

Messunsicherheiten in graphischen Auswertungen

Studie zum Umgang mit Messunsicherheiten in der Auswertephase von Physikpraktika

Ein zentrales Ziel physikalischer Praktika an Universitäten besteht in der Vermittlung experimenteller Kompetenzen an Studierende (Psillos & Niederrerr, 2003). Dabei ist der adäquate und verständnisgeleitete Umgang mit Messunsicherheiten als eine der wichtigsten Kompetenzen im Bereich der Auswertung von Experimenten zu identifizieren (Heinicke, 2012). Im Unterschied zu vielen anderen experimentellen Kompetenzen eignen sich Studierende jedoch ein vertieftes Verständnis von Messunsicherheiten nicht primär in der Phase der Versuchsdurchführung an der Universität an, sondern vor allem in der sich daran anschließenden Datenanalyse und beim Erstellen der Versuchsberichte außerhalb der universitären Praktikumsräume. Allerdings offenbaren mehrere Studien, dass viele Studierende große Schwierigkeiten und Verständnisprobleme bei der adäquaten Berücksichtigung von Messunsicherheiten in ihren Datenauswertungen besitzen (Séré et al., 1993; Lippmann Kung, 2005; Heinicke, 2012). Dadurch ergibt sich meistens sowohl für die Studierenden als auch für die Lehrenden in den Praktika eine unbefriedigende Situation: Viele der eingereichten Versuchsberichte sind zum einen unter einem unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand entstanden, beinhalten zum anderen aber häufig auch qualitativ unzureichende Datenauswertungen und müssen deshalb in vielen Fällen überarbeitet werden. Von dieser Problematik sind insbesondere auch physikalische Nebenfachpraktika betroffen. Hier mangelt es vielen Studierenden nicht nur an den notwendigen mathematischen und physikalischen Vorkenntnissen, sondern oft auch an der Motivation, um sich angemessen mit Messunsicherheiten auseinanderzusetzen (Hamacher et al., 2015).

Um diesem Missstand effektiv entgegenwirken zu können ist eine detaillierte Analyse der in der Regel zu Hause stattfindenden Arbeits- und Lernprozesse der Studierenden zum Thema Messunsicherheiten während der Erstellung von Versuchsberichten notwendig. In Hamacher et al. (eingereicht) wurde ein Erhebungsinstrument vorgestellt, mit dem auch die Phase der Auswertung zu Hause ökologisch valide erfasst und einer Analyse zugänglich gemacht werden konnte. Dabei kamen in den teilnehmenden Teams von je zwei Studierenden jeweils ein Smartpen und ein Laptop mit vorinstallierter Screen Recorder Software zum Einsatz. Die Testung des Instrumentes wurde im Rahmen einer Pilotstudie im Wintersemester 2015/16 im physikalischen Praktikum für Studierende der Biologie und Biotechnologie an der RWTH Aachen durchgeführt. Dabei führten sechs studentische Zweiertteams alle ihre Arbeitsprozesse zu jeweils drei Praktikumsversuchen vollständig unter Nutzung der bereitgestellten Aufnahmegeräte durch. Insgesamt konnten so 18 nachvollziehbare Erstellungsprozesse von Versuchsberichten aufgezeichnet werden. Im Folgenden wird das Verfahren zur Analyse des Datenmaterials vorgestellt.

Fokussierung auf Analyse von Messunsicherheiten in graphischen Auswertungen

Als zentrale Aufnahmegeräte der Pilotstudie dienten ein Laptop, auf dem neben einem Office-Paket auch eine Screen Recorder Software installiert war, und ein Smartpen. Durch die Kombination dieser beiden Geräte war es möglich neben dem Tipp- und Klick-Verhalten der Studierenden am Laptop auch ihre handschriftlichen Arbeiten auf Papier sowie ihre verbale Kommunikation digital aufzuzeichnen. Dabei liefern sowohl die Screen Recorder Software als auch der Smartpen audiovisuelle Dateien in Form von Videos und Audioaufnahmen als analysierbares Rohmaterial (linker Teil Abb. 1). Da nach unserem Kenntnisstand mit der detail-

lierten Erfassung der Arbeitsprozesse von Studierenden während der Erstellung von Versuchsberichten zu Hause Neuland betreten wurde, musste ein geeignetes Verfahren entwickelt werden, um das umfangreiche Datenmaterial effektiv auszuwerten. Besonders vielversprechend erschien dabei die Fokussierung der Auswertung auf die Untersuchung des Umgangs der Studierenden mit Messunsicherheiten in graphischen Auswertungen, was im Folgenden begründet wird.

