

Klassische Musterlösungs-Tutorien neu denken

Lehren am Übungsblatt in engen zeitlichen und fachlichen Rahmenbedingungen

ABSTRACT

Tutorials accompanied by exercise sheets are classic teaching-learning activities in undergraduate chemistry courses. Such sheets are also used in physics, mathematics, and other science-oriented subjects. In this paper, an exercise sheet-guided tutorial in chemistry was redesigned through implementation of innovative teaching concepts such as thinking classroom, sandwich structure, and theme-centered interaction (TCI). Both student acceptance and learning success are evaluated and the question of whether the chosen methods were a suitable choice for the development of problem-solving strategies by the students is discussed. Due to curricular circumstances, two groups of students learning under different conditions are compared and the impact of parallel courses offered at the same time as well as student attendance and absence in the tutorial are investigated. Unfortunately, a comprehensive activation of the students was not achieved through the selected methods and the high absence of students in the tutorial was identified as a further problem.

Key words: Thinking Classroom – Theme-centered Interaction – tutorials – exercise sheets – problem solving strategies

ZUSAMMENFASSUNG

Übungsblatt-begleitete Tutorien sind klassische Lehr-Lernaktivitäten im Grundstudium der Chemie, die auch in der Physik, Mathematik und anderen Fächern mit naturwissenschaftlicher Ausrichtung verwendet werden. In diesem Beitrag wurde ein solches Übungsblatt-begleitetes Tutorium in der Chemie durch Implementierung innovativer Lehrkonzepte wie Thinking Classroom, Sandwich-Struktur und themen-zentrierter Interaktion umgearbeitet. Sowohl die Akzeptanz der Studierenden als auch der Lernerfolg wird evaluiert und die Frage erörtert, ob die gewählten Methoden eine geeignete Wahl zur Entwicklung von Problemlösungsstrategien durch die Studierenden darstellen. Curriculums-bedingt werden zwei Gruppen von Studierenden mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen verglichen und der Einfluss von zeitlich unflexiblen Nebenveranstaltungen sowie von Präsenz und Absenz im Tutorium herausgearbeitet. Eine flächendeckende Aktivierung der Studierenden durch die gewählten Methoden wurde leider nicht erreicht und die hohe Absenz von Studierenden im Tutorium konnte als weiteres Problemfeld identifiziert werden.

Schlagwörter: Thinking Classroom – Themen-zentrierte Interaktion – Tutorien – Übungsblatt – Problemlösungsstrategien

Einleitung

In den Naturwissenschaften, vor allem in Vorlesungseinheiten mit einem Fokus auf mathematische Inhalte, ist die Bearbeitung von sogenannten „Übungsblättern“ begleitet von Tutorien eine häufig anzutreffende Lehreinheit. So auch im hier diskutierten Beispiel aus der Lehre in der Chemie. Ein solches Übungsblatt enthält klassisch nur kleinere Fragen zu inhaltlichen Aussagen der Vorlesungsinhalte und besteht mehrheitlich aus Rechenaufgaben, die in Textform vorgestellt werden und deren Lösungswege an die Inhalte der Vorlesung anknüpfen. Durch die selbstständige Bearbeitung der Übungsblätter sollen die Studierenden auf die Abschlussklausur des Moduls, die ebenfalls zum überwiegenden Großteil aus Rechenaufgaben besteht, vorbereitet werden.

Nach Biggs und Tang ist ein wichtiger Bestandteil effektiven Lernens, dass die Lernaktivitäten der Studierenden während der Lerneinheit mit den geprüften Kompetenzen in der Lernzielüberprüfung übereinstimmen. Im Sinne dieses sogenannten *Constructive Alignments* müssen die Lehr-Lernaktivitäten in der Veranstaltung so gewählt werden, dass eine Kohärenz zwischen Prüfungsformat, Lernzielen und studentischer Aktivität sichergestellt ist (BIGGS & TANG 2007). Die Abschlussklausur, also die Lernzielüberprüfung, besteht im hier präsentierten Format zu einem großen Teil aus Rechenaufgaben. Die geprüfte Kompetenz in diesen Aufgaben ist damit die erfolgreiche Entwicklung von Problemlösungsstrategien für genau solche Rechenaufgaben. Das Lernziel der Übungsblätter und Tutorien kann daher als solches formuliert werden: Die Studierenden sollen in der Veranstaltung selbstständig Problemlösungsstrategien entwickeln, verinnerlichen und anwenden können. An dieser Stelle ist es wichtig zu betonen, dass das Lernziel der Vorlesung von dem Lernziel der Tutorien abweicht: In der Vorlesung geht es vorrangig um die Fähigkeit, physikalisch-chemische Grundlagen zu beschreiben und fundamentale Zusammenhänge darzustellen, deren Aneignung durch die Studierenden ebenfalls in eigenen Teilfragen in der Abschlussklausur geprüft wird. In der Vorlesung ist die tatsächliche Berechnung von konkreten Fragestellungen kaum Gegenstand der Lehr-Lernaktivität.

Die Leitfrage des vorliegenden Artikels leitet sich damit direkt aus der Forderung des *Constructive Alignments* ab: Welche Lehr-Lernaktivitäten stellen im Tutorium geeignete Mittel dar, um das erwünschte Lernziel zu erreichen und Studierende für die Entwicklung von Problemlösungsstrategien zu aktivieren?

Im Folgenden soll diese Frage anhand eines Praxisbeispiels erörtert werden. Dazu werden zunächst die Anforderungen an die Lehr-Lernaktivitäten entwickelt und mit publizierten Erkenntnissen aus der Literatur kontextuiert. Im Anschluss daran wird die untersuchte Studierendengruppe und die Lehr-Lernumgebung kurz vorgestellt und das Veranstaltungskonzept erläutert. Abschließend werden die Ergebnisse der Evaluation der Lehr-Lernmethoden vorgestellt und weitere Schritte zur Optimierung diskutiert.

Anforderungen an Lehr-Lernmethoden

Die Vorbereitung der Übungsblätter soll von den Studierenden vor den Tutoriums-Terminen mit Hilfe der zuvor kennengelernten Vorlesungsinhalte erbracht werden. Das bedeutet, dass die Studierenden die gestellten Rechenaufgaben daheim im Selbststudium lösen und die Ergebnisse in die Veranstaltung mitbringen. Die gestellten Aufgaben stehen immer in Verbindung zu den aktuellen Vorlesungsinhalten, wodurch der Anwendungsbezug der Vorlesung direkt demonstriert werden soll. Die Vorlesungsinhalte sind vornehmlich Themen der phänomenologischen Thermodynamik. Diese beschreibt makroskopische Systeme durch beobachtbare Zustandsgrößen wie Temperatur, Druck und Volumen ohne mikroskopische Details des Teilchenensembles zu betrachten und umfasst Aspekte der Energieerhaltung und der Spontanität von Prozessen. Das Thema stützt sich stark auf mathematische Formalismen und Zustandsgleichungen, die das Verhalten von Systemen bei Zustandsänderungen beschreiben. Die Aufgaben werden gezielt so gewählt, dass sie entweder ein beobachtbares Verhalten thermodynamischer Systeme erklären, Inhalte aus bereits erworbenem Vorwissen erweitern oder selbst Bausteine zum Anknüpfen an Vorwissen in späteren Tutorien darstellen. Besonders die letzten beiden Punkte sollen die durchaus diversen Vorlesungsinhalte gegenseitig in Bezug setzen, was sich wiederum förderlich auf den Lernerfolg auswirken sollte (ROTH 2004).

Das eigentliche Tutorium dient dann dem Abgleich der eigenen Lösung mit der Problemlösungsstrategie von Dozierenden und soll so gemachte Fehler und Fallstricke aufzeigen, aber auch neue Perspektiven auf die Lösung des Problems eröffnen. Im Gegensatz zu der begleitenden Vorlesung ist daher eine regelmäßige Vorbereitung der Inhalte des Tutoriums essentiell für den Lernerfolg, also der Aneignung eigener Strategien zur Lösung von Problemen. Weiterhin wird so ein Anreiz geschaffen, die Inhalte regelmäßig nachzubereiten und nicht nur kurz vor der Abschlussklausur.

In dieser Veranstaltungsstruktur – Vorlesung, selbsttätige Vorbereitung eines Übungsblattes, Nachbereitung im Tutorium – lässt sich eine gewisse Analogie zu dem *Inverted Classroom* Konzept ableiten. Das Konzept des *Inverted Classroom* basiert auf dem Grundgedanken, die reine Inhaltsvermittlung, die klassisch in Präsenz in Vorlesungen erfolgt, in das Selbststudium auszulagern (Individuelle Phase), wohingegen die Inhaltsvertiefung durch Auseinandersetzung mit den vermittelten Inhalten in der Vorlesungszeit zusammen mit den Dozierenden stattfinden soll (Präsenzphase). Dazu werden multimediale Lerninhalte, wie zum Beispiel Vorlesungsaufzeichnungen im Selbststudium, zur Verfügung gestellt und begleitende Aufgaben, die im Selbststudium bearbeitet werden sollen, mitgegeben (HANDKE & SPERL 2012).

