

## Analyse studentischer Lernprozesse zu Messunsicherheiten im Physikpraktikum

John Hamacher, Heidrun Heinke

RWTH Aachen

hamacher@physik.rwth-aachen.de, heinke@physik.rwth-aachen.de

### Kurzfassung

Mehrere Studien belegen, dass es vielen Studierenden in traditionellen Physikpraktika nicht gelingt ein adäquates Verständnis über Messunsicherheiten aufzubauen. Die Entwicklung neuer Praktikumskonzepte zur Änderung dieses Missstandes erfordert vertieftes Wissen über die Arbeits- und Lernprozesse der Studierenden zum Thema Messunsicherheiten. Allerdings findet die Phase der Versuchsauswertung, in der sich Studierende am intensivsten mit Messunsicherheiten auseinandersetzen, in der Regel außerhalb des Praktikums statt und wurde deshalb bisher nicht umfassend und ökologisch valide erforscht. Im Beitrag wird eine an der RWTH Aachen durchgeführte Pilotstudie vorgestellt, in der ein Erhebungsinstrument zur Aufnahme studentischer Arbeits- und Lernprozesse außerhalb des Praktikums erstmals eingesetzt wurde. Dabei wurden die Prozesse mit Smartpens und bereitgestellten Laptops mit Screen Recorder Software erfasst. Im Beitrag wird das Design der Pilotstudie ausführlich beschrieben. Zusätzlich wird eine erste Einschätzung der Eignung des Erhebungsinstrumentes für die Erfassung von außeruniversitären Arbeitsprozessen gegeben.

### 1. Messunsicherheiten in Physikpraktika

Eine universitäre Physikausbildung ist ohne die Integration experimenteller Praktika kaum vorstellbar. Solche Praktika sind Ausdruck des allgemeinen Konsenses, dass das Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten nicht allein theoretisch erlernt werden können [1]. Die große Bandbreite an Fähigkeiten, die zur erfolgreichen Ausführung dieser vielfältigen Arbeitsschritte nötig sind, wird unter dem Begriff der „experimentellen Kompetenzen“ zusammengefasst. Dabei besteht unter Lehrenden Einigkeit darüber, dass der Erwerb experimenteller Kompetenzen das primäre Ziel jedes universitären Physikpraktikums sein sollte [2]. Eine dieser experimentellen Kompetenzen stellt der adäquate, verständnisgeleitete Umgang mit Messunsicherheiten dar. Obwohl Messunsicherheiten inhärenter Bestandteil jedes Messvorgangs sind und streuende Messwerte für einzelne Messgrößen in nahezu jedem Schulexperiment beobachtbar sind, findet eine vertiefte Auseinandersetzung mit dieser Thematik in der Regel erst in physikalischen Anfängerpraktika an Universitäten statt [3]. Jedoch offenbaren mehrere nationale und internationale Studien, dass es vielen Studierenden durch das Absolvieren traditioneller Praktikumslehrgänge nicht gelingt ein adäquates Verständnis über Messunsicherheiten aufzubauen [3, 4, 5]. Konkret zeigt sich dieser Missstand oft auf Seite der Studierenden im alleinigen Erlernen und kochbuchartigen Anwenden unverständlicher Rechenroutinen [6], in der intensiven Nutzung von Faustregeln [7] und der Existenz von fundamentalen Fehlvorstellungen über Messunsicherheiten auch nach erfolgreicher Praktikumssteilnahme [4]. Um Studierende beim Aufbau eines adäquaten Verständnisses bezüglich Messunsicherheiten besser unterstützen zu

können, empfehlen verschiedene Studien die Entwicklung und den Einsatz neuer Praktikumskonzepte, in denen Messunsicherheiten explizit und über den gesamten Veranstaltungszeitraum hinweg thematisiert werden [3, 8].

An der RWTH Aachen wird zurzeit ein gemeinsames physikalisches Praktikum für die Studiengänge Biologie und Biotechnologie<sup>1</sup> hinsichtlich einer besseren Einbettung der Thematik Messunsicherheiten überarbeitet und weiterentwickelt [9]. Um effektive Lernhilfen für Studierende erarbeiten und integrieren zu können, ist vor allem ein vertieftes Wissen und Verständnis über studentische Arbeits- und Lernprozesse zu Messunsicherheiten im Physikpraktikum notwendig. Jedoch ist empirisch gesichertes Wissen über diese Vorgänge bisher nur sehr begrenzt verfügbar. Dabei ergibt sich bei der Erforschung des studentischen Umgangs mit Messunsicherheiten im Praktikumsalltag eine besondere Schwierigkeit: Die große Mehrheit der Studierenden setzt sich erst während der Datenauswertung zu Hause<sup>2</sup> mit dem Einfluss von Messunsicherheiten auf die von ihnen durchgeführten Experimente auseinander [9]. Somit erscheint es notwendig sowohl Informationen über das Experimentieren an der Universität als auch über die Erstellung der Versuchsberichte zu Hause zu erheben, um grundlegen-

<sup>1</sup> Im Folgenden abkürzend „Praktikum für Biologen“ genannt.

