in Kleingruppen austauschen. Anschließend wird noch einmal abgestimmt, üblicherweise gibt ein Großteil der Studierenden dann die korrekte Antwort (Deslauriers et al., 2011; Henderson, 2009). Abschließend erklärt der Dozent noch die korrekte Lösung.

Smith und Kollegen (2009) haben gezeigt, dass die Ergebnisse nach der zweiten Abstimmung deutlich besser sind als bei der ersten. Auch unter Studierendenpaaren, die vorher beide falsch abgestimmt haben, findet sich nun ein großer Anteil, der korrekt abgestimmt hat. Weiter konnte gezeigt werden, dass die Studierenden durch diese Methode eher in der Lage sind, konzeptionell ähnliche Fragen unmittelbar richtig zu beantworten.

Der Fokus auf das konzeptionelle Verständnis hat dazu geführt, dass sogenannte Concept Inventories (Hestenes et al., 1992) entwickelt wurden, die als Grundlage für Prüfungen dienen. Die Concept Inventories sind standardisierte Tests und ermöglichen daher Vergleiche zwischen verschiedenen Kursen.

Die Vorbereitung auf die Prüfungen am Ende des Semesters werden in naturwissenschaftlichen Fächern üblicherweise nicht alleine über die Vorlesung geleistet, da hier nur einfache und grundlegende Probleme bearbeitet werden können. Für eine Vertiefung der Inhalte sind häufig noch Übungsstunden vorgesehen. Nach der konstruktivistischen Idee spielt der Lehrende hier eine eher beratende Rolle (Rosenberg et al., 2006). Dies wird implementiert, indem die Aufgaben in Gruppen gelöst werden. Der Fokus liegt auch hier auf der Diskussion der Studierenden untereinander, so dass die Gruppenmitglieder die Möglichkeit haben, ihre Konzepte zu formulieren und anzupassen. Der Lehrende sollte bereitstehen und diese Konzepte überprüfen und gegebenenfalls korrigieren (Springer et al., 1999). Die Probleme, die in den Übungen behandelt werden, können daher komplexer sein als Quizfragen aus der Vorlesung.

In Vergleichen von Mechanik-Kursen für Physikstudenten, die mit Interactive Engagement/Peer Instruction unterrichtet wurden, und Kursen, die traditionell instruktiv unterrichtet wurden, liefern IE-Kurse deutlich bessere Ergebnisse in den konzeptionellen Tests. Die schlechtesten Ergebnisse in IE-Kursen liegen immer noch im Mittel der Ergebnisse der traditionellen Kurse (Hake, 1998). Die Prüfungsergebnisse von IE-Kursen können starken Streuungen unterliegen. Diese starke Streuung wird auf die Lehrenden zurückgeführt. Dozenten, die mit IE vertrauter sind, erreichen üblicherweise bessere Ergebnisse. Rosenberg et al. (2006) konnten weiterhin zeigen, dass sich das verbesserte konzeptionelle Verständnis auch positiv auf das Lösen von konventionellen Aufgaben auswirken.

In den Studiengängen der Chemie sind Elemente des Interactive Engagement eher selten, da die meisten Veranstaltungen ohne Übungen umgesetzt werden. Daher existieren auch nur wenige Concept Inventories (Libarkin, 2008) im Vergleich zu Physik- oder Ingenieursstudiengängen.

### 3 Forschungsidee und Forschungsfragen

Die positiven Ergebnisse des Interactive Engagements/Peer Instruction haben den Autor motiviert, bestimmte Aspekte dieser Konzepte aufzugreifen und in einer von ihm geleiteten Übung in der Physikalischen Chemie zu nutzen. Insbesondere die Gruppenarbeit, die in naturwissenschaftlichen Fächern kaum genutzt wird, sollte umgesetzt werden.

Da die Studierenden Gruppenübungen in ihrem Studium der Chemie in Paderborn bisher nicht kennengelernt hatten, war die erste Forschungsfrage:

(F1) Akzeptieren die Studierenden die Gruppenarbeit?

Das Ziel, das durch Einführung der Gruppenarbeit erreicht werden sollte, war ein besseres konzeptionelles Verständnis der Inhalte durch die Studierenden, woraus sich bessere Prüfungsergebnisse ergeben sollten. Daraus folgte die zweite Forschungsfrage:

(F2) Beeinflusst der Einsatz von Gruppenarbeit die Leistungen in den Klausuren?