Die offensichtliche Diskrepanz in der hier angestrebten Analogie liegt in der Inhaltsvermittlung: Diese findet weiterhin in einer klassischen Vorlesung und nicht im Selbststudium anhand einer Videoaufzeichnung oder ähnlicher digitaler Formate statt. Dies erfüllt zwar eine vergleichbare Funktion, jedoch mit dem Nachteil, dass die Studierenden in diesem Fall nicht von der zeitlichen und örtlichen Flexibilität von Online-

Formaten profitieren und somit definitionsgemäß kein *Inverted Classroom*-Konzept vorliegt (BISHOP & VERLEGER 2013). Das zweiphasige Veranstaltungsmodell traditioneller Lehre und des *Inverted Classroom* Modells kann in diesem Kontext als 3-phasig aufgefasst werden (HANDKE & SPERL 2012), wobei die letzten beiden Phasen 2 und 3 zur Inhaltsvertiefung beitragen (Abbildung 1). Damit steht die hier gewählte Veranstaltungsform zwischen traditioneller Vorlesung und *Inverted Classroom*.

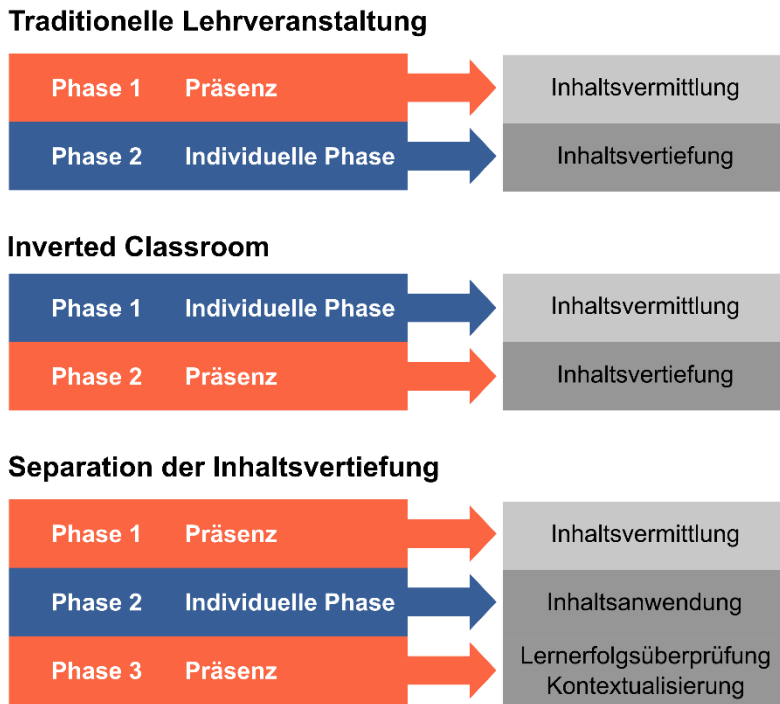


Abbildung 1

Vergleich von traditioneller Lehre, *Inverted Classroom* und die für Veranstaltungsformate wie dem vorliegenden Fall übliche Separation der Inhaltsvertiefung in Phase 2 und 3

Im Bezug auf die formulierte Leitfrage ist diese Analogie ein guter Ansatz, um geeignete Lehr-Lernaktivitäten zu identifizieren: Lehr-Lernaktivitäten, die in der Präsenzphase des *Inverted Classroom*-Konzepts erfolgreich angewandt werden, sind auch potentiell für den vorliegenden Fall geeignet. Diese Methoden könnten es Tutor*innen (im Folgenden bezeichnet als Dozierende) ermöglichen, in der Präsenzphase einen Mehrwert für die Lehr-Lernumgebung der Studierenden zu generieren, obwohl selbst kaum Einfluss auf die Inhaltsvermittlungen in den Präsenz-Vorlesungen (Phase 1, oft durch Professor*innen durchgeführt) genommen werden kann.

Damit die Inhaltsvertiefung im Tutorium (Phase 3 in Abbildung 1) auch tatsächlich in mehr Selbstständigkeit in der Bearbeitung von Rechenaufgaben mündet, bedarf es jedoch einer adäquaten Form des Tutoriums: Eine einfache Präsentation der Musterlösung durch den Dozierenden ist in diesem Kontext nicht zielführend, da dies nicht zur Entwicklung von eigenen Problemlösungsstrategien durch die Studierenden beiträgt. Der Kompetenzerwerb im Tutorium muss vielmehr durch partizipative Lehrmethoden (auch als „aktives Lernen“ bezeichnet) erreicht werden, um den Studierenden Raum zum Mitreden und hier konkret zum Mitrechnen zu lassen. In einer systematischen Untersuchung von 38 Metaanalysen, publiziert zwischen 1980 und 2014, konnte ein ausgeprägter Einfluss von sozialer Interaktion auf die Lernleistung herausgearbeitet werden, insbesondere wenn der Lehrende die Studierenden zu Fragen und Diskussionen, auch zwischen Studierenden, ermutigt (SCHNEIDER & PRECKEL 2017). Hierbei ist es wichtig, den Studierenden Zeit und Raum für eigene Ideen und Erfahrungen einzuräumen, unter Begleitung und Anleitung der Dozierenden. In der Studie konnte ebenfalls herausgearbeitet werden, dass die angewandten Lehr-Lernmethoden und die Art der Implementierung auch im universitären Umfeld einen substantiellen Effekt auf den Lernerfolg haben.

Im *Inverted Classroom*-Modell werden üblicherweise Methoden des aktiven Lernens verwendet (BISHOP & VERLEGER 2013). Die Lernenden (und nicht die Dozierenden) stehen im Zentrum aller Aktivitäten und erhalten Kontrolle und Verantwortung für ihren eigenen Lernprozess (HANDKE & SPERL 2012). In dem hier präsentierten Beitrag wurden neue Methoden, die aktives Lernen und Teilhabe am Verlauf des Tutoriums befördern sollen, in die Veranstaltungsplanung integriert. Die abschließende Evaluation der Veranstaltung anhand von Live-Umfragen und die Auswertung der Ergebnisse der Abschlussklausur sollen die Frage klären, ob die erdachten Methoden eine geeignete Wahl darstellen oder ob andere Lehr-Lernmethoden für den vorliegenden Fall besser geeignet sind.

Vorliegender Fall

Die umzuarbeitende Veranstaltung in dem vorliegenden Fall ist ein Vorlesungs-begleitendes Tutorium im Fachbereich Chemie für Studierende im 4. Fachsemester. Tutorien finden einmal wöchentlich (mit zwei inhaltsgleichen Terminen pro Woche), die zugehörige Vorlesung findet zweimal wöchentlich statt. Die Übungsblätter (12 Stück im Semester), die vor dem Tutorium von den Studierenden vorbereitet werden sollen und mehrheitlich aus Rechenaufgaben bestehen, werden eine Woche vor den zugehörigen Tutoriumsterminen online zur Verfügung gestellt. Dieses Format ist den Studierenden bereits aus vorangegangenen Fachsemestern bekannt. Die Bearbeitung der Übungsblätter und die Teilnahme am Tutorium ist freiwillig. Aus organisatorischen Gründen ist die Studierendengruppe im 3. und 4. Fachsemester Chemie in zwei Gruppen aufgeteilt: Eine Gruppe führt parallel ein Praktikum mit regulären Präsenzzeiten von 13–18 Uhr jeden

Wochentag durch (im Folgenden „Dienstags-Gruppe“ oder kurz „Di-Gruppe“), während die zweite Gruppe parallel ein Praktikum mit flexiblen Präsenzzeiten an einem Wochentag durchführt (im Folgenden „Donnerstags-Gruppe“ oder kurz „Do-Gruppe“). Offensichtlich sind die zeitlichen Rahmenbedingungen für die beiden Gruppen unterschiedlich und sollen daher getrennt voneinander betrachtet werden.

Konzeptionierung

Um die im *Inverted Classroom*-Konzept stattfindende Inhaltsvertiefung in der Präsenzphase, also im Tutorium, umzusetzen, sollen partizipative Lehrmethoden in die Veranstaltungsplanung eingearbeitet werden. Die Interaktion der Studierenden mit den Dozierenden als auch zwischen Studierenden soll durch die gewählten Methoden unterstützt werden. Ein gängiges Instrument zur Arbeit in Gruppen ist die sogenannte Themen-Zentrierte Interaktion (TZI) (LANGMAACK 2011; SCHNEIDER-LANDOLF, SPIELMANN & ZITTERBARTH 2017). TZI ist ein Konzept zur Moderation von Arbeit in Gruppen, in der ein gemeinsames Anliegen vorangebracht werden soll. Im 4-Faktor-Modell des TZI ist vorgesehen, dass die Moderation (hier: Dozierende) eine Balance zwischen den Faktoren „Ich“ (individuelle Studierende), „Wir“ (die Gruppe) und „Es“ (die Aufgabe) einhalten soll. Die Moderation erreicht dies durch Erstellung von Rahmenbedingungen, unter denen die Gruppe die Aufgabe zu bewerkstelligen hat („Globe“). Die Veranstaltung wird daher so konzipiert, dass die entsprechenden Faktoren in möglichst ausgewogenen Verhältnissen vorkommen, um allen Studierenden einen individuellen Zugang zu der Thematik zu bieten, die Handlungsfähigkeit der Individuen in der Gruppe sicherzustellen und so ein effektives Arbeiten und Lernen zu ermöglichen.