<sup>2</sup> Hier und im Folgenden wird vereinfacht von Arbeitsprozessen „zu Hause“ gesprochen. Inbegriffen sind aber auch alle anderen Orte, an denen Studierende ihre Versuchsberichte schreiben könnten, sofern sie dort selbstständig und ohne Betreuung durch einen Tutor arbeiten.

des Wissen über den studentischen Umgang mit Messunsicherheiten zu gewinnen. Dadurch rückt die Frage in den Blickpunkt, wie die Erfassung möglichst umfassender und ökologisch valider Daten über die Erstellung der Versuchsberichte außerhalb der universitären Laborräume gelingen kann.

## 2. Erfassung von Arbeits- und Lernprozessen in Physikpraktika

Der größte Anteil des aktuellen Wissens über den studentischen Umgang mit Messunsicherheiten in Physikpraktika wurde mittels schriftlicher Befragungen in verhaltensfernen Kontexten erhoben. Das bedeutet, dass sich Studierende hypothetisch dazu äußern sollten, wie sie in realen Praktikumskontexten handeln würden [3]. Wie Heinicke nachweisen konnte, unterscheiden sich allerdings die in verhaltensfernen Kontexten gegebenen Studierendenantworten teilweise substanziell von dem wirklich beobachtbaren Verhalten der Studierenden beim selbstständigen Experimentieren [3]. Damit scheinen schriftliche Befragungen als Instrument zur Erhebung aussagekräftiger Daten zur Untersuchung studentischer Arbeits- und Lernprozesse in Physikpraktika nicht geeignet. Als Alternative hat sich in der Erforschung experimenteller Kompetenzen allgemein der Einsatz von Videokameras zur Aufnahme realer Experimentiersituationen als eine anerkannte Standardmethode etabliert [2]. Die große Stärke dieses Untersuchungsansatzes besteht darin, dass sich die komplexen Prozesse beim experimentellen Arbeiten im Anschluss an die eigentlichen Versuchstage beliebig oft angesehen werden können und somit auf vielen verschiedenen Ebenen analysierbar werden. Zusätzlich ist heutzutage die Installation von qualitativ hochwertigen Kameras in Praktikumsräumen technisch einfach zu realisieren und ihre Anwesenheit führt in der Regel nicht zu einer veränderten Arbeitsweise der Studierenden [2]. Wird aber die in Kapitel 1 dargelegte Erkenntnis berücksichtigt, dass sich Studierende hauptsächlich erst zu Hause beim Erstellen ihrer Versuchsberichte mit Messunsicherheiten auseinandersetzen, erscheint auch die Videographie als nicht geeignet für Untersuchungen von Arbeitsprozessen außerhalb von Laborräumen, da die Installation von Kameras in studentischen Privaträumen eine zu hohe organisatorische Hürde darstellt.

Deshalb wurde in unserer Arbeitsgruppe in einer Laborstudie ein neues Erhebungsinstrument getestet, mit dessen Hilfe studentische Arbeits- und Denkprozesse sowohl auf prozeduraler als auch auf kognitiver Ebene erfolgreich erfasst werden konnten [10]. Kern der durchgeführten Studie war die Bearbeitung zweier ähnlicher kurzer Aufgaben zur Datenauswertung durch Studierende mittels Stift und Papier. Dabei hatten die Probanden während der ersten Aufgabe keinerlei Hilfsmittel zur Verfügung, während sie bei der zweiten Aufgabe auf ein Set von vier thematisch relevanten Lehrvideos zurückgreifen konnten. Außerdem wurden die Studierenden – nach einer entsprechenden Schulung – während der Bearbeitung der beiden Aufgaben dazu angehalten, die so

genannte „Think Aloud Methode“ einzusetzen, also alles laut auszusprechen, was sie bei der Lösungserstellung dachten. Als zentrale Aufnahmegeräte kamen bei der Erhebung je Proband ein Smartpen und ein Laptop mit vorinstallierter Screen Capturing Software zum Einsatz. Bei Smartpens handelt es sich um Kugelschreiber, die einerseits zur Aufnahme von Audiosignalen ein integriertes Mikrofon besitzen, und die andererseits durch eine eingebaute Kamera in Kombination mit speziellem „Dot Paper“ die Digitalisierung von Schreibprozessen ermöglichen (Abb.1). Der große Mehrwert der Smartpens besteht darin, dass während der Datenauswertung mit Hilfe einer PC-Software die aufgenommenen Arbeitsprozesse und Audiodaten zeitlich synchronisiert wie ein Video abgespielt werden können. Ferner bieten Smartpens bei den Aufnahmesitzungen den Vorteil eines quasi „unsichtbaren“ Aufnahme Gerätes, da die Arbeit mit Stift und Papier für die Studierenden eine alltägliche Situation darstellt und weitere Hilfsmittel zur Aufnahme nicht notwendig sind. Der gleiche Vorteil ergibt sich für das zweite Aufnahmegerät, den Laptop mit vorinstallierter Screen Capturing Software. Nach einmaligem Starten zeichnet die Software für die Studierenden unbemerkt alle Bildschirmaktivitäten auf, ohne die Arbeit mit dem Laptop einzuschränken. Durch die Kombination beider Aufnahmegeräte ist es in der Laborstudie gelungen, inhaltlich reichhaltiges Datenmaterial für die Analyse von Arbeits- und Denkprozessen während der Auswertung von Messdaten in einem „minimalinvasiven“ Aufnahmesetting zu realisieren [10].