Ein weiteres Ziel, das durch den verstärkten Fokus auf die Konzepte der Lehrinhalte erreicht werden sollte, war ein länger andauernder Lernerfolg der Studierenden. Daraus ergab sich die letzten Forschungsfrage:

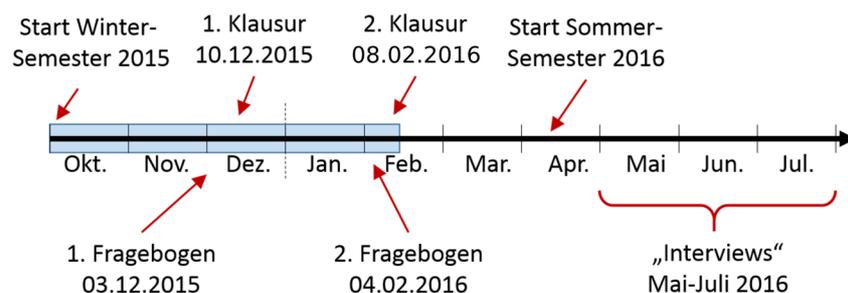
(F<sub>3</sub>) Gibt es mittelfristig einen Unterschied zwischen dem Wissen, erlangt durch traditionelle Übungen und Gruppenübungen?

## 4 Setting

Der zeitliche Ablauf für das vorliegende Projekt wird in Abb. 1 schematisch dargestellt. Die Gruppenarbeit wurde in die Präsenzübung zur Statistischen Thermodynamik im Wintersemester 2015/16 eingeführt. Diese Übung hatte der Autor bereits ein Jahr zuvor (WS 2014/15) betreut. Zum besseren Verständnis wird daher zunächst die Übung erläutert, wie sie bisher durchgeführt wurde.

Da die Untersuchung des mittelfristigen Lernerfolgs im Rahmen eines Praktikums im folgenden Sommersemester (SS 2016) erfasst wurde, werden hier einige Details zu diesem Praktikum beschrieben.

Zuletzt werden weitere Informationen zu der Studierendengruppe angegeben.



**Abb. 1:** Zeitachse der Datenerhebung von Wintersemester 2015/16 bis Sommersemester 2016. Der blaue Bereich markiert den Zeitraum der Vorlesung.

### 4.1 Bisherige Gestaltung des Übungsbetriebes

Die Übung (zwei Semesterwochenstunden [SWS]), die hier im Wintersemester 2015/16 untersucht wurde, ist an die Vorlesung „Statistische Thermodynamik“ (drei SWS) angegliedert. Laut Curriculum ist diese Veranstaltungen für Studierende der Chemie im ersten Mastersemester vorgesehen. Die Übung fand wöchentlich statt, an 13 Terminen verteilt über die Vorlesungszeit.

Inhaltlich wird in der Vorlesung der Zusammenhang zwischen der phänomenologischen Thermodynamik und der Quantenmechanik hergestellt. Beide Themen sind Teil des Bachelorstudiengangs Chemie. Die Verbindung dieser beiden Themengebiete wird mit Hilfe von statistischen Methoden hergestellt. Daher spielt die Statistik eine große Rolle in der Vorlesung und auch in den Übungen.

Die Struktur der Übung war bisher, dass die Studierenden Hausaufgaben bekommen hatten, diese zu Hause lösten und dann auf freiwilliger Basis in der Übung präsentierten. Die Note für die Lehrveranstaltung wird ausschließlich durch zwei zweistündige Klausuren ermittelt. Die Klausuren fanden zur Mitte und zum Ende des Semesters statt.

Da die Übung auf freiwilliger Teilnahme beruht, beteiligen sich üblicherweise nur wenige Studierenden aktiv in der Präsenzübung. Dies führte dazu, dass viele Studierende die Konzepte nicht verstanden und nicht in der Lage waren, diese in der Klausur anzuwenden.

Durch die didaktische Neugestaltung sollte daher untersucht werden, ob die Einführung von Gruppenübungen und die damit verbundene Aktivierung der Studierenden zu besseren Klausurergebnissen und einem besseren konzeptionellen Verständnis führt.

## 4.2 Pflichtpraktikum

Zur Ermittlung des mittelfristigen Lernerfolgs wurden zwei Interviews mit den Studierenden ca. vier bis sechs Monate nach Ende der Veranstaltung geführt. Diese Interviews fanden im Rahmen eines Praktikums statt.

Das „Schwerpunktpraktikum Physikalische Chemie“ findet im Sommersemester statt und richtet sich an die Studierenden, die zuvor an der Veranstaltung „Statistische Thermodynamik“ teilgenommen haben. Dementsprechend nimmt auch ein Großteil der Studierenden aus der Vorlesung an dem Praktikum teil.

In diesem Praktikum führen die Studierenden selbstständig Experimente durch. Diese Experimente sollen den Studierenden zeigen, wie die theoretischen Inhalte der Vorlesungen praktisch verifiziert werden können.

Das Praktikum besteht aus acht Versuchen, zwei davon befassen sich mit Themen der statistischen Thermodynamik. Diese zwei Versuche hat der Autor im Sommersemester 2016 betreut. Vor jedem Versuch findet ein Antestat statt, in dem überprüft wird, ob die Studierenden ausreichend auf den Versuch vorbereitet sind. Dieses Antestat ist unbenotet. Das Praktikum wird in Zweiergruppen durchgeführt, dies gilt auch für die Antestate.