Da jedes Übungsblatt aus mehreren einzelnen Aufgaben besteht, wurde die Struktur so gewählt, dass sie auch für jede einzelne Frage beibehalten werden kann und dass auf Phasen der Inhaltsvermittlung auch Phasen der Kleingruppenarbeit und Arbeit im Plenum folgen. Die Struktur der Tutorien ist in Abbildung 2 skizziert. Rote Flächen repräsentieren hierbei den Faktor „Wir“, grüne Flächen den Faktor „Ich“ und gelbe Flächen den Faktor „Es“ der TZI. Der „Globe“, also beispielsweise Ort und Zeit, aber auch die Situation, in der das Tutorium stattfindet, sind durch die Dozierenden und das gewählte Veranstaltungsformat beeinflussbar, aber nicht gänzlich kontrollierbar. Auf viele Faktoren haben Dozierende oft kaum oder gar keinen Einfluss. Dies können die Raumausstattung, Akustik, Parallelveranstaltungen oder „Crunch“-Zeiten durch anstehende Prüfungen, aber auch universitätsferne, den Dozierenden gänzlich unbekannt Einflüsse sein, die letztlich auf die Arbeit in Gruppen einwirken.

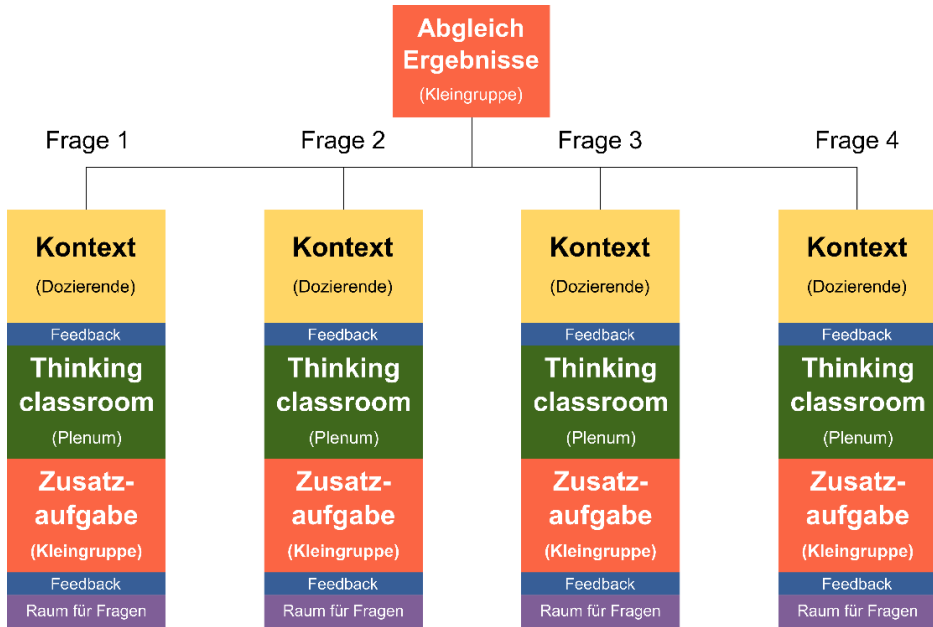


Abbildung 2
Konzeptzeichnung des Veranstaltungsplans

Zu Beginn jedes Tutoriums werden den Studierenden 5 Minuten eingeräumt, in denen in Murmelgruppen von 3 bis 4 Personen die individuellen Ergebnisse der Übungsblätter abgeglichen und besprochen werden können (*Abgleich Ergebnisse* in Abbildung 2, oben). Durch wiederholte Zusammenarbeit der Studierenden soll ein Gruppengefühl innerhalb der Studierendengruppen erzeugt werden, um diese Studierenden so zu aktivieren und zu motivieren (Aspekt der sozialen Eingebundenheit, DECI & RYAN 1993). Weiterhin soll so auch Studierenden, die es versäumt haben, das Übungsblatt vorzubereiten, der Einstieg in die Mitarbeit erleichtert werden.

Die Gruppeneinteilung wird hierbei durch die Studierenden vorgenommen. Es ist davon auszugehen, dass sich so Gruppen zusammenfinden, die sich bereits vor der Veranstaltung kannten und eine freundschaftliche Beziehung zueinander haben. Dies erleichtert den Einstieg in die Gruppe und befördert die Identifikation als „Wir“. Im Kontrast dazu existieren auch Studien, die zeigen konnten, dass es für die Partizipation an einer Lehrveranstaltung förderlich ist, Gruppen sichtbar zufällig zuzuweisen (LILJEDAHL 2016). Eine solche Vorgehensweise wäre für das Tutorium zwar auch denkbar, allerdings sind die Gruppenphasen insgesamt recht kurz, (max. 5-10 min pro Aufgabe und 5 min zu Beginn des Tutoriums), was die Entstehung einer Gruppenidentität erschweren würde. Daher fiel die Entscheidung auf eine studentische Selbstzuteilung.

Im Anschluss an den Abgleich der Ergebnisse werden die Übungsaufgaben nacheinander bearbeitet. Dazu wird zuerst von den Dozierenden die Aufgabenstellung noch einmal kurz zusammengefasst und gegebenenfalls notwendige Konzepte aus der Vorlesung wieder aufgegriffen („Es“, *Kontext* in Abbildung 2).

Daran schließt sich eine kurze Ampelabfrage an, in der mit Daumen hoch oder Daumen runter der Bearbeitungsstand der Übungsaufgabe nach der eigenständigen Vorbereitung angezeigt werden soll. Daumen hoch heisst, die Aufgabe war lösbar und Daumen runter das entsprechende Gegenteil. So sollen die Dozierenden einen Überblick erlangen, ob es bei einer spezifischen Aufgabe Probleme im Selbststudium gab und die Lösung detaillierter besprochen werden muss (Oberes *Feedback* in Abbildung 2).

Die Musterlösung für die entsprechende Aufgabe soll dann durch das Plenum an der Tafel entwickelt werden, begleitet durch Anschrieb und Moderation von den Dozierenden (*Thinking classroom* in Abbildung 2). Die Idee, die Musterlösung durch das Plenum entwickeln zu lassen, ist angelehnt an das *Lernen durch Lehren*-Konzept: „Lernen durch Lehren bedeutet, daß ein Großteil der Lehrfunktionen in die Hand der Schüler [Studierenden] gegeben wird“ (MARTIN 1996: 71), also dass Lehrende aus dem Fokus der Veranstaltung heraustreten sollen und damit den Teilnehmenden mehr Verantwortung übertragen. Daher soll die Entwicklung der Referenzlösung so wenig wie möglich durch die Dozierenden erfolgen, auch wenn diese durch den Anschrieb an der Tafel eine weiterhin recht zentrale Rolle einnehmen. Das Konzept eines solchen *Thinking Classroom* wurde bereits durch Peter Liljedahl beschrieben. In einem solchen Denkraum sollen alle Beteiligten gemeinsam über eine Problemstellung nachdenken, mit- und voneinander lernen und Wissen durch Interaktion aufbauen und erweitern (LILJEDAHL 2016). Während Liljedahl in seinem Szenario Aspekte wie lernförderliche Raumgestaltung, Gruppenfindung und -organisation sowie Regeln für die Lehrenden-Lernenden-Interaktion beschreibt, um solch einen Denkraum zu kreieren, fokussiert sich das hier vorgestellte Tutorium auf den Kernaspekt des problemorientierten Lernens. Das gemeinschaftliche Nachdenken, Diskutieren und Lösen eines Problems zeichnet den *Thinking Classroom* im vorliegenden Fall aus und sorgt für eine aktive und motivierende Lernatmosphäre.

Die Entwicklung der Musterlösung an der Tafel erfolgt im vorliegenden Fall über studentische Wortmeldungen, die Dozierenden durch offene Fragen in den Raum anregen und Impulse aus dem Plenum an der Tafel verschriftlichen. Die Entwicklung soll dabei in kleinen Sinneinheiten innerhalb der Rechenaufgaben erfolgen, wobei frequent gezielte Fragen ins Plenum gestellt werden, um die Entwicklung der Musterlösung voranzutreiben und eine aktive Partizipation des Plenums zu erhalten. Komplettlösungen werden hierbei nicht von einzelnen Studierenden erwartet, lediglich einzelne Schritte. Banale mathematische Umformungen oder ähnliche Formalia werden von Dozierenden durchgeführt und lediglich bestimmende Punkte in der Rechnung werden hier erfragt.

Das Ziel ist hier, den schrittweisen Denkprozess, der bei der eigenständigen Lösung von solchen Rechenaufgaben vorgenommen werden muss, direkt strukturell in das Tutorium zu übernehmen. Gemäß eigener Erfahrungen als Studierender und Lehrender gibt es zwei

große Problemfelder bei der Berechnung solcher Aufgaben: Zum Einen gibt es Schritte, an denen man bei der Entwicklung einer Rechnung mental „hängen bleibt“ und sich letztendlich aus der Entwicklung ausklinkt, also das Mitdenken und Mitrechnen einstellt. Die Veranstaltung verläuft oft einfach weiter und ist über die entsprechende Stelle schon hinausgegangen, bevor man eine Lösung für sich selbst gefunden hat. Auf der anderen Seite stellt die Auseinandersetzung und schlussendliche Auflösung dieser „*stuck states*“ auch die Möglichkeit für einen großen Erkenntnisgewinn dar. Sie sind somit Teil der Lernaktivität aller Studierenden und wurden auch in der Literatur beschrieben (NUNOKAWA 2001). Sir Andrew Wiles, ein berühmter Mathematiker, bezeichnet den „*state of being stuck*“ sogar sinngemäß als die Essenz seiner Arbeit (ORLIN 2017). Das Ziel sollte also nicht eine Vermeidung von „*stuck states*“ sein, sondern eine unterstützte, aber eingeständige Auflösung des Zustandes durch die Studierenden. Ein weiteres Problemfeld ist die Versteifung auf mathematische Formalismen, in deren Zuge der Abgleich mit physikalischem Verhalten verloren geht (GUPTA & ELBY 2011).