Die hohe Qualität der aufgenommenen Daten, die einfache Handhabbarkeit der Aufnahmegeräte und der Umstand, dass alle Aufnahmegeräte in modifizierten studentischen Alltagsgegenständen integriert sind, ließ vermuten, dass das Erhebungsinstrument auch zur Erfassung vollständiger Prozesse der Versuchsberichtserstellung außerhalb von universitären Praktikumsräumen geeignet sei. Mit der im folgen-



**Abb.1:** Smartpen und „Dot-Paper“ zur Aufnahme von Audiosignalen und zur Digitalisierung von Schreibprozessen.

([https://regmedia.co.uk/2011/06/01/livescribe\\_echo\\_smartpen\\_2.jpg](https://regmedia.co.uk/2011/06/01/livescribe_echo_smartpen_2.jpg))

den Kapitel vorgestellten Pilotstudie wurde überprüft, ob sich diese Vermutung bestätigen ließ.

### 3. Die Pilotstudie

Im Wintersemester 2015/16 wurde an der RWTH Aachen im Physikpraktikum für Biologen eine Pilotstudie durchgeführt, in der die Eignung eines Erhebungsinstrumentes zur umfassenden und ökologisch validen Erfassung studentischer Arbeitsprozesse während der Erstellung von Versuchsberichten zu Hause überprüft wurde. An der Studie nahmen 12 Studierende in 6 Zweierteams teil, wobei jedes Team mit einem Smartpen und einem Laptop mit vorinstallierter Screen Recorder Software ausgestattet wurde. Zentraler Bestandteil der Studie war dabei die von den Studierenden selbstständig regulierte Aufnahme von jeweils drei Experimentiertagen und der Prozesse der Erstellung der zugehörigen Versuchsberichte. Mit Hilfe der Pilotstudie sollten insbesondere Antworten auf folgende Forschungsfragen gefunden werden:

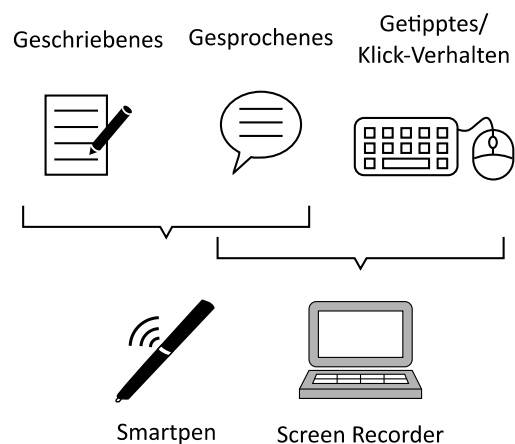
1. Wie vollständig decken die aufgenommenen Daten die Arbeitsprozesse der Studierenden während der Erstellung von Versuchsberichten zu Hause ab?
2. Welche Rückschlüsse lassen sich aus den aufgenommenen Daten auf die Lernprozesse der Studierenden bezüglich ihres Umgangs mit Messunsicherheiten bei der Datenauswertung innerhalb des Physikpraktikums ziehen?

Im Folgenden werden alle verwendeten Aufnahmegeräte, die Stichprobe und das Studiendesign genauer vorgestellt und hinsichtlich ihrer Funktion innerhalb der Studie diskutiert.

#### 3.1. Aufnahmegeräte

Um das Verständnis der Studierenden zum Thema Messunsicherheiten während ihrer Arbeit im Praktikum analysieren zu können, sollten alle dafür relevanten Informationsquellen so umfassend wie möglich erschlossen werden: die handschriftlich erstellten Produkte, die verbale Kommunikation, die am Laptop erstellten digitalen Produkte und das Klick-Verhalten am Laptop (Abb.2). Um eine möglichst vollständige Erfassung aller Arbeitsprozesse zu gewährleisten, sollten alle Studienteilnehmer ausschließlich mit den bereitgestellten Aufnahmegeräten arbeiten.

Die wichtigste Informationsquelle über das konzeptuelle Verständnis der Studierenden bezüglich Messunsicherheiten stellt ihre verbale Kommunikation dar. Anhand ihrer Diskussionen, Argumentationen oder Meinungsverschiedenheiten zum Umgang mit Messunsicherheiten lassen sich Rückschlüsse auf ihre persönlichen Konzepte zu dieser Thematik ziehen. Zudem können auch Informationen über verworfene Lösungsansätze oder nicht im Versuchsbericht festgehaltene Äußerungen gewonnen wer-



**Abb.2:** Informationsquellen, die Rückschlüsse auf Lernprozesse der Studierenden erlauben, und Aufnahmegeräte, mit denen sie in der Pilotstudie erfasst werden.

den. Aus dem Grund besaß die Aufnahme der verbalen Kommunikation der Studierenden eine hohe Priorität. Als Konsequenz mussten sich die Probanden bereiterklären, während ihrer Teilnahme an der Studie die Ausarbeitung ihrer Versuchsberichte immer im Zweierteam durchzuführen. Außerdem sollten die Aufnahmen der verbalen Kommunikation sowohl durch die Smartpens als auch mit der Software am Laptop realisiert werden. Aus dem Grund wurde im Unterschied zu der in Abschnitt 2 vorgestellten Laborstudie eine Screen Recorder Software verwendet, die nicht nur den Bildschirm, sondern auch Audiosignale aufnehmen kann. Dadurch ist es nicht nur möglich, eventuelle technische Ausfälle oder eine situativ bedingte Minderung der Tonqualität der Aufnahmen des Smartpen-Mikrofons abzufangen und einen damit verbundenen Datenverlust zu reduzieren. Die doppelte Audioaufnahme erlaubt auch eine einfache zeitliche Synchronisation der Smartpen Daten und der Screen Recorder Daten in der Phase der Auswertung.