Im Rahmen der Antestate vor dem jeweiligen Praktikumsversuch wurde je ein Interview mit den Studierenden anhand eines Interviewleitfadens geführt und ihnen Fragen zu einzelnen Themengebieten gestellt. Auch hier wussten die Studierenden, dass ihre Leistung nicht benotet wird.

## 4.3 Gruppe der Studierenden

Insgesamt waren 21 Personen für die Veranstaltung laut Lehrverwaltungssoftware eingetragen, von denen 19 an der ersten und 19 an der zweiten Klausur teilnahmen. Alle Studierenden waren im ersten Semester des Masterstudiengangs Chemie eingeschrieben. Von diesen 19 Studierenden waren drei weiblich und 16 männlich. Die Anzahl der Anwesenden während der Übungsstunden bewegte sich zwischen 13 und 17.

# 5 Neugestaltung der Übung

Die Neugestaltung beinhaltet, dass ungefähr die Hälfte der Übungsaufgaben in traditioneller Weise (Hausaufgaben) und die andere Hälfte in Gruppenarbeit während der Übung gelöst wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass jeweils ein vollständiger Themenblock entweder in der einen oder in der anderen Weise behandelt wurde.

Für die Hausaufgaben hatten die Studierenden eine Woche Zeit, diese zu bearbeiten. Wie die Studierenden die Übungen lösten, blieb ihnen überlassen. Die Lösungen wurden dann wie gehabt von den Studierenden während der Übungszeit präsentiert.

Die Gruppenaufgaben wurden komplett in der Übung gelöst. Die Studierenden konnten sich selbstständig in Gruppen von zwei bis drei Personen organisieren. Die Bearbeitungszeit der Aufgaben war nicht fixiert. Die Arbeitsphase wurde beendet, wenn ein Großteil der Gruppen die Bearbeitung abgeschlossen hatte. Anschließend wurden die Aufgaben im Plenum diskutiert. Die Gruppenaufgaben haben sich dabei hauptsächlich an den Hausaufgaben aus vorigen Semestern orientiert.

## 6 Methoden

Die Datenerhebung geschah in drei verschiedenen Varianten: Fragebögen, Klausuren und Interviews. Die Fragebögen und die Klausuren wurden während der Vorlesungszeit im Wintersemester 2015/16 genutzt. Die Interviews wurden im folgenden Sommersemester geführt.

### 6.1 Fragebögen

Die Fragebögen dienen zur Bestimmung der Akzeptanz von Gruppenübungen. Es wurden zwei Befragungen durchgeführt, zur Mitte und zum Ende des Semesters. Die Befragungen fanden dabei jeweils eine Woche vor den Klausuren statt. Insgesamt bestanden beide Fragebögen aus acht Items.

Die Akzeptanz der Gruppenübungen wurde dabei mit zwei Items erfragt: „Das Lösen von Präsenzaufgaben während der Übung war als Vorbereitung auf die Klausur hilfreich.“ und „Ich wünsche mir, mehr Aufgaben während der Übung zu lösen.“. Analog wurde auch nach „Hausaufgaben“ gefragt, also Aufgaben, die nach der traditionellen Art zu Hause gelöst wurden. Zur Beantwortung wurde eine siebenstufige Skala von „1: Trifft gar nicht zu“ bis „7: Trifft voll und ganz zu“ verwendet.

### 6.2 Klausuren

Es wurden zwei Klausuren mit unterschiedlichen Themenkomplexen geschrieben. Die Klausuren enthielten sowohl Aufgaben aus den Hausaufgaben als auch aus den Gruppenübungsaufgaben.

Die erste Klausur enthielt sechs Aufgaben, jeweils drei wurden entsprechenden Typen zugeordnet. In der zweiten Klausur gab es insgesamt fünf Aufgaben, von denen vier eindeutig entweder traditionell (zwei) oder in Gruppen (zwei) gelehrt wurden. Zum Bestehen des Moduls ist es ausreichend, insgesamt 50% der Punkte zu erzielen.

Die Klausuraufgaben basierten auf den Übungsaufgaben bzw. auf Aufgaben aus einem vorhandenen Aufgabenpool. Die Aufgaben wurden so designt, dass sie konzeptionell den Übungsaufgaben entsprachen, jedoch einen anderen Kontext aufwiesen.

Für die Klausuren wurde vor den eigentlichen Prüfungsterminen jeweils eine Musterlösung erstellt, die die entsprechenden Punkte für einzelne Aufgabenteile enthielt. Anhand dieser Musterlösungen wurden die studentischen Klausuren bewertet.

### 6.3 Interviews

Es wurden zwei Interviews im Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Praktikum geführt, je ein Interview zu einem Versuch. Die Länge betrug ca. 1-1,5 Stunden. In Tab. 1 sind die Themengebiete für die einzelnen Interviews dargestellt. Diese werden unterschieden nach der Art, wie sie in der Übung im Wintersemester gelehrt wurden: entweder in traditionellen Hausaufgaben oder durch Gruppenübungen.