Die beschriebene Form des geleiteten Plenums erlaubt es, einzelne Schritte in Sinneinheiten mit relevanten Inhalten zu unterteilen und den Studierenden im Plenum die nötige Zeit einzuräumen, Sachverhalte nachzuvollziehen und eigene Antworten auf die gestellten Fragen zu finden. Die gezielten Fragen erlauben es außerdem, beständig den Abgleich von Gleichungen mit dem „realen“, also dem physikalischen Verhalten von Systemen zu suchen und zu betonen.

Im TZI-Konzept entspricht der grüne Abschnitt in Abbildung 2 dem Faktor „Ich“. Dies mag zunächst wenig intuitiv für eine Arbeit in einem Plenum erscheinen, allerdings werden hier bei der Entwicklung der Musterlösung die Resultate aus der Vorbereitung des Übungsblattes einfließen. Diese Resultate sind grundsätzlich kein Produkt des kollektiven Plenums, sondern das Produkt des Selbststudiums des jeweiligen beitragenden Studierenden. Durch das Einbringen dieser Resultate aus dem Selbststudium soll auch das Bedürfnis nach Autonomie und Wirksamkeit erfüllt werden, zentrale Bestandteile der Motivationstheorie nach Deci und Ryan (DECI & RYAN 1993). Die Studierenden sollen das Gefühl bekommen, dass die eigenständige Vorbereitung wahrgenommen und gegebenenfalls sogar bestätigt wird.

Die Entwicklung der Musterlösung ist der zentrale Bestandteil des Tutoriums und ihr wird dementsprechend der größte Teil der Zeit eingeräumt. Über den Abgleich mit der Musterlösung erhalten die Studierenden nicht nur direktes Feedback zu ihren vorbereiteten Lösungen und erreichen so eine Einordnung ihres Lernprozesses, sondern so können auch alternative Lösungswege eingebracht und diskutiert werden. Der Bezug zu anderen Aufgaben oder Vorlesungsgegenständen kann an geeigneten Stellen aufgegriffen werden, um die Interkonnektivität der behandelten Inhalte herauszustellen. Weiterhin wird sichergestellt, dass die für die Klausur benötigten Berechnungen demonstriert und im Detail erklärt wurden.

Für geeignete Aufgaben schließt sich an die Entwicklung der Musterlösung für die gestellte Aufgabe die Bearbeitung einer artverwandten Zusatzaufgabe an. Hier können

beispielsweise Fallstricke bei Berechnungen beleuchtet werden oder Aufgabenstellungen weiter gedacht oder kombiniert werden. Die Bearbeitung erfolgt in Präsenz, je nach Komplexität werden 5–10 Minuten in Murnelgruppen von zwei Personen eingeräumt (TZI-Aspekt des „Wir“). Aufgrund des engen zeitlichen Rahmens kommt eine Zusatzaufgabe nicht für jede Aufgabe aus dem Übungsblatt in Frage und für einige Aufgabentypen würde dies auch inhaltlich wenig Sinn ergeben. Daher wird diese Methode nur bei entsprechender Eignung eingesetzt.

Zum Abschluss jeder Einzelaufgabe schließt sich eine weitere Ampelabfrage für direktes Feedback an, ob die Studierenden sich jetzt in der Lage sehen, die Aufgabe zu lösen. Danach wird noch Raum für etwaige Rückfragen gegeben. Diese Struktur wird dann für jede weitere Aufgabe des Übungsblattes wiederholt, um eine feingliedrige Sandwich-Struktur mit einem Wechsel aus kollektiven („Wir“-Phasen, rot in Abb. 2) und individuellen Phasen („Ich“-Phasen, grün in Abb. 2) zu erhalten (WAHL et al. 1995). Das Tutorium wird dabei begleitet von Live-Umfragen mit dem Pingo-Tool (UNIVERSITÄT PADERBORN 2011). Pingo ist ein Werkzeug, mit dem in der Veranstaltung Fragen gestellt werden können. Die Beantwortung erfolgt anonym über das persönliche Smartphone und einen persistenten QR-Code, der in der Veranstaltung per Beamer an die Wand projiziert wurde. Für die Durchführung der Fragen wurden pro Frage 2 bis maximal 5 Minuten Zeit gegeben (nach Bedarf des Plenums). Die Ergebnisse jeder Abfrage werden dann dem Plenum in einer Übersicht gezeigt und ggf. Rückfragen ins Plenum gestellt. Pingo-Abfragen werden zu Beginn jeder Tutoriumsstunde durchgeführt und fragen wöchentlich den Bearbeitungsstand der Übungsblätter ab. Weiterhin gibt es eine Eingangs- und eine Abschlussumfrage (Übungsstunde 1 und 12) nach Interessen und Erwartungen der Studierenden sowie eine Zwischenumfrage (Übungsstunde 7), in der die Studierenden die eingesetzten Lehrmethoden bewerten sollen. Diese Umfrageergebnisse sind der Hauptbestandteil der folgenden Evaluation.

Evaluationsergebnisse

Plenum im Tutorium

Zum Anlass der ersten Veranstaltung wurde zu Beginn der Übungsstunde 1 eine Eingangsumfrage mit Pingo durchgeführt. Dabei wurde erfragt, wie hoch das Interesse der Studierenden an dem Themenbereich ist (hoch, neutral, niedrig) und Freitextfragen nach den Erwartungen an die Veranstaltung und die studentischen Beiträge zum Gelingen der Veranstaltung gestellt. Eine Übersicht aller gestellten Fragen sowie der entsprechenden Antwortmöglichkeiten ist im Anhang dargestellt.

82% der Teilnehmer*innen stehen dem Thema neutral gegenüber, 4% negativ und lediglich 14% positiv ($n=28$). Da es sich bei der Vorlesung um eine Pflichtveranstaltung

handelt, ist eine zurückhaltende Einstellung der Studierenden zum Thema zu erwarten und der starke Fokus auf mathematische Formalismen, der themenbedingt notwendig ist, erschwert auch die Zugänglichkeit des Themenbereichs. Eine „Identifikation mit den Lehrerfordernissen“ (PRENZEL 1993: 244) durch die Studierenden hat also bisher nicht stattgefunden.

Bei der Frage nach den Erwartungen an die Veranstaltung (Abbildung 3, links) divergieren die Ergebnisse zwischen den beiden Gruppen. Zum Zweck der Auswertung der Freitextfragen wurden die Antworten nach *Keywords* kategorisiert und das Auftreten bestimmter Kategorien gezählt: Während die Do-Gruppe vornehmlich „Verständnis“ (37,5 % der Nennungen) als Erwartung formuliert, fällt diese Erwartung in der Di-Gruppe nur gering ins Gewicht (12 %). In der Di-Gruppe ist das Interesse an „Fragen“ (36 % der Nennungen) hingegen deutlich ausgeprägter als in der Do-Gruppe (12,5 %). Kleinere Unterschiede sind bei der Nachfrage nach „Lösungen zu den Übungsblättern“ zu sehen (Di: 36 %, Do: 25 %) „Klausurvorbereitung“ und „Wiederholung der Vorlesungsinhalte“ sind bei beiden Gruppen ähnlich ausgeprägt.

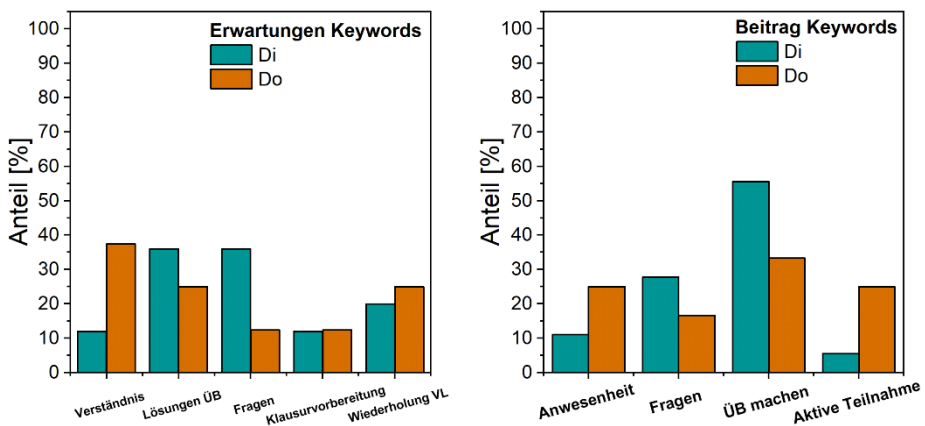


Abbildung 3

Umfragen zu Erwartungen (links) und Beiträgen (rechts) zum Gelingen des Tutoriums im Rahmen der Einstiegsumfrage. Die Umfrageergebnisse wurden zur quantitativen Inhaltsanalyse nach *Keywords* in 5 (Erwartungen) bzw. 4 (Beiträge) Gruppen kategorisiert.