Weitere Informationsquellen sind alle handschriftlich erstellten Produkte der Studierenden, in denen sie sich mit Messunsicherheiten auseinandersetzen. Hierbei sind vor allem die Messwertprotokolle aus der Durchführung der Experimente, die schriftlich erfassten rechnerischen und graphischen Auswertungen und die verschriftlichten Messergebnisinterpretationen von besonderem Interesse. Durch die Verwendung von Smartpens können alle diese Informationen leicht und umfassend aufgezeichnet werden. Da die Studierenden jedoch nicht in ihrer Arbeitsweise eingeschränkt werden sollten und die Erstellung von Versuchsberichten mittels PC oder Laptop heutzutage bereits sehr verbreitet ist, war es den Studierenden auch erlaubt ihre Versuchsberichte mit dem bereitgestellten Laptop zu erstellen. Auf ihm hatten sie zum Arbeiten Zugriff auf das Internet, einen PDF Reader und eine vollständige Microsoft Office Suite. Dabei kann durch die Screen Recorder

Software sichergestellt werden, dass auch alle digital erstellten Produkte, wie z.B. Word-Dokumente oder Excel-Auswertungen, aufgenommen und ausgewertet werden können. Um einen Datenverlust durch eventuelle technische Probleme mit dem Laptop zu minimieren, wurde der Screen Recorder so eingestellt, dass er nach 30 Minuten die aktuelle Aufnahme beendete, abspeicherte und automatisch eine neue Aufnahme startete.

Als letzte Informationsquelle dient das Klick-Verhalten der Studierenden am Laptop, während sie z.B. im Internet nach Hilfe suchen oder digitale Medien nutzen. Das Wissen über eingegebene Suchbegriffe oder den Umgang der Studierenden mit verschiedenen digitalen Hilfsmitteln kann wichtige Hinweise darüber liefern, in welchen Bereichen die Studierenden Verständnisprobleme oder Fehlkonzepte besitzen. Außerdem werden Einblicke gewonnen, welche Hilfsmittel von den Studierenden als attraktiv erachtet werden und welchen Einfluss die gewählten Medien auf die Arbeit oder das Verständnis der Studierenden nehmen.

Aufgrund früherer Studien an der RWTH Aachen ist bekannt, dass Studierende positiv gegenüber kurzen Lehrvideos als Arbeitsunterstützung eingestellt sind und diese auch einen positiven Effekt auf studentische Lösungen von Aufgaben zur Datenauswertung haben [10, 11]. Deswegen wurde auf allen Laptops der Studie ein Set von vier Lehrvideos („Angabe von Messwerten“, „Mittelwert“, „Standardabweichung“ und „Messunsicherheit“) bereitgestellt, die den Studierenden zu jeder Zeit frei zur Verfügung standen. Neben dem Effekt, dass die Lehrvideos die Studierenden bei eventuell auftretenden Problemen unterstützen, sollten sie auch als Anlass für die Studierenden dienen, sich über die Inhalte der Videos auszutauschen. Auf die Art wurde ein externer Reiz geschaffen, der zu einer erhöhten Kommunikation der Studierenden über Themen der Datenauswertung führen sollte.

Die in der Pilotstudie aufgenommenen Daten sollen Rückschlüsse auf Denkstrukturen und Veränderungen im Verständnis der Studierenden ermöglichen, was insbesondere durch die Triangulation aller erhobenen Daten gelingen kann. Dass über die non-verbalen Handlungen der Studierenden keine direkten Informationen in Form von Videos vorliegen, wird aufgrund der geringen Relevanz dieser Daten für die Forschungsfragen nicht als nachteilig bewertet.

### 3.2. Die Stichprobe

Die Stichprobe der Pilotstudie bestand aus zwölf Studierenden, die in sechs Zweiertteams arbeiteten (Abb.3). Alle Teilnehmer belegten im Wintersemester 2015/16 das Physikpraktikum für Biologen erstmalig und befanden sich im dritten Studiensemester. Die Studierenden konnten sich freiwillig für die Teilnahme an der Studie bewerben, wobei jedem Team eine Aufwandsentschädigung in Aussicht gestellt wurde. Den Studierenden war bis zum Ende

Studierende insgesamt		12
Studierende der Biologie	6	Studierende der Biotechnologie
Biologen Teams	2	Misch Teams
	2	Biotechnologen Teams
		2