Die Auswahl der Themengebiete für die beiden Interviews stand dabei in keinem Zusammenhang zu der Abfolge der Themengebiete, wie sie in der Übung behandelt wurden.

**Tab. 1:** Themengebiete der Interviews unterteilt in Inhalte, die traditionell gelehrt wurden und Themen, die sich die Studierende in Gruppen erarbeitet haben.

	Traditionell		Gruppenübung	
<b>Interview 1</b>	Boltzmann-Statistik	Ensembles und Vertauschbarkeit	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	
<b>Interview 2</b>	Thermodynamische Zustandsgrößen	Wärmekapazität von Gasen	Kombinatorik	Wärmekapazität von Festkörpern

Zu jedem Thema werden fünf bis sieben Fragen gestellt. Die Antworten der Studierenden werden mit 0 bis 4 Punkten bewertet. Die Bewertung erfolgt anhand der in Tab. 2 gegebenen Kriterien.

**Tab. 2:** Kriterien zur Punktevergabe für Fragen in den Interviews.

Punkte	Kriterium
0	Keine Antwort/zum Großteil falsche Antwort
1	Teilweise falsche Antworten
2	Großteils richtige Antworten (mit Hilfe/Nachfrage)
3	Fast ausschließlich richtige Antworten (mit Hilfe/Nachfrage)
4	Fast ausschließlich richtige Antworten (mit wenig oder keiner Hilfe/Nachfrage)

## 7 Ergebnisse

### 7.1 Fragebögen – Akzeptanz der Gruppenübungen

Die Ergebnisse der beiden Fragebögen (Erste Befragung: Semestermitte, Zweite Befragung: Semesterende) sind in Abb. 1 zu sehen. Die Gesamtanzahl  $N$  der Antworten kann pro Frage variieren, da teilweise keine der Antworten angekreuzt wurden, obwohl es die Option „keine Angabe“ gab.

Der Aussage, dass die Hausaufgaben hilfreich als Klausurvorbereitung war [Abb. 2(a)], stimmten die meisten Studierenden sowohl in der ersten als auch in der zweiten Befragung zu. Es gibt sogar eine Steigerung der Zustimmung von der ersten zur zweiten Umfrage von

5.0 ( $SD = 0.8$ ) auf 6.1 ( $SD = 1.1$ ; auf einer Skala von 1 bis 7: „1: Trifft gar nicht zu“, „7: Trifft voll und ganz zu“).

Durch die Einführung der Gruppenarbeit wurde ein erheblicher Teil der Übungszeit auf die Bearbeitung der Gruppenübungen verwandt und nicht zur Besprechung der Hausaufgaben. Der Aussage, dass die Übungsaufgaben ausreichend besprochen wurden [Abb. 2(b)], stimmte trotzdem ein Großteil der Studierenden zu: 4.5 ( $SD = 0.8$ ) in der ersten und 6.2 ( $SD = 1.6$ ) in der zweiten Befragung.

Ebenso wie die Hausaufgaben, werden auch die Gruppenübungen während der Vorlesung [Abb. 2(c)] als hilfreich für die Klausurvorbereitung gesehen. Im Durchschnitt werden für die entsprechende Aussage 4.7 ( $SD = 0.9$ ) bzw. 5.8 ( $SD = 1.0$ ) in der ersten bzw. zweiten Befragung erreicht.