Die Unterschiede in den Erwartungen könnte man ursächlich in den curricularen Rahmenbedingungen suchen: Die Dienstags-Gruppe ist zeitlich unflexibler als die Donnerstags-Gruppe, vornehmlich bedingt durch Parallelveranstaltungen, und wäre daher unmittelbar eher an schneller Hilfe bei Fragen oder Problemen interessiert als an Verständnis, was eine größere Investition von Zeit darstellt.

Ein ähnlicher Fokus auf die Bearbeitung der Übungsblätter ist in der ebenfalls in der Eingangsumfrage gestellten Frage nach dem Beitrag der Studierenden zum Gelingen des Tutoriums sichtbar (Abbildung 3, rechts). In beiden Gruppen ist die Vorbereitung des Übungsblattes als wichtiger Beitrag zum Tutorium durch die Studierenden identifiziert worden (Di: 56 %, Do: 33 %). Es zeigt sich jedoch, dass Anwesenheit und eine aktive Teilnahme am Tutorium im Do-Tutorium (beides zu je 25 %) von einem größeren Teil der Studierenden als wichtiger Beitrag identifiziert wird im Vergleich zur Di-Gruppe (11 % und 6 %). Unabhängig von den in Abbildung 3 abgebildeten Umfragen war die Anwesenheit im Tutorium ein gruppenübergreifendes Problem (Abbildung 4, links).

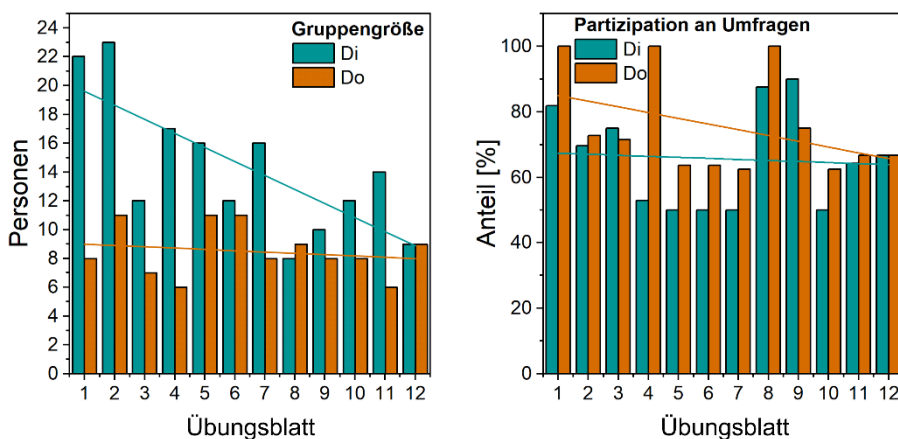


Abbildung 4

Gruppengröße an jedem Tutoriumstermin (links) und Partizipation an Live-Umfragen (rechts). Die durchgezogenen linearen Anpassungen dienen lediglich als Hilfestellung für die Betrachtung und sollen keinen linearen Verlauf der erhobenen Daten implizieren.

Die Gruppengrößen unterscheiden sich stark zwischen der Di- und Do-Gruppe. Entgegen den Erwartungen zeigt die Di-Gruppe, deren Parallelveranstaltung zeitlich fordernder sein sollte, eine deutlich höhere initiale Gruppengröße als die Do-Gruppe. Jedoch sinkt die Gruppengröße in der Di-Gruppe recht steil ab über das Semester hinweg und konvergiert gegen die relativ stabile Gruppengröße der Do-Gruppe. Vermutlich prägt sich der Effekt der fordernden Parallelveranstaltung erst mit der Zeit stärker aus, wenn Zwischenprüfungen oder Vergleichbares anstehen und die Studierenden ihre Veranstaltungen dementsprechend priorisieren.

Insgesamt sind in dem Semester 66 Studierende der Chemie für die Vorlesung eingeschrieben und 60 Studierende haben sich für die Klausur angemeldet. Mit einer kombinierten durchschnittlichen Anwesenheit von 23 ± 5 Studierenden ist die reguläre

Anwesenheit im Tutorium lediglich ~34% der eingeschriebenen Studierenden. Mit einem Spitzenwert von 34 Studierenden in der 2. Woche waren ~48% der Studierenden vermutlich nie im Tutorium (individuelle Anwesenheiten wurden jedoch nicht überprüft). Derartige Dimensionen der Abwesenheit im Tutorium sind extrem schlecht für die Gesamtveranstaltung, da die Bearbeitung der Übungsblätter und die Kenntnis der Musterlösung unter anderem bei der Klausurerstellung vorausgesetzt werden. Gut die Hälfte der Studierenden konnte mit dem Tutorium schon vor dem ersten Termin nicht mehr erreicht werden. Die Ursachen dafür sind unklar, aber vermutlich in einem größeren Rahmen als einer einzelnen Veranstaltung zu suchen.

Die Partizipation an den bereits erwähnten Pingo-Umfragen (Abbildung 4, rechts) zeigt eine in beiden Gruppen ähnlich hohe Teilnahme der Gruppen an den Umfragen. Die Partizipation ist mit 60-70% akzeptabel, wenn auch nicht ideal, und sollte die Gruppen insgesamt gut abbilden können. Der Wert wurde als Verhältnis aus der Zahl der Teilnehmer an der Umfrage und den händisch gezählten Anwesenheiten gebildet. Dem subjektiven Eindruck nach gab es vereinzelte Studierende, die sich an vielen Terminen entweder der Teilnahme an den Umfragen verweigert haben oder zu spät zum Tutorium kamen und die Umfragen damit verpasst haben. Dies erklärt, dass sehr hohe Partizipations-Werte nur in wenigen Fällen erreicht wurden.

Vorbereitung des Tutoriums

In den Pingo-Umfragen wurde regelmäßig der Bearbeitungsstand der Übungsblätter abgefragt. Dabei gab es 3 Kategorien zur Auswahl: „Bearbeitet und selbstständig gelöst“ (S), „Bearbeitet, aber auf unlösbare Probleme gestoßen“ (P) und „Nicht bearbeitet“ (N). Aus den Antworten wurden zwei Metriken abgeleitet: Der Anteil der Studierenden, die das Übungsblatt überhaupt bearbeitet haben und der Anteil der Studierenden, die das Übungsblatt selbstständig lösen konnten im Verhältnis zu den Studierenden, die das Übungsblatt bearbeitet haben.

$$\text{Anteil Bearbeitet} = \frac{S + P}{S + P + N} * 100\% \quad \text{und} \quad \text{Anteil Selbstständig} = \frac{S}{S + P} * 100\%$$

Der *Anteil Bearbeitet* spiegelt dabei direkt die Bereitschaft der Studierenden wider, das Tutorium überhaupt vorzubereiten, während der *Anteil Selbstständig* die Selbsteinschätzung der Studierenden, das Übungsblatt selbstständig bearbeiten zu können, widerspiegelt. Letzteres ist als subjektive Einschätzung seitens der Studierenden zu werten, da an dem Zeitpunkt der Abfrage noch kein Abgleich mit der Musterlösung erfolgt ist. Nichtsdestotrotz kann die Metrik einen Hinweis darauf geben, wie selbstsicher die Studierenden mit den Inhalten des Übungsblattes umgehen und dementsprechend, ob sie selbst der Meinung sind, dass sie ausreichend Zeit in die Bearbeitung des Übungsblattes

investiert haben. Die Metrik stellt also eine subjektive Selbsteinschätzung der Studierenden dar. Beide Metriken sind in Abbildung 5 dargestellt.

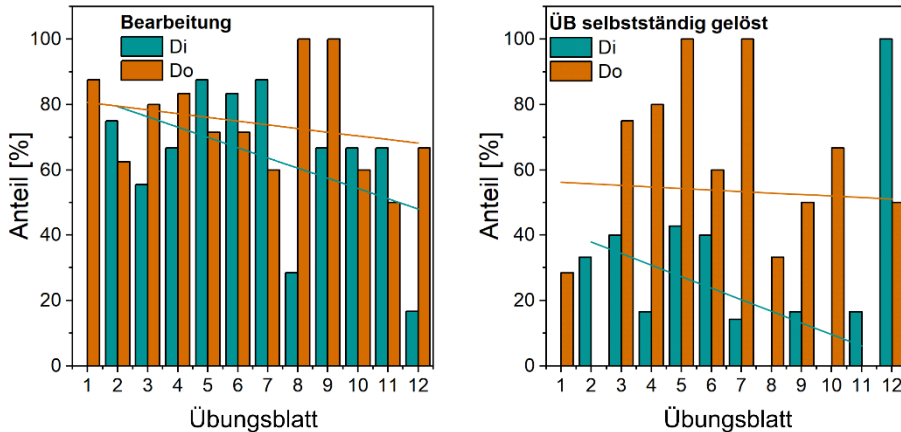


Abbildung 5

Anteil der Studierenden, die das Übungsblatt bearbeitet haben (links) und Anteil der Studierenden, die das Übungsblatt selbstständig lösen konnten (rechts). Die durchgezogenen linearen Anpassungen dienen lediglich als Hilfestellung für die Betrachtung und sollen keinen linearen Verlauf der erhobenen Daten implizieren. Übungsblatt 12 der Dienstags-Gruppe in der rechten Abbildung wurde für die lineare Anpassung maskiert, da hier nur eine Studierende das Übungsblatt überhaupt bearbeitet hat.