Die Durchführung graphischer Auswertungen mittels der Erstellung und Interpretation von Diagrammen stellt eine Kernkompetenz wissenschaftlichen Arbeitens dar. So können beispielsweise durch Diagramme große Datenmengen übersichtlich dargestellt und einer visuellen Bewertung zugänglich gemacht werden (Beichner, 1994). Weiterhin dienen sie auch als zentrales Medium wissenschaftlicher Kommunikation weltweit (Nixon et al., 2016). Zusätzlich ist der Einbezug von Messunsicherheiten in Diagramme durch die Nutzung von Fehlerbalken einfach realisierbar, und ihre Verwendung stellt eine Norm in allen physikalischen Fachbereichen dar. Entsprechend der Bedeutung von graphischen Auswertungen und Diagrammen in den Naturwissenschaften allgemein sollen auch Studierende in physikalischen Nebenfachpraktika Kompetenzen im Bereich der Diagrammerstellung und -interpretation erwerben respektive ausbauen. Infolgedessen werden regelmäßig graphische Auswertungen inklusive der Berücksichtigung von Messunsicherheiten in den studentischen Versuchsauswertungen verlangt.

Für die durchzuführenden Auswertungen wird davon ausgegangen, dass der Umgang der Studierenden mit Messunsicherheiten in Diagrammen einen guten Indikator für ihren Umgang mit Messunsicherheiten im Allgemeinen darstellt. Diese Annahme stützt sich auf die Tatsache, dass Fehlerbalken graphische Repräsentationen von Messunsicherheiten darstellen, für deren Erstellung somit (zumindest partiell) auf das gleiche theoretische Hintergrundwissen zurückgegriffen werden muss wie bei der Ermittlung von Messunsicherheiten im Allgemeinen.

Darüber hinaus ist uns keine Studie bekannt, in der primär der Einbezug von Messunsicherheiten in die Arbeits- und Lernprozesse bei der Erstellung von Diagrammen mit physikalischem Kontext untersucht wurde. Auch diese Forschungslücke soll durch die vorliegende Arbeit ein Stück weit geschlossen werden.

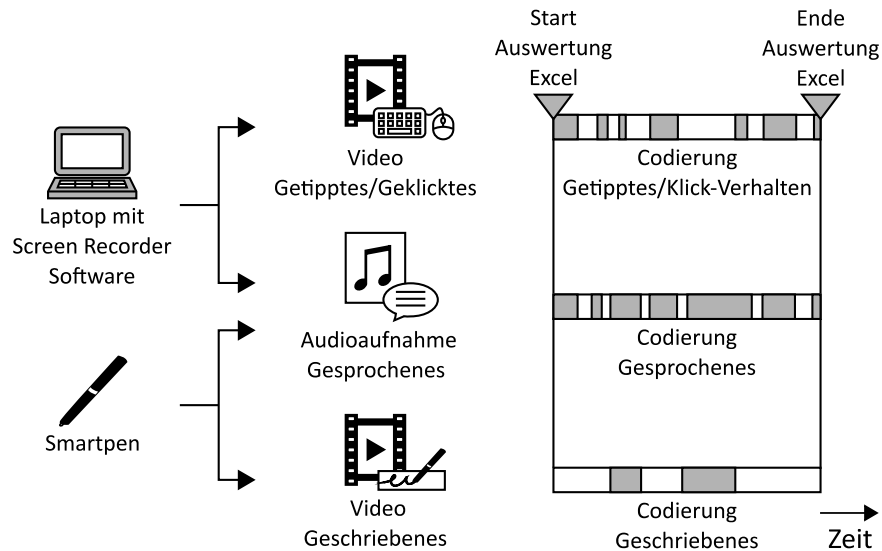


Abb. 1: Aufnahmegерäte der Pilotstudie und aus ihnen gewonnene digitale Daten, die zeitlich synchronisiert und ausgewertet werden können.

Methodik zur Analyse graphischer Auswerteprozesse

Die vorgenommene Fokussierung auf die Untersuchung graphischer Auswertungen mit Messunsicherheiten bot die Möglichkeit einer arbeitsökonomischen Gestaltung der Analyse des umfangreichen Datenmaterials: Diagramme mit Fehlerbalken sind in Versuchsberichten optisch eindeutig und leicht zu identifizierende Elemente. Eine Durchsicht der von den Studierenden abgegebenen Versuchsberichte ermöglicht somit eine schnelle Identifikation von Diagrammen, deren Erstellungsprozesse ausgewertet werden sollen, da das Vorliegen von Fehlerbalken in Diagrammen voraussetzt, dass sich die Studierenden vor oder während der Diagrammerstellung mit Messunsicherheiten auseinandergesetzt haben.