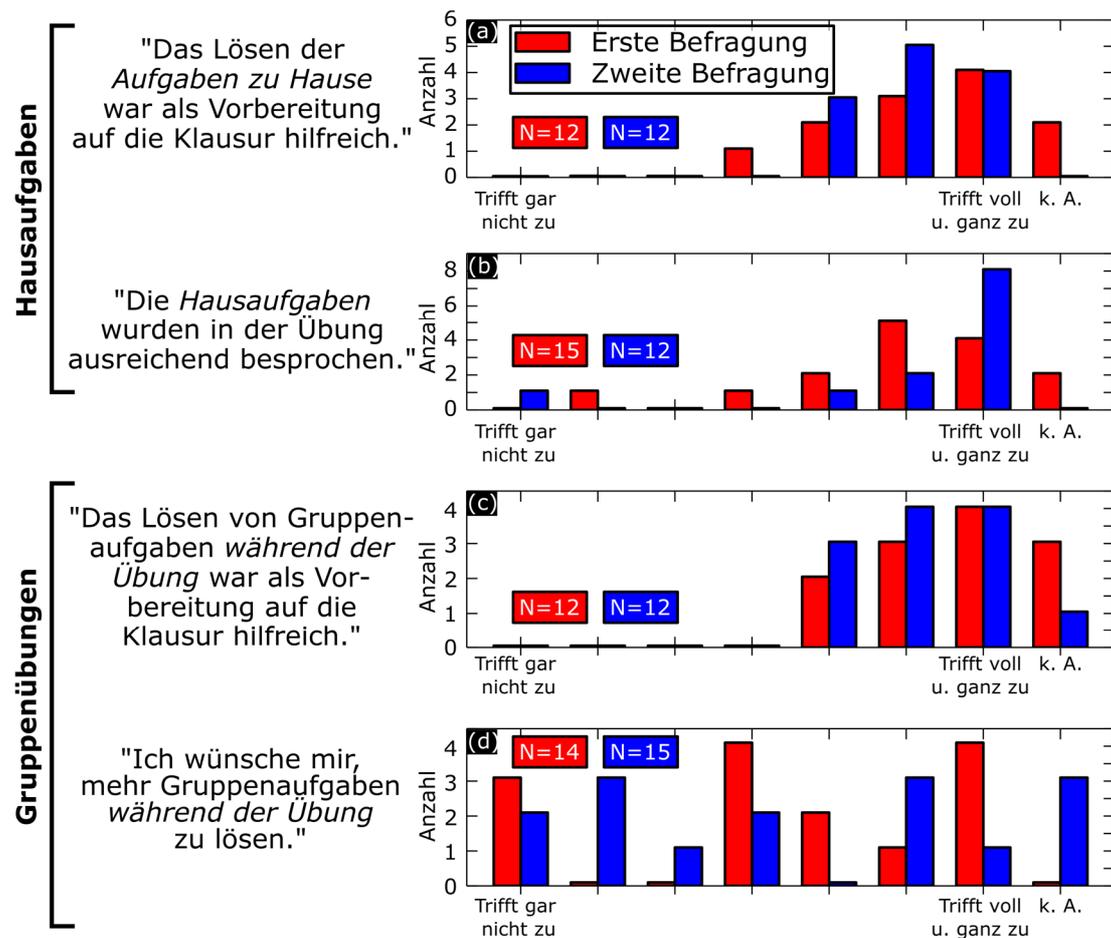
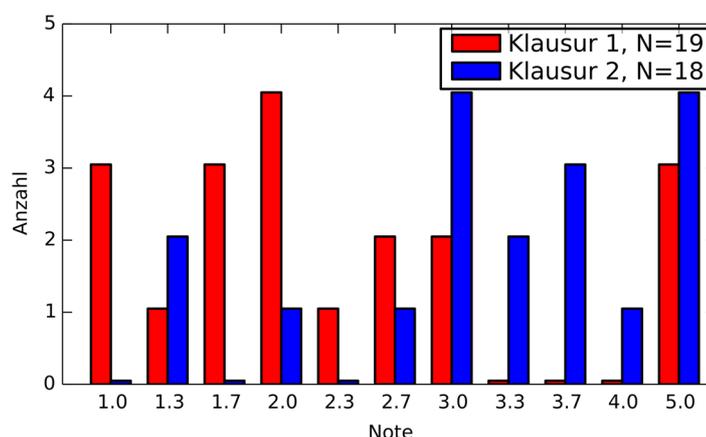


Abb. 2: Auswertung der Fragebögen, erhoben zur Mitte des Semesters (Erste Befragung, rot) und zum Ende des Semesters (Zweite Befragung, blau).

Die Aussage, ob die Studierenden sich mehr Gruppenübungen wünschen [Abb. 2(d)], zeigt eine sehr breite Verteilung sowohl für die ersten als auch die zweite Befragung. Hier gibt es daher keine eindeutige Tendenz.