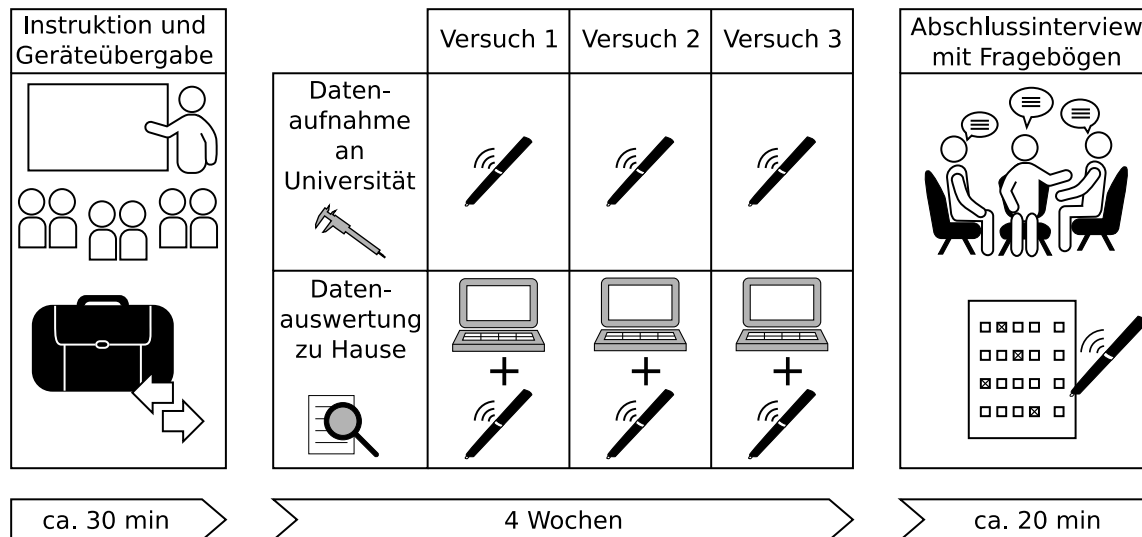
**Abb.3:** Zusammensetzung der Stichprobe der Pilotstudie

der Studie die eigentliche Fokussierung auf die Erforschung des studentischen Umgangs mit Messunsicherheiten nicht bekannt. Ihnen wurde lediglich mitgeteilt, dass durch die Studie Erstellungsprozesse von Versuchsberichten zu Hause analysiert werden sollten.

Die Auswahl der Studierenden erfolgte unter folgenden Gesichtspunkten: Da es sich um ein gemeinsames Praktikum für Studierende der Biologie und Biotechnologie handelt, sollten beide Studiengänge zu gleichen Teilen vertreten sein. Aufgrund der unterschiedlichen Studienverlaufspläne bestand die Vermutung, dass die Studierenden der Biotechnologie bessere Vorkenntnisse zu mathematischen und statistischen Inhalten besaßen als die Studierenden der Biologie und somit zwei unterschiedliche Untergruppen das Praktikum absolvieren. Dementsprechend wurden als Teilnehmer sechs Studierende der Biologie und sechs Studierende der Biotechnologie ausgewählt, die in den sechs Zweiertteams in drei unterschiedlichen Studiengangkombinationen zusammenarbeiteten (Abb.3).

### 3.3. Das Studiendesign

Im Physikpraktikum für Biologen an der RWTH Aachen absolvieren Studierende insgesamt neun Versuche, die in jeweils drei thematisch zusammenhängenden Versuchsblöcken zusammengefasst sind. Als Kernelement der Studie erklärten sich die teilnehmenden Teams dazu bereit, ihre gesamten Arbeitsprozesse während eines vollständigen Versuchsblocks selbstständig aufzunehmen (Abb.4). Dabei sollten sie während ihrer Experimentiertage an der Universität für alle Dokumentationen jeweils einen Smartpen pro Team nutzen. Zu Hause standen ihnen dann als Arbeitsmittel ebenfalls ein Smartpen und darüber hinaus ein bereitgestellter Laptop mit einer vorinstallierten Screen Recorder Software, Lehrvideos, einem Internetzugang, einem PDF Reader und einer Microsoft Office Suite zur Verfügung. Für die Durchführung der Aufnahmen wurden die sechs teilnehmenden Studierendenteams in zwei Aufnahmegruppen aufgeteilt. Die erste Aufnahmegruppe sollte während der Experimentiertage 1 bis 3 im Praktikum und die zweite Aufnahmegruppe während der Experimentiertage 4 bis 6 im Praktikum mit den Aufnahmegeräten beobachtet werden (Abb.5). Da sich jedes Team einer Aufnahmegruppe in einem



**Abb.4:** Darstellung des Ablaufs der Pilotstudie am Beispiel eines Studierendenteams aus der ersten Aufnahmegruppe.

anderen Versuchsblock befand, wurden durch diese Aufteilung Einblicke in alle Versuche des Praktikums ermöglicht.