Der Anteil der Studierenden, die das Übungsblatt überhaupt bearbeitet haben, ist generell akzeptabel zwischen 60 und 80% (Abbildung 5, links). Es sind zwei Ausreißer in der Dienstags-Gruppe bei Übungsblatt 8 und 12 zu erkennen, welche auf Zwischenprüfungen (ÜB 8) oder die allgemeine Klausurphase (ÜB 12) zurückgeführt werden können. Ohne diese Ausreißer unterscheiden die Gruppen sich, in Anbetracht der Streuung der Daten, kaum.

Bei dem Anteil der Studierenden, die die Übungsblätter selbstständig lösen konnten, zeichnet sich jedoch ein stärkerer Unterschied ab (Abbildung 5, rechts): Die Dienstags-Gruppe fühlt sich zu einem deutlich geringeren Anteil (und stetig fallend) in der Lage, die Übungsblätter selbstständig zu lösen. Dies ist vermutlich auf die größere zeitliche Belastung der Studierenden in der Parallelveranstaltung zurückzuführen: umso weniger Zeit zur Bearbeitung der Übungsblätter durch die Studierenden zur Verfügung steht, umso eher brechen die Studierenden die Bearbeitung ab, sobald Sie auf Probleme treffen. Ähnliche Beobachtungen wurden auch in einer Schulumgebung gemacht, bei der Schüler*innen bei der Bearbeitung von Aufgaben an bestimmten Stellen stecken geblieben sind (LILJEDAHL 2016).

Dies ist für den Lernerfolg insofern problematisch, da viele Fehler bei Berechnungen einmal selbst gemacht werden müssen (zum Beispiel Rechnen mit inkompatiblen Einheiten oder ähnliches), um die eigene Problemlösungsstrategie zu verinnerlichen und so Aufgaben selbstsicher bearbeiten zu können.

Mitarbeit im Tutorium

Abgesehen von der allgemein geringen Anwesenheit war die Mitarbeit im Tutorium über den Großteil der Zeit gegeben und die Arbeitsatmosphäre konstruktiv und positiv. Für diese Parameter wurde leider keine Erhebung durchgeführt und die Aussage beruht lediglich auf der subjektiven Wahrnehmung des Dozierenden. Die Entwicklung der Musterlösung an der Tafel konnte im überwiegenden Teil der Aufgaben durch die Studierenden vorangetrieben werden und nur selten war niemand im Plenum in der Lage, irgendetwas zu der Entwicklung beizutragen. In mehreren Fällen musste der Dozierende durchaus länger auf weitere Impulse aus dem Plenum warten oder diese durch mehrere gezielte Fragen herbeiführen, was sich negativ auf den zeitlichen Spielraum der Veranstaltung ausgewirkt hat. Letztere Situationen kamen erwartungsgemäß vor allem bei schwereren oder abstrakten Aufgaben vor. Aus der Sicht des Dozierenden hat sich weiterhin eine gewisse Inkonsequenz in der Bearbeitung der Übungsaufgaben gezeigt: Oft wurden die Aufgaben nicht zu Ende bearbeitet und die Anzahl der Beiträge sinkt im Verlauf der Entwicklung der Musterlösung, sodass das finale Ergebnis deutlich häufiger vom Dozierenden erbracht werden musste als beispielsweise die initialen Grundannahmen. Anzumerken wäre, dass die Mitarbeit des Plenums von einigen wenigen Teilnehmern der Tutorien stark dominiert wurde, während sich andere wenige Teilnehmer gegen die Mitarbeit in Murmelgruppen oder Wortmeldungen verwehrt haben. Die Implementierung des denkenden Klassenraums hatte zum Ziel, die Studierenden zum Mitdenken anzuregen an Stelle einer frontalen Präsentation der Musterlösung durch den Dozierenden. Ein Teil des Plenums hat sich jedoch auf die Position zurückgezogen, die frontale Präsentation der Musterlösung durch ihre vorbereiteten Komiliton*innen erledigen zu lassen. Somit stellt die Lehrmethode für einen Teil des Plenums in der jetzigen Form keinen Vorteil dar. Potentielle Maßnahmen zur Aktivierung von mehr Studierenden für die Mitarbeit im Plenum werden im Fazit diskutiert.

Von den verwendeten Lehrmethoden wurden die Ampelabfragen nach der ersten Übungsstunde nicht weiter verfolgt: im Plenum waren die Ergebnisse der Abfrage (Daumen hoch oder runter) visuell schlecht unterscheidbar. Da die Veranstaltung ohnehin schon zeitlich ausuferte, wurde die Methode fallen gelassen. Die Akzeptanz der anderen verwendeten Lehrmethoden (Ergebnisabgleich in Murmelgruppen zu Beginn, Entwicklung der Musterlösung im *Thinking Classroom*, Bearbeitung artverwandter Zusatzaufgaben in Murmelgruppen und der Einsatz der Pingo-Umfragen) wurde mittels Pingo-Umfragen in einer Zwischenevaluierung (zum Zeitpunkt des Übungsblatts 7) abgefragt (Abbildung 6, links, umseitig).

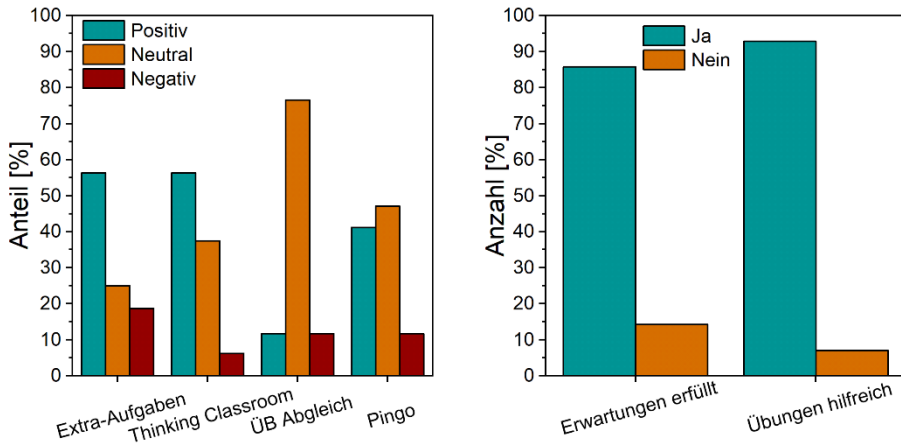


Abbildung 6

Evaluierung der verwendeten Lehrmethoden (links) und Abfrage, ob Erwartungen erfüllt wurden und ob die Übungen für die Bearbeitung der Übungsblätter hilfreich waren (rechts).

Die Zusatzaufgaben und die Entwicklung der Musterlösung im *Thinking Classroom* wurde durch die Studierenden mehrheitlich positiv bewertet, wobei die Zusatzaufgaben auf etwas mehr Ablehnung stießen als die Entwicklung der Musterlösung. Da die Zusatzaufgaben in Präsenz berechnet werden sollen, ist die Zugänglichkeit für unvorbereitete Studierende geringer und daher ist die geringfügig größere Ablehnung rationalisierbar. Im Umkehrschluss stellt diese Methode jedoch auch den Anspruch an die Vorbereitung des Tutoriums durch die Studierenden dar, welcher zum Gelingen der Veranstaltung auch aufrecht erhalten werden muss. Die Erfahrungen des Dozierenden mit den beiden Methoden waren auch durchweg positiv: Sie lockern die Veranstaltung auf und fördern die Interaktion mit dem Plenum. Diese Methoden werden für zukünftige Tutorien beibehalten. Der Ergebnisabgleich in Murmelgruppen zu Beginn der Veranstaltung wird hingegen vorwiegend neutral und kaum positiv bewertet. Mündliches Feedback durch die Studierenden ergab, dass der Abgleich der Übungsblätter kaum Vorteile für diejenigen bietet, die sich vorbereitet haben, wohingegen nicht vorbereitete Studierende sich hier ebenfalls wenig einbringen. Dies deckt sich mit den Beobachtungen des Dozierenden, dass sich einige Studierende nicht an diesen Murmelgruppen beteiligten.

Ähnliche Effekte im Bezug auf die Evaluierung von Methoden aktiven Lernens konnten von Deslauriers et al. beobachtet werden: In einem Vergleich von aktiven und passiven Lernumgebungen konnte eine inhärente Voreingenommenheit Studierender gegenüber Methoden des aktiven Lernens herausgearbeitet werden. Die eigene Lernleistung wurde im aktiven Lernen (Experimentelles Arbeiten) vergleichsweise geringer eingeschätzt als im passiven Lernen (klassische Vorlesung), obwohl die Leistungsüberprüfung einen inversen

Trend gezeigt hat. Die Autor*innen führten das auf die Unerfahrenheit der Studierenden zurück, die deshalb nicht in der Lage sind, ihre Lernleistung korrekt einzuschätzen (DESLAURIERS et al. 2019). Alles in allem erscheinen aktive Lernumgebungen für Studierende weniger attraktiv als passive und dies könnte sich auch hier in der Evaluation der Murrengruppen niederschlagen.

Die Pingo-Abfragen wurden zu ähnlichen Teilen positiv und neutral evaluiert und wenig negativ. Pingo wurde hier vorrangig als Tool zur Evaluierung durch den Dozierenden eingesetzt und nicht etwa in die Interaktion mit dem Plenum eingebunden. Der direkte Nutzen ist für die Studierenden daher vermutlich nicht direkt ersichtlich. Da eine breite negative Resonanz jedoch ausblieb, wird das Werkzeug weiterhin verwendet werden.