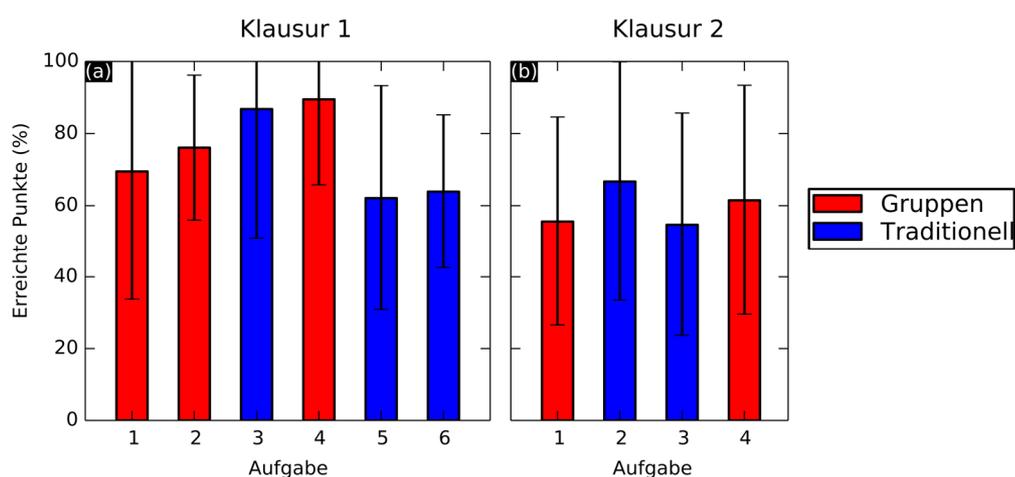
## 7.2 Klausuren – Lernzuwachs

Die Notenspiegel der beiden Klausuren sind in Abb. 3 zu sehen. Eine Beobachtung, die auch durch die vorangegangenen Jahre bestätigt wird, ist, dass die zweite Klausur (blau) deutlich schlechter ausgefallen ist (Notenschnitt 3.7) als die erste (Notenschnitt 2.3). Dies ist vermutlich auf die Inhalte zurückzuführen, die im zweiten Teil von den Studierenden als schwieriger empfunden werden.



**Abb. 3:** Klausurergebnisse: Mitte des Semesters (Klausur 1, rot) mit  $N = 19$  Teilnehmern und Ende des Semesters (Klausur 2, blau) mit  $N = 18$  Teilnehmern.

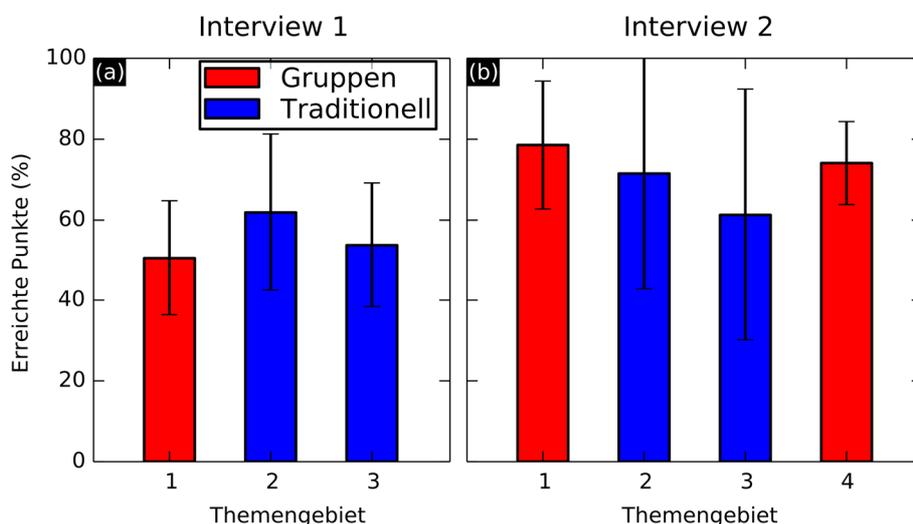
In Abb. 4 sind die erreichten Punkte (in Prozent) für die einzelnen Aufgaben gezeigt. In der ersten Klausur wurden im Mittel 76.0% ( $SD = 9.4$ ) der Punkte erreicht, in der zweiten 55.7% ( $SD = 12.6$ ). Unterscheidet man in der ersten Klausur die Aufgaben nach der Form, wie sie gelehrt wurden, ergibt sich für Gruppenübungen 78.4% ( $SD = 13.3$ ) und 70.9% ( $SD = 14.9$ ) der Punkte für die traditionelle Form. Für die zweite Klausur liegen die entsprechenden Werte bei 58.5% ( $SD = 15.2$ ) bzw. 60.7% ( $SD = 16.1$ ) der Punkte.



**Abb. 4:** Ergebnisse der Klausuren 1 (a) und 2 (b) aufgeschlüsselt nach Aufgaben. Die Aufgaben wurden nach dem Lehrkonzept klassifiziert: Gruppenarbeit (rot) bzw. traditionell durch Hausaufgaben (blau).

### 7.3 Interviews – Mittelfristiger Lernzuwachs

Für die Interviews, die zwischen vier bis sechs Monate nach der zweiten Klausur stattgefunden haben, wurden nur Gruppen berücksichtigt, bei denen beide Teilnehmer an der Übung im Wintersemester 2015/16 teilgenommen haben. Es wurden daher sieben Zweiergruppen untersucht in je zwei Interviews.



**Abb. 5:** Erreichte Punkte (in Prozent) in den Interviews. Themengebiete aufgeschlüsselt nach Themengebieten: (a) Interview 1: 1. Wahrscheinlichkeitsverteilungen, 2. Ensembles und Vertauschbarkeit, 3. Boltzmann-Statistik; (b) Interview 2: 1. Kombinatorik, 2. Thermodynamische Zustandsgrößen, 3. Wärmekapazität von Gasen, 4. Wärmekapazität von Festkörpern.

Abbildung 5 zeigt die Punktzahl (in Prozent), die in den Interviews erreicht wurde. Die Angaben sind pro behandeltem Themengebiet. Jedes Themengebiet wurde anhand von fünf bis sieben Fragen besprochen. Die Punktzahlen sind über alle Gruppen gemittelt.