Bevor eine Aufnahmegruppe ihren ersten Experimentiertag im Rahmen der Pilotstudie absolvierte, wurde mit allen drei zugehörigen Studierendenteams eine gemeinsame ca. 30-minütige Instruktion durchgeführt (Abb.4). Dabei erhielten die Studierenden detaillierte Informationen zum Ablauf der Studie und eine Einweisung in den Gebrauch der Smartpens und der Screen Recorder Software. Anschließend sollten sie vor Ort den Gebrauch der Aufnahmegeräte selbstständig üben. Während der gesamten Studie lag es in der Eigenverantwortung der Studierenden ihre Arbeit aufzuzeichnen, um ein höchstmögliches Maß an Selbstbestimmtheit und Flexibilität für die Studierenden zu erreichen. Deswegen war es von großer Wichtigkeit, dass der korrekte Umgang mit den Aufnahmegegeräten durch die Geräteeinweisung sichergestellt wurde. Darüber hinaus wurden die Studierenden eindringlich auf die bereits in Abschnitt 3.1 erwähnte, weitere wichtige Randbedingung während der Arbeit an ihren Versuchsberichten hingewiesen: Sie waren während ihrer Teilnahme an der Studie dazu verpflichtet die Ausarbeitungen ihrer Versuchsberichte immer im Zweierteam durchzuführen. Dies war wichtig, weil die Kommunikation der Studierenden untereinander als wichtigste Informationsquelle über ihr konzeptuelles Verständnis bezüglich Messunsicherheiten genutzt wurde und somit die Gruppenarbeit mit der verbalen Kommunikation Voraussetzung für die Beantwortung der Forschungsfragen war. Am Ende der Instruktion wurden alle für die Studie benötigten Geräte jedem Team in einer Laptoptasche gesammelt ausgehängt. Zusätzlich befanden sich in der Tasche noch ein Instruktionsblatt und eine Checkliste, die den Studierenden als Gedächtnisstütze für den Ablauf der Studie dienen sollte.

Der Aufnahmezeitraum für ein Studierendenteam betrug insgesamt vier Wochen, da die Studierenden nach jeder Versuchsdurchführung eine Woche Zeit für die Ausarbeitung ihrer Versuchsberichte hatten. Um eine regelmäßige Datensicherung ohne großen Mehraufwand für die Studierenden realisieren zu können, sollten sie kurz vor Beginn eines neuen Experimentiertages ihre zu Hause benutzten Smartpens und Laptops an den Studienleiter übergeben und gegen neue Smartpens eintauschen, die sie für die durchzuführenden Versuche verwenden konnten. Gleichzeitig übergaben sie auch ihre erstellten Versuchsberichte, die direkt digitalisiert und gespeichert wurden. Daraufhin konnten nach Sicherung aller im Laufe der Woche aufgenommenen Smartpen- und Screen Recorder-Daten die Aufnahmegegeräte wieder an die Studierenden zurückgegeben werden. Nach Abschluss eines Experimentiertages wurden schließlich noch die vor Versuchsbeginn ausgeteilten Smartpens wieder eingesammelt und deren Daten gespeichert. Dieses Verfahren bot neben der regelmäßigen Datensicherung zwei Vorteile: Zum einen war es so möglich sich wöchentlich einen Überblick darüber zu verschaffen, ob der geplante Studienablauf von den Studierenden eingehalten wurde, und zum anderen konnten in persönlichen Gesprächen

	ET1 bis ET3	ET4 bis ET6	ET7 bis ET9
B1	Team 1	Team 4	✗
B2	Team 2	Team 5	✗
B3	Team 3	Team 6	✗

} Aufnahme-  
gruppe 1
} Aufnahme-  
gruppe 2

**Abb.5:** Übersicht, welches Studierendenteam an welchem Experimentiertag (ET) Versuche aus welchem Versuchsblock (B) durchgeführt hat.

mit den Studierenden auftretende Fragen oder Probleme direkt diskutiert werden.

Um zusätzlich ein standardisiertes Feedback der Studierenden über ihre Erfahrungen und Meinungen während ihrer Arbeit zu Hause einholen zu können, war auf jedem Laptop für jeden Versuch eine eigene Kommentar-Word-Datei hinterlegt. In diesem Dokument sollten die Studierenden nach Fertigstellung eines Versuchsberichts neun kurze Fragen beantworten, in denen primär die Gesamtdauer der Erstellung ihrer Versuchsberichte und die Vollständigkeit ihrer Aufnahmen erfragt wurden. Zusätzlich wurden die Studierenden gebeten eine Bewertung ihrer finalen Versuchsberichte abzugeben. Die Kommentar-Dateien liefern damit nicht nur eine Einschätzung der Praxistauglichkeit des Aufnahmeinstrumentes durch die Studierenden, sondern sie erlauben im Nachhinein auch einen Abgleich der subjektiven Eindrücke der Studierenden mit objektiven Daten ihrer Arbeit.