Nach der Identifikation dieser relevanten Diagramme können in den Videos die zugehörigen Zeitintervalle für die Erstellungsprozesse eingegrenzt werden. Da fast alle Studierendenteams ihre Diagramme am Laptop mit Microsoft Excel erstellt haben, beschränkte sich die Suche nach den Erstellungsprozessen der Diagramme für alle Teams bis auf eines vollständig auf eine Durchsicht der Screen Recorder Videos. Nachdem Start- und Endzeitpunkt einer Datenauswertung mit Excel bestimmt sind, können die Prozesse der zugehörigen Diagrammerstellung mit der Software Videograph eventbasiert codiert, transkribiert und analysiert werden (rechter Teil Abb. 1). Dabei sind verschiedene Auswertansätze sinnvoll:

In einem ersten Schritt ist es möglich die Oberflächenmerkmale der Diagrammerstellung ausschließlich anhand des Tipp- und Klick-Verhaltens in Microsoft Excel zu untersuchen. So können beispielsweise die zeitliche Dauer einer Diagrammerstellung, die Reihenfolge der durchgeführten Arbeitsschritte oder verworfene Ansätze der Auswertung bei der Erstellung der Diagramme ermittelt werden. Mit diesen Informationen ist es bereits möglich grundlegende Unterschiede in den Arbeitsweisen der verschiedenen Studierendenteams offenzulegen, die z.B. durch Arbeitsprozessdiagramme veranschaulicht werden können.

Eine zusätzliche Berücksichtigung der verbalen Kommunikation der Studierenden untereinander erlaubt zudem eine Bewertung der Qualität der Arbeitsprozesse. So können in der Regel aus den Kommentaren der Studierenden Antworten beispielsweise auf folgende wichtige Fragen gefunden werden: Warum wurde der gewählte Analyseansatz ausgewählt? Sind die Studierenden von der Korrektheit ihres gewählten Analyseansatzes überzeugt? Welche Bedeutung haben Messunsicherheiten für das ermittelte Endergebnis? Besitzen die Studierenden fehlerhafte Präkonzepte über Messunsicherheiten? Ohne die Berücksichtigung der verbalen Kommunikation wäre eine Beantwortung der meisten dieser Fragen nicht möglich.

Um darüber hinaus detailliertere Informationen aus der Kommunikation der Studierenden zu gewinnen, werden ihre Aussagen in einem nächsten Schritt einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen, die wiederkehrende Argumentationen und Fehlvorstellungen in und zwischen den einzelnen Gruppen offenlegen kann.

Fazit und Ausblick

Es wurde ein Erhebungsinstrument entwickelt und erprobt, dass es ermöglicht, studentische Arbeitsprozesse während der Erstellung von Versuchsberichten zu Hause umfassend aufzuzeichnen (Hamacher et al., eingereicht). Im Fokus des Interesses steht dabei der Umgang der Studierenden mit Messunsicherheiten. Hierzu wird mit Smartpens und Laptops mit vorinstallierter Screen Recorder Software umfangreiches Datenmaterial erhoben, das vor dem Hintergrund des Forschungsinteresses am Umgang mit Messunsicherheiten anhand von Diagrammen mit Fehlerbalken sehr effektiv eingegrenzt und detaillierter analysiert werden kann. Nach Durchführung der Pilotstudie stehen nun sowohl ein geeignetes Erhebungsinstrument als auch eine geeignete Auswertemethodik zur Analyse des studentischen Umgangs mit Messunsicherheiten während der Erstellung von Versuchsberichten zur Verfügung. Im Wintersemester 2016/17 folgt die Hauptstudie in einem ähnlichen Studiendesign mit modifizierten Versuchsinhalten.

Literatur

- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematic graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-762
- Hamacher, J., Erkelenz, J., & Heinke, H. (2015). Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen. In: Nordmeier, V., & Grötzebauch H. (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Wuppertal*
- Hamacher, J., & Heinke, H. (eingereicht). Analyse studentischer Lernprozesse zu Messunsicherheiten im Physikpraktikum. In: Nordmeier, V., & Grötzebauch H. (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Hannover*
- Heinicke, S. (2012). *Aus Fehlern wird man klug. Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des "Messfehlers"*. Berlin: Logos Verlag
- Lippmann-Kung, R. (2005). Teaching the concepts of measurement: An example of a concept-based laboratory course. In: *American Journal of Physics*, 73(8)
- Nixon, R. S., Godfrey, T. J., Mayhew, N., T., & Wiegert, C. C. (2016). Undergraduate student construction and interpretation of graphs in physics lab activities. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 010104
- Psillos, D., & Niederrerr, H. (2003). *Teaching and Learning in the Science Laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher
- Séré, M., Journeaux, R., & Larcher, C. (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. In: *International Journal of Science Education*, 15(4)