Für das erste Interview ergibt sich für die Gruppenübungen eine durchschnittliche Punktzahl von 50.6% ( $SD = 14.2$ ) und für den traditionellen Block 57.8% ( $SD = 17.4$ ). Die durchschnittlich erreichten Punkte sind im zweiten Interview deutlich höher: 76.6% ( $SD = 13.0$ ) für die durch Gruppenübungen gelehrt Themen und 66.4% ( $SD = 29.9$ ) für die traditionelle Lehre.

## 8 Diskussion

Mit den erhobenen Daten aus Fragebögen, Klausurergebnissen und Interviews sowie der obigen Auswertung lassen sich nun die eingangs gestellten Forschungsfragen (teilweise) beantworten.

*Forschungsfrage F1.* Die Fragebögen zeigen, dass die Studierenden die Gruppenübungen als durchaus hilfreich zur Vorbereitung auf die Klausur empfinden, auch wenn die Zustimmung nicht so hoch sind wie für die traditionellen Übungsaufgaben. Die Frage, ob sich die Studierenden mehr Gruppenübungen wünschen, liefert sehr unterschiedliche Ergebnisse, die eher an eine Gleichverteilung erinnern. Hier müsste daher die Akzeptanz der einzelnen Aspekte der Gruppenarbeit näher untersucht werden oder ob es andere Formen der Gruppenarbeit gibt, die aus Studierendensicht akzeptabler sind.

Nach dem subjektiven Empfinden der Studierenden scheint die Diskussion der Hausaufgaben ausreichend ausführlich zu sein, obwohl ein erheblicher Teil der Zeit für Gruppenübungen statt zur Besprechung der Hausaufgaben aufgewandt wird.

*Forschungsfrage F2.* Die Klausurergebnisse zeigen, dass es keinen signifikanten Unterschied in der durch die Studierenden erreichten Punktzahl für die jeweiligen Aufgaben gibt. Die Einführung der Gruppenübungen hat nicht zu einer Verbesserung der Klausurergebnisse geführt.

Problematisch ist hier, dass sowohl die Teilnehmerzahl als auch die Anzahl der Aufgaben gering und damit wenig aussagekräftig sind. Weiter kann nicht garantiert werden, dass die gestellten Aufgaben den gleichen Schwierigkeitsgrad aufweisen, was die Vergleichbarkeit zwischen Gruppenübungen und traditionellen Übungen erschwert. Um dies zu vermeiden, sollte die Übung in zwei Gruppen geteilt werden und jeweils eine traditionell und die andere per Gruppenübungen unterrichtet werden.

Studien, die den Lernzuwachs durch Peer-Instruction (PI) mit dem durch traditionelle Lehre vergleichen (Hake, 1998), kommen zwar zu dem Ergebnis, dass PI im Mittel die besseren Ergebnisse liefert. Jedoch kommt in diesen Studien durchaus vor, dass der Lernzuwachs bei beiden Methoden vergleichbar ist. Dies wurde auf die ungeübte Anwendung von PI in den Veranstaltungen zurückgeführt.

Ein weiterer und wichtiger Punkt ist, dass durch die konstruktivistisch geprägte Lehre der Fokus auf konzeptuellem Verständnis liegt. Die gestellten Klausuren orientieren sich jedoch an der traditionellen Übungsform. Im Sinne des Constructive Alignments (Biggs & Tang, 2011) müsste hier die Prüfungsform auf die Gruppenübungen angepasst werden.

*Forschungsfrage F3.* Zuletzt wurde der mittelfristige Lernerfolg untersucht. Ähnlich wie in den Klausuren lässt sich auch hier kein relevanter Unterschied in der Leistung der Studierenden ausmachen. Vergleicht man die beiden Interviews, so erkennt man, dass in Interview 2 durchschnittlich mehr Punkte erreicht wurden als in Interview 1. Dies lässt auch hier darauf schließen, dass die unterschiedlichen Themenblöcke bzw. die Aufgaben dazu einen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad aufweisen können, was die Vergleichbarkeit der Aufgaben untereinander erschwert.

Ein interessanter Unterschied ergibt sich jedoch für die Standardabweichungen. Die erreichte Punktzahl schwankt für in Gruppen erlernte Themen deutlich weniger als für traditionell erarbeitete Inhalte. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass, auch wenn die durchschnittliche Gesamtpunktzahl nicht signifikant besser ist, der Lernzuwachs homogener ist.

## 9 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

In eine bestehende Übung zur Vorlesung „Statistische Thermodynamik“, in der traditionell Hausaufgaben präsentiert werden, wurden Gruppenübungen eingeführt. Die Gruppenarbeit ist wichtiger Bestandteil der konstruktivistischen Lehrmethoden. Um die Effekte der Gruppenarbeit auf die Prüfungsleistungen mit denen der traditionellen Hausaufgaben vergleichen zu können, wurden beide Übungsformen in der Veranstaltung genutzt.