In der Abschlussveranstaltung (Übungsblatt 12) wurde noch zusätzlich abgefragt, ob die zu Beginn formulierten Erwartungen an das Tutorium erfüllt wurden, ob die Übungen hilfreich bei der Bearbeitung der Übungsblätter waren und wie sich das Interesse an dem Stoff verändert hat (gestiegen, gleich geblieben oder verringert). Die vorwiegend neutrale Haltung des Plenums gegenüber der Thematik hat sich bei 93 % der Teilnehmer nicht verändert und ist bei 7 % der Teilnehmer sogar gesunken ($n=14$). Ein ähnliches Bild ergab die Abfrage nach dem Interesse der Studierenden im Rahmen der regulären Lehrveranstaltungsbefragung in der Vorlesung: Hier wurde das durchschnittliche Interesse zu Beginn mit 3,3 bewertet (1 = sehr hoch, 5 sehr gering) und die Frage, ob die Vorlesung das eigene Interesse gesteigert hat, mit 3,2 (1= stimme voll zu, 5= stimme gar nicht zu). Offensichtlich ist das Interesse am Stoff gering und die Studierenden erkennen in der derzeitigen Form des Curriculums die Signifikanz der vermittelten Inhalte im Rahmen ihrer Ausbildung nicht.

Anhand der Umfrageergebnisse in Abbildung 6, rechts kann auf eine weithin positive Evaluation des Tutoriums geschlossen werden: Der überwiegende Teil der Studierenden gibt an, dass die Übungen hilfreich bei der Bearbeitung der Übungsblätter waren (93 %) und auch, dass die Erwartungen an die Veranstaltung erfüllt wurden (86 %). Durch die geringe Präsenz an den letzten beiden Tutoriumsterminen ist die Abfrage hier leider durch ein sehr kleines n (kombiniert waren hier nur 14 Personen anwesend) kompromittiert. Die generelle Resonanz auf die Übungen in der regulären Lehrveranstaltungsbefragung war jedoch ebenfalls positiv: Auf die Frage, ob die Übungen nützlich waren, wurde mit 1,6 geantwortet (1= stimme voll zu, 5= stimme gar nicht zu, $n=67$). Es sei angemerkt, dass an der regulären Lehrveranstaltungsbefragung auch Studierende anderer Fachrichtungen teilgenommen haben, die auch an anderen Tutorien teilgenommen haben. Die Inhalte der Übungsblätter waren für alle gleich, jedoch nicht der didaktische Aufbau der Tutorien.

Lernzielkontrolle Abschlussklausur

Abschließend sollen zur Lernzielkontrolle noch kurz die Ergebnisse der Abschlussklausur untersucht werden. Generell lässt sich feststellen, dass die Klausur mit einem arithmetischen Mittel von $(59 \pm 16) \%$ (Note: 3,7) insgesamt schlecht ausgefallen ist (Abbildung 7, links).

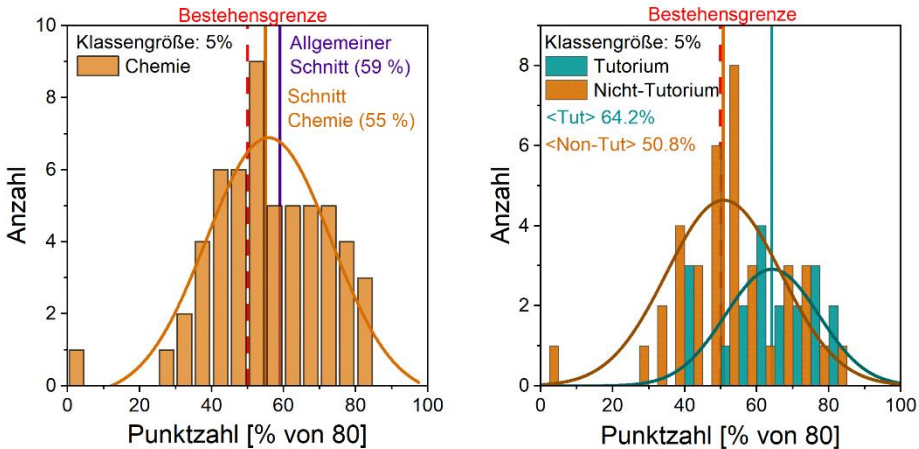


Abbildung 7

Ergebnisse der Abschlussklausur und korrespondierende Normalverteilung (links). Andere Studienfächer als Chemie werden nicht betrachtet. Aufschlüsselung der Klausurergebnisse nach regelmäßigem Tutoriumsbesuch und korrespondierende Normalverteilungen (rechts). Die Balkendiagramme in der rechten Abbildung sind versetzt dargestellt, um die Lesbarkeit zu verbessern. Jeder Balken (Klassengröße 5 %) entspricht einem Notenschritt. Die Bestehensgrenze ist mit einer unterbrochenen und die zugehörigen arithmetischen Mittel mit durchgezogenen Geraden gekennzeichnet.

Dabei fällt auf, dass im Vergleich der Studienfächer das Fach Chemie mit einem arithmetischen Mittel von $(55 \pm 16) \%$ (Note: 3,7) und einem Median von 43 % (Note: 4,0) unterdurchschnittlich abscheidet und der Notenbereich 1,7 oder besser (85 % bis 100 %) vakant ist. Ein derart schlechtes Klausurergebnis ist durchaus unüblich für das Modul, ebenso wie ein schlechteres Abschneiden der Studierenden der Chemie im Vergleich zu den anderen Studienfächern. Da keine größeren Änderungen am Vorlesungsstoff oder den Klausurthemen vorgenommen wurden, lässt sich das allgemeine Niveau nicht ohne Weiteres erklären, könnte aber direkt mit dem weiter oben erwähnten Mangel an Interesse am Stoff zusammenhängen. Ein Vergleich mit den Vorjahren fehlt hier leider. Die Verteilungsbreiten weichen für verschiedene Studienfächer von einander ab, jedoch

erscheint ein inhaltlicher Vergleich mit anderen Studienfächern aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen im Studium unangebracht und liegt ausserhalb der Zielsetzung dieser Untersuchung.

Um die Leistung der Studierenden der Chemie besser einordnen zu können, wurde nachträglich bei den Studierenden erfragt, wer regelmäßig in den Tutorien anwesend war. Daraufhin konnten 19 Studierende identifiziert und den Tutoriumsterminen zugeordnet werden (11 in Di-Gruppe, 8 in Do-Gruppe). Basierend auf der durchschnittlichen Anwesenheit von 23 Studierenden in beiden Tutorien wird daher davon ausgegangen, dass eine Auftrennung der Klausurergebnisse in Anwesenheit und Absenz bei den Tutorien die Realität ausreichend gut abbildet (Abbildung 7, rechts). Die Normalverteilungen sind sehr breit und überlappen daher zu großen Teilen, jedoch zeichnet sich ein eindeutiger Unterschied in der Leistung der Studierenden mit regelmäßigem Tutoriumsbesuch ab. Die Ergebnisse der Gruppe, die regelmäßig in den Tutorien präsent war, liegt mit $(64 \pm 13) \%$ (Note: 3,3) über dem allgemeinen Schnitt der Klausur, wohingegen die Ergebnisse der Gruppe, die nicht oder nicht regelmäßig im Tutorium präsent waren, mit $(51 \pm 16) \%$ (Note: 4,0) sehr eng an der Bestehensgrenze liegen. Ein t-Test mit 2 Stichproben für die beiden Verteilungen ergibt einen t-Wert von 3.38 (mit Welch-Korrektur), weshalb mit einer Konfidenz von 95% bestätigt werden kann, dass ein Unterschied in den studentischen Leistungen mit und ohne Tutoriumsbesuch vorliegt. Dies spiegelt sich auch in den Durchfallquoten von 16 % für Tutoriums-Präsenz und 46 % für Tutoriums-Absenz wider. Zum Vergleich: die allgemeine Durchfallquote lag bei 26%. Es scheint also ein statistischer Zusammenhang zwischen Klausurleistung und Tutoriumsbesuch bzw. -absenz zu existieren. Es sei jedoch angemerkt, dass durch die geringe Stichprobenzahl im Zuge der weiteren Unterteilung des Fachs Chemie keine gute Normalverteilung mehr in den Daten erkennbar ist, deren Existenz eine Grundbedingung für den t-Test darstellt. Die Güte der Anpassungen in Abbildung 7, rechts ist auch schlecht und erschwert die Diskussion des Histogramms. Es bleibt auch unklar, ob eine direkte kausale Korrelation zwischen Tutoriumsbesuch und Klausurleistung vorliegt: Zwar ist es statistisch plausibel, dass der Tutoriumsbesuch die Leistung in der Klausur verbessert. Allerdings könnte auch eine weitere Variable wie etwa ein von vorne herein höheres Interesse am Thema, die intrinsische Motivation oder andere, unbekannte Einflüsse eingehen und sowohl Tutoriumsbesuch als auch Klausurleistung beeinflussen, weshalb auf keine kausale Korrelation geschlossen werden kann.

Als Randbemerkung sei hier noch zu nennen, dass sich die Klausurergebnisse der Di-Gruppe $(64 \pm 13) \%$ kaum von denen der Do-Gruppe $(65 \pm 13) \%$ unterscheiden. Es scheint daher für die Klausurergebnisse wenig relevant, welche Parallelveranstaltung abläuft. Durch die allgemein kleine Stichprobenanzahl erscheint es jedoch fraglich, ob die Unterscheidung zwischen Di- und Do-Gruppe statistisch belastbar ist.