Nach Abgabe des letzten für die Pilotstudie relevanten Versuchsberichts wurde mit jedem Studierendenteam einzeln ein zeitnaher Termin für ein Abschlussinterview vereinbart (Abb.4). In dem Interview sollten die studentischen Erfahrungen aus der Pilotstudie diskutiert und ihr aktuelles Verständnis zum Thema Messunsicherheiten erhoben werden. In dem halbstrukturierten Interview füllte jeder Studierende anfangs einen kurzen Fragebogen aus, auf dessen Grundlage anschließend das eigentliche Interview begonnen wurde. Für das gesamte Interview war eine Dauer von 20 Minuten eingeplant, wovon das Ausfüllen der Fragebögen 5 Minuten in Anspruch nahm. Alle Abschlussinterviews wurden mit Smartpens aufgezeichnet. Mit den eingesetzten Fragebögen wurden in einem ersten Teil personenbezogene Angaben der Studierenden und ihre Vorerfahrungen mit Messunsicherheiten im schulischen und universitären Kontext erhoben. Der zweite Teil bestand hauptsächlich aus Selbsteinschätzungen bezüglich der Einstellung der Probanden zum Fach Physik, zu Experimenten und schließlich zu Messunsicherheiten. Die Antworten zum letztgenannten Bereich wurden im Interview für den Einstieg in ein detailliertes Gespräch über Messunsicherheiten genutzt. Zusätzlich konnten in den Gesprächen methodische und inhaltliche Auffälligkeiten der studentischen Arbeiten an den Versuchsberichten hinterfragt und diskutiert werden.

Um Anhaltspunkte zu gewinnen, inwieweit die Teilnehmer der Pilotstudie typische Merkmale der gesamten Kohorte der Studierenden im Praktikum dieses Jahrgangs repräsentieren, wurde am vorletzten Experimentiertag des Praktikums eine um wenige Fragen erweiterte Fassung des Fragebogens der Abschlussinterviews an alle Praktikumsteilnehmer ausgeteilt.

#### 4. Erstes Resümee der Pilotstudie

Hauptziel der Pilotstudie war es, die Eignung eines Erhebungsinstrumentes für eine umfassende und

ökologisch valide Aufnahme studentischer Arbeits- und Lernprozesse während der Erstellung von Versuchsberichten zu Hause zu testen. Dabei kamen Smartpens und Laptops mit Screen Recorder Software zum Einsatz. Da dies die erste Studie war, die sich auf eine derart umfassende Beobachtung der außeruniversitären Arbeitsprozesse von Studierenden fokussierte, konnte auf keinerlei Vorerfahrungen zurückgegriffen werden. Aus diesem Grund wurde ein Studiendesign gewählt in dem zum einen regelmäßig korrigierende Maßnahmen über den gesamten Studienzeitraum hinweg realisierbar waren und zum anderen der Datenverlust auf Grund technischer Probleme so weit wie möglich reduziert werden konnte. Zugleich wurden neben den zahlreichen Daten der Aufnahmegeräte auch Informationen auf Grundlage der persönlichen Aussagen der Studierenden erhoben, die eine zusätzliche Bewertungsdimension des Instruments eröffnen.

Durch die Pilotstudie konnten 18 Versuchsdurchführungen inklusive der Erstellung der zugehörigen Versuchsberichte für sechs Studierendenteams weitestgehend vollständig aufgenommen und einer Analyse zugänglich gemacht werden. Der Datenausfall auf Grund technischer Schwierigkeiten mit den Aufnahmegeräten war äußerst gering und in keinem Fall von solchem Ausmaß, dass ein kompletter Datensatz zu einem Versuch hätte verworfen werden müssen. Aus organisatorischer Perspektive hat sich das Studiendesign als praktikabel erwiesen. Auch die Rückmeldungen der Studienteilnehmer bezüglich der Durchführung waren überwiegend positiv. Insbesondere haben sich die Studierenden in ihrer Arbeit an den Versuchsberichten durch die Nutzung der bereitgestellten Aufnahmegeräte nicht wesentlich eingeschränkt gefühlt. Diese Einschätzung wird auch durch die bisherigen Analysen der Audiodateien unterstützt.

Da die Pilotstudie auf eine möglichst vollständige Erfassung umfassender außeruniversitärer studentischer Arbeits- und Lernprozesse abzielte, folgt aus der erfolgreichen Durchführung auch, dass große Datenvolumina erzeugt wurden. Am Ende der Pilotstudie liegen 249 Seiten Versuchsberichte, ca. 110 Stunden aufgenommenes Videomaterial, ca. 2 Stunden aufgenommene Abschlussinterviews und 109 ausgefüllte Fragebögen vor. Im nächsten Schritt muss dieser Datenpool nach relevanten Inhalten zur Beantwortung der Forschungsfragen gefiltert werden. Erst nach Abschluss dieses Arbeitsschrittes und der anschließenden Analyse des dabei zusammengestellten Materials kann eine finale Einschätzung der Pilotstudie erfolgen. Zum aktuellen Zeitpunkt existieren aber keine Anhaltspunkte dafür, dass die Analyse studentischer Arbeits- und Lernprozesse während der außeruniversitären Erstellung von Versuchsberichten mit dem vorgestellten Studiendesign nicht möglich wäre. Damit kann nach Durchführung der Pilotstudie und einer ersten Sichtung der Daten festgehalten werden, dass das vorgestellte Erhebungsinstrument für eine umfassende valide Erfassung studentischer Arbeits- und Lernprozesse zu Hause zum jetzigen Zeitpunkt geeignet erscheint.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Erforschung des studentischen Erwerbs experimenteller Kompetenzen in Physikpraktika ist für die Weiterentwicklung und Verbesserung dieser Lehrveranstaltungen von besonderer Bedeutung [2]. Dies gilt auch für den Umgang Studierender mit Messunsicherheiten und ihr Verständnis über diese wichtige Thematik. Aktuell schaffen es viele Studierende durch die Teilnahme an traditionellen Physikpraktika nicht, ein adäquates Verständnis über Messunsicherheiten aufzubauen [3, 4, 5]. Um Praktikumslehrgänge diesbezüglich lernwirksamer gestalten zu können, ist detailliertes Wissen über studentische Arbeits- und Lernprozesse zum Thema Messunsicherheiten notwendig. An dieser Stelle offenbart sich aber eine Lücke in vorliegenden Forschungsarbeiten: Die Phase, in der sich Studierende am längsten und intensivsten mit Messunsicherheiten auseinandersetzen, ist die Auswertungsphase während der Erstellung ihrer Versuchsberichte zu Hause. Gerade diese Phase wurde aber bisher nicht umfassend und ökologisch valide untersucht.