Es wurde festgestellt, dass die Studierenden das Arbeiten in kleinen Gruppen akzeptieren, obwohl sie sonst nicht in ihrem Studium damit in Kontakt gekommen sind.

Bei den Prüfungsleistungen und in späteren Interviews konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Themen, die traditionell gelehrt wurden, und Inhalten, die per Gruppenübungen erarbeitet wurden, festgestellt werden. Es gibt jedoch Hinweise, dass mittelfristig das Wissen, das in Gruppen erarbeitet wurde, geringeren Schwankungen unterliegt.

Auch wenn die konstruktivistische Lehre deutlich bessere Ergebnisse im Lernerfolg der Studierenden erzielen kann, ist dies nicht immer der Fall (Hake, 1998). Es ist bekannt, dass der Erfolg der konstruktivistischen Lehre stark von der Erfahrung des Lehrenden abhängt und mit steigender Erfahrung deutlich verbessert werden kann.

Für eine bessere Vergleichbarkeit sollten zwei Gruppen eingeteilt werden, wobei eine Gruppe als Referenz dient und traditionell unterrichtet wird. Das Design der Übungsaufgaben sollte einen Fokus auf Konzepte haben. Es müsste also ein entsprechendes Concept Inventory für die Statistische Thermodynamik entwickelt werden, das bisher noch nicht existiert. Weiter sollte sich eine Neukonzeptionierung der Übungen deutlicher von der traditionellen Variante unterscheiden, wodurch eine bessere quantitative Erfassung der Unterschiede möglich wäre. Hier ist eine Intensivierung der Gruppenarbeit vorstellbar.

## Literatur

- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University, What the student does*. (4. Aufl.) Maidenhead: The Society for Research into Higher Education and Open University Press.
- Crouch, C. H. & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977.
- Deslauriers, L., Schelew, E. & Wieman, C. (2011). Improved learning in a large-enrollment physics class. *Science*, 332, 862–864.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867–888.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Henderson, C. & Harper K. A. (2009). Quiz corrections: Improving learning by encouraging students to reflect on their mistakes. *The Physics Teacher*, 47, 581–586.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141–158.
- Libarkin, J. (2008). Concept inventories in higher education science. Manuscript prepared for the National Research Council. Online verfügbar unter [https://mcdb.colorado.edu/courses/5650/Libarkin\\_ConceptInventoriesinScience\\_NRC.pdf](https://mcdb.colorado.edu/courses/5650/Libarkin_ConceptInventoriesinScience_NRC.pdf) [letzter Zugriff am 22.08.2017]
- Mayer, R. E. (2002). Rote versus meaningful learning. *Theory into Practice*, 41(4), 226–232.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Mazur, E. (2006). Peer Instruction: Wie man es schafft, Studenten zum Nachdenken zu bringen. *Praxis der Naturwissenschaften; Physik in der Schule*, 4(55), 11–15.
- Mazur, E. (2009). Farewell, lecture. *Science*, 323(5910), 50–51.

- Micari, M., Pazos, P., Streitwieser, B. & Light, G. (2010). Small-group learning in undergraduate STEM disciplines: Effect of group type on student achievement. *Educational Research and Evaluation*, 16(3), 269–286.
- Rosenberg, J. L., Lorenzo, M. & Mazur, E. (2006). Peer instruction: Making science engaging. In J.J. Mintzes & W. H. Leonard (Hrsg.), *Handbook of college science teaching* (S. 77–85). Arlington, VA: NSTA Press.
- Savery, J. R. & Duffy, T. M. (1995). Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35(5), 31–38.
- Smith, M. K., Wood, W. B., Adams, W. K., Wieman, C., Knight, J. K., Guild, N. & Su, T. T. (2009). Why peer discussion improves student performance on in-class concept questions. *Science*, 323(5910), 122–124.
- Soderstrom, N. C. & Bjork, R. A. (2015). Learning versus performance an integrative review. *Perspectives on Psychological Science*, 10(2), 176–199.
- Springer, L., Stanne, M. E. & Donovan, S. S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 69(1), 21–51.
- Universität Paderborn (2006). *Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Chemie an der Universität Paderborn in der Fassung vom 14. Juni 2006 (Fakultät für Naturwissenschaften)*. Paderborn: Universität Paderborn
- Von Glasersfeld, E. (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese*, 80(1), 121–140.
- Wang, H. (2014). Learner autonomy based on constructivism learning theory. *World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 8(5), 1552–1554.

## Autor

Markus Wahle. Universität Paderborn, Department Chemie, Paderborn, Email: [markus.wahle@upb.de](mailto:markus.wahle@upb.de)



**Zitiervorschlag:** Wahle, M. (2017). Traditionelle Übungen vs. Gruppenübungen in naturwissenschaftlichen Fächern. *die hochschullehre*, Jahrgang 3/ 2017, online unter: [www.hochschullehre.org](http://www.hochschullehre.org)