

Empirisch gestützte Entwicklung von Lerneinheiten zum Umgang mit Multimetern

Mesut Ibrahim Tastekin, Simon Goertz, Heidrun Heinke

RWTH Aachen University
mesut.ibrahim.tastekin@rwth-aachen.de, simon.goertz@physik.rwth-aachen.de,
heinke@physik.rwth-aachen.de

Kurzfassung

Im Rahmen der Plattform FLeXKom werden an der RWTH Aachen University Unterrichtsmaterialien zum Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen entwickelt. Dabei wurden auch zwei Module konzipiert, die den Umgang mit Multimetern thematisieren. Um einen detaillierten Einblick in die diesbezüglichen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern und typische Schwierigkeiten bei der Nutzung von Multimetern zu erlangen, wurden umfangreiche Daten aus virtuellen Experimenten zu elektrischen Schaltungen analysiert. Diese Daten stammen aus dem Test zur Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments (MeK-LSA) von H. Theyßen et al., in dem der Aufbau eines Experiments eine von acht getesteten Kompetenzen ist. Mittels 101 Testdatensätzen konnten verschiedene Fehler im Umgang mit Multimetern aufgefunden werden, die gehäuft bei den Schülerinnen und Schülern aufgetreten sind. Diese Ergebnisse bildeten die Grundlage für die Entwicklung von zwei Modulen, in denen separat darauf fokussiert wird, wie Ampere- und Voltmeter in einen elektrischen Schaltkreis integriert bzw. eingestellt werden müssen. Neben den Ergebnissen der Analyse der MeK-LSA-Daten werden auch die konzipierten Module mit ihren Experimentieraufgaben und erste Ergebnisse ihrer Evaluierung vorgestellt.

1. Einleitung

Ausgehend von Alltagserfahrungen und Vorstellungen sollen Schülerinnen und Schülern¹ naturwissenschaftliche Denk- und Handlungsweisen (prozessbezogene Kompetenzen) durch Behandlung konkreter Fachinhalte (kontextbezogene Kompetenzen) vermittelt werden. SuS sollen am Ende ihrer Schullaufbahn eine naturwissenschaftliche Bildung aufweisen, die von der Kultusministerkonferenz (KMK) als Bestandteil der Allgemeinbildung angesehen wird. Diese sei nicht nur im Alltag nötig, sondern soll auch als Grundlage für den weiteren Bildungsweg und für technische Berufe dienen. Beispielhaft gehören hierzu eine analytische und rationale Weltanschauung und die Fähigkeit zur Meinungsbildung zu naturwissenschaftlichen Entdeckungen sowie zur Teilnahme an gesellschaftlichen Diskussionen zu deren Anwendungsmöglichkeiten [1]. Zu den prozessbezogenen Kompetenzen, welche von Wissenschaftlern zur Gewinnung von Erkenntnissen genutzt werden, gehört auch das Experimentieren. Auch deshalb wird den Experimenten, insbesondere Schülerexperimenten, eine besondere Rolle im Physikunterricht zugeschrieben [2].

Zur Förderung der experimentellen Kompetenzen wurde von Goertz et al. eine Plattform namens FLeXKom (Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen) konzipiert und realisiert, welche

Physik-Lehrkräften modular aufgebaute Unterrichtsmaterialien bereitstellt² [3].

2. FLeXKom

2.1. Das Kompetenzmodell der Plattform FLeXKom

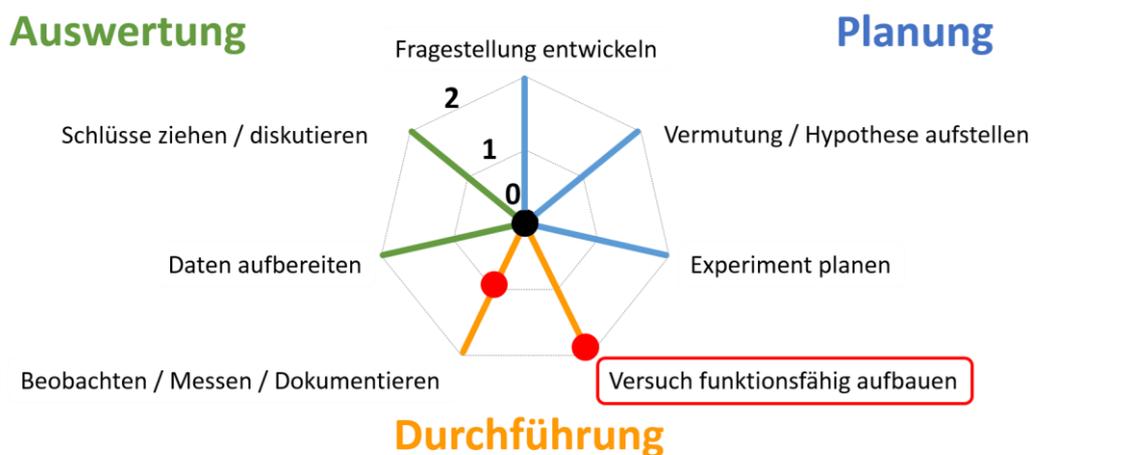
In Anlehnung an bereits existierende Kompetenzmodelle für das Experimentieren (eXkomp-Modell [4] und Kompetenzspinnen [5]) wurde das FLeXKom-Modell entwickelt. Dieses besteht aus zwei Ebenen und hat die Funktion, Lehrkräften anschaulich darzustellen, welche experimentellen Kompetenzen durch das jeweils entwickelte Modul vermittelt oder gestärkt