Fazit

Die hier präsentierte, lernförderliche Umarbeitung des Tutoriums kann grundsätzlich als Fortschritt bezeichnet werden. Die Erfahrungen, die mit den neu integrierten Lehr-Lernmethoden gemacht wurden, sind positiv, sowohl von Seiten der Studierenden als auch von Seiten des Dozierenden. Die Entwicklung der Musterlösung im *Thinking Classroom* als auch die Präsenzbearbeitung von Zusatzaufgaben in Murmelgruppen wird zukünftig beibehalten werden.

Zwischen den verschiedenen Tutoriumsgruppen konnten Unterschiede, beispielsweise bei der Bearbeitung der Übungsblätter, herausgearbeitet und auf die unterschiedlichen zeitlichen Rahmenbedingungen zurückgeführt werden. Diese Einflüsse scheinen sich im Rahmen der beobachteten Gruppen jedoch nicht als nachteilig für die Klausurleistung zu erweisen. Es konnte auch kein direkter Zusammenhang zwischen der Tutoriumspräsenz und der zeitlichen Belastung von Parallelveranstaltungen herausgearbeitet werden, da die Gruppe mit dem zeitlich flexibleren Praktikum eine deutlich geringere Gruppengröße, also höhere Absenz, gezeigt hat. Als Hauptproblem konnte die generell geringe Teilnahme am Tutorium identifiziert werden. Die Präsenz im Tutorium lag bereits bei der ersten Veranstaltung bei weniger als 50% der eingeschriebenden Studierenden und fiel über das Semester (vor allem in der Di-Gruppe) noch weiter ab. Es konnte ein statistischer Zusammenhang zwischen Tutoriumspräsenz und Klausurleistung herausgearbeitet werden, jedoch bleibt es unklar, ob eine direkte kausale Korrelation vorliegt. Inwieweit sich das Problem der hohen Absenz mit Hilfe didaktischer Methoden im Rahmen des Tutoriums angehen lässt, ist unklar, jedoch ist das Problem drängend und muss weiter beobachtet werden.

Als zusätzliches Problemfeld bleibt der enge zeitliche Rahmen der Veranstaltung: Durch das recht große Volumen der Übungsblätter, die teilweise mehrere Themenfelder umfassen, ist der Erklärungsbedarf hoch und der zeitliche Spielraum gering. Daher wird auf Methoden, die auf geringe Akzeptanz gestoßen sind, zum Beispiel die Ampelabfragen, zukünftig verzichtet, um mehr Raum für die anderen Aspekte zu gewinnen. In Bezug auf die Leitfrage ist das Fazit gemischt: Im Vergleich zum zuvor praktizierten Status Quo, der reinen Präsentation einer Musterlösung als Tafelanschrieb, sind die Fortschritte erkennbar und Evaluationen als auch die subjektive Wahrnehmung des Dozierenden sind positiv. Die Zielsetzung, die Studierenden für die Entwicklung von Problemlösungsstrategien zu aktivieren, wurde aber nicht vollumfänglich erreicht. Die Mitarbeit im Tutorium muss noch weiter ausgebaut und vor allem auf mehr Akteur*innen im Plenum verteilt werden: Zwar war mehrheitlich die Entwicklung der Musterlösung durch das Plenum machbar, jedoch hat sich ein zu kleiner Teil der Anwesenden daran beteiligt. Die im Schnitt befriedigende Leistung der Tutoriumsbesucher*innen in der Abschlussklausur als Lernzielkontrolle ist ebenfalls ein Indikator für keine ausreichende Aktivierung des Plenums. Die Gewinnung weiterer aktiver Studierender durch andere als die bisher verwendeten aktivierenden Methoden sollte geprüft werden.

Eine möglicher Ansatz wäre hier wieder das „Lernen durch Lehren“-Konzept: Ganz ähnlich zur Methode von Christian Spannagel könnte sich der Dozierende noch stärker aus der Vorlesung ausnehmen und sich ins Plenum begeben (BERGER, SPANNAGEL & GRZEGA 2015). Der initiale Lösungsabgleich könnte umgewandelt werden in eine Kleingruppenarbeit, in der sichtbar randomisierten Gruppen einzelne Aufgaben zugewiesen werden, mit dem Ziel, eine Musterlösung für die Aufgabe zu erarbeiten. Die Arbeit der jeweiligen Gruppe in der Plenarphase ist es dann, die Musterlösung der zugewiesenen Aufgabe für alle an der Tafel zu entwickeln, während sich die Dozierenden im Plenum aufhalten und nur moderierend eingreifen („aktives Plenum“). Die Diskussion von Studierenden mit Studierenden im Plenum sollte so leichter fallen als mit Dozierenden und entsprechend einen regeren Austausch und Mitarbeit als aktives Lernen fördern. Entsprechende Arbeitsflächen, wie etwa Whiteboards sowie eine Anpassung der verwendeten Übungsaufgaben müssten jedoch zuvor organisiert werden. Dies verbleibt aber mehr eine logistische, als eine didaktische Frage.

Bibliographie

- BERGER, L., SPANNAGEL, C., GRZEGA, J. 2015. *Lernen durch Lehren im Fokus: Berichte von LdL-Einsteigern und LdL-Experten*. 1 ed. Berlin: epubli.
- BIGGS, J., TANG, C. 2007. *Teaching for Quality Learning at University*. 3 ed. Berkshire, England: Open University Press.
- BISHOP, J., VERLEGER, M. A. 2013. „The Flipped Classroom: A Survey of the Research.“ 2013 ASEE Annual Conference & Exposition.
- DECI, E. L., RYAN, R. M. 1993. „Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik.“ *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (2), S. 223–238.
- DESLARUIERS, L., MCCARTY, L. S., MILLER, K., CALLAGHAN, K., KESTIN, G. 2019. „Measuring Actual Learning Versus Feeling of Learning in Response to Being Actively Engaged in the Classroom.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (39), S. 19251–19257. <https://doi.org/10.1073/pnas.1821936116>.
- GUPTA, A., ELBY, A. 2011. „Beyond Epistemological Deficits: Dynamic Explanations of Engineering Students’ Difficulties with Mathematical Sense-making.“ *International Journal of Science Education* 33 (18), S. 2463–2488. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.551551>.
- HANDKE, J., SPERL, A. 2012. *Das Inverted Classroom Model*. Berlin, Boston: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

- LANGMAACK, B. 2011. *Einführung in die Themenzentrierte Interaktion (TZI) : Das Leiten von Lern- und Arbeitsgruppen erklärt und praktisch angewandt*. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim; Basel: Beltz.
- LILJEDAHL, P. 2016. „Building Thinking Classrooms: Conditions for Problem-Solving.“ In: FELMER, P., PEHKONEN, E., KILPATRICK, J. (Hg.) *Posing and Solving Mathematical Problems: Advances and New Perspectives*. Cham: Springer International Publishing, S. 361–386.
- MARTIN, J. P. 1996. „Das Projekt ‚Lernen durch Lehren‘ – Eine vorläufige Bilanz.“ *Fremdsprachen lehren und lernen* 25, S. 70–86.
- NUNOKAWA, K. 2001. „Possible Activities Facilitating Solving Processes: A Lesson from a Stuck State.“ *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 32 (2), S. 245–253. <https://doi.org/10.1080/00207390010010872>.
- ORLIN, B. 2017. „The State of Being Stuck.“ Math with Bad Drawings (blog). <https://mathwithbaddrawings.com/2017/09/20/the-state-of-being-stuck/> (aufgerufen am 14.08.2024).
- PRENZEL, M. 1993. „Autonomie und Motivation im Lernen Erwachsener“ *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (2), S. 239–253.
- ROTH, G. 2004. „Warum sind Lehren und Lernen so schwierig?“ *Zeitschrift für Pädagogik* 50 (4), S. 496–506.
- SCHNEIDER-LANDOLF, M., SPIELMANN, J., ZITTERBARTH, W. (Hg.) 2017. *Handbook of Theme-Centered Interaction (TCI)*. Göttingen; Bristol, CT, U.S.A.: Vandenhoeck & Ruprecht.
- SCHNEIDER, M., PRECKEL, F. 2017. „Variables Associated with Achievement in Higher Education: A Systematic Review of Meta-analyses.“ *Psychological Bulletin* 143 (6), S. 565–600.
- UNIVERSITÄT PADERBORN. 2011. <https://www.uni-paderborn.de/lehre/lehrinnovationen/lehrprojekte/pingo> (aufgerufen am 12.11.2024)
- WAHL, D., WÖLFING, W., RAPP, G., HEGER, D. 1995. *Erwachsenenbildung konkret: Mehrphasiges Dozententraining; eine neue Form der erwachsenendidaktischen Ausbildung von Referenten und Dozenten*. Weinheim: Deutscher Studien-Verlag.

Dr. Sebastian Grieger ist Materialwissenschaftler am Institut für Physikalische Chemie der Universität Heidelberg, mit Forschungsschwerpunkt auf zwei- und eindimensionalen Nanomaterialien. Momentan liegt der Schwerpunkt der Arbeit auf der Koordination des Graduiertenkollegs 2948 in Kooperation mit der Universität Stuttgart. Gute Lehre ist der erste Schritt, das akademische Potential in Studierenden nutzbar zu machen und daher für den Fortgang der Forschung unerlässlich.

Dr. Sebastian Grieger
sebastian.grieger@pci.uni-heidelberg.de