Im vorliegenden Beitrag wurde eine Pilotstudie vorgestellt, mit der ein Erhebungsinstrument zur Erfassung außeruniversitärer studentischer Arbeits- und Lernprozesse getestet wurde. Die Studie wurde im Physikpraktikum für Studierende der Biologie und Biotechnologie an der RWTH Aachen mit 12 Studierenden durchgeführt, die in 6 Zweiertteams gearbeitet haben. Dabei wurden die Arbeits- und Lernprozesse jedes Teams mit einem Smartpen und einem Laptop mit vorinstallierter Screen Recorder Software aufgezeichnet. Im Fokus der Studie stand hierbei die von den teilnehmenden Studierendenteams im Praktikumsalltag durchgeführte, selbstgesteuerte Aufnahme von jeweils drei Experimentiertagen und den zugehörigen Prozessen der Versuchsberichterstellung zu Hause.

Nach Abschluss der Studie und erster Sichtung der erhobenen Daten deuten alle vorläufigen Auswertungen darauf hin, dass sich das vorgestellte Erhebungsinstrument für die Aufnahme von außeruniversitären studentischen Arbeits- und Lernprozessen eignet. Insgesamt konnten 18 Praktikumsversuche nahezu vollständig aufgenommen und einer Analyse zugänglich gemacht werden. Die gesammelten Erfahrungen und die Rückmeldungen der Studierenden erlauben, das gewählte Studiendesign als praxistauglich zu bewerten. Welche Rückschlüsse aus den Daten auf die Lernprozesse der Studierenden zum Thema Messunsicherheiten gezogen werden können ist Gegenstand der weiteren Auswertung. Dabei stützen aber alle bisherigen Analysen die prinzipielle Einschätzung, dass sich aus den aufgenommenen Daten Rückschlüsse auf die Lernprozesse ziehen lassen.

Nachdem alle bisherigen Auswertungen der Pilotstudie andeuten, dass ein geeignetes Erhebungsinstrument gefunden wurde, um die bisher unerforschte Arbeitsphase der Studierenden zu Hause untersuchen zu können, ist für das WS 2016/17 eine

Folgestudie mit gleichen Aufnahmegegeräten geplant. Der Untersuchungsgegenstand dieser Studie soll dann auf die Erforschung des studentischen Umgangs mit Messunsicherheiten in graphischen Auswertungen konkretisiert werden.

## 6. Literatur

- [1] Hucke, Lorenz (2000): Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Berlin: Logos
- [2] Psillos, Dimitris; Niedderer, Hans (2003): Teaching and Learning in the Science Laboratory. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- [3] Heinicke, Susanne (2012): Aus Fehlern wird man klug. Berlin: Logos
- [4] Séré, Marie-Geneviève; Journeaux, Roger; Larcher, Claudine (1993): Learning the statistical analysis of measurement errors. In: International Journal of Science Education, 15, 4, 427-438
- [5] Lippmann Kung, Rebecca (2005): Teaching the concepts of measurement: An example of concept-based laboratory course. In: American Journal of Physics, 73, 8, 771-777
- [6] Buffler, Andy; Allie, Saalih; Lubben, Fred (2001): The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. In: International Journal of Science Education, 23, 11, 1137-1156
- [7] Allie, Saalih; Buffler, Andy; Campbell, Bob; Lubben, Fred; Evangelinos, Dimitris; Psillos, Dimitris; Valassiades, Odysseas (2003): Teaching Measurement in the Introductory Physics Laboratory. In: The Physics Teacher, 41, 23-30
- [8] Abbott, David Scot (2003): Assessing student understanding of measurement and uncertainty. Dissertation, North Carolina State University.
- [9] Hamacher, John; Erkelenz, Jan; Heinke, Heidrun (2015): Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen - Entwicklung von Lehrvideos zum Umgang mit Messdaten für Physikpraktika. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung
- [10] Hamacher, John; Erkelenz, Jan; Heinke, Heidrun (in Druck): Using Videos to Develop an Understanding of Measurement Uncertainties. In: Multimedia in Physics Teaching and Learning, MPTL 2015
- [11] Hamacher, John; Erkelenz, Jan; Heinke, Heidrun (2016): Lehrvideos zum Umgang mit Messdaten. In: Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015, 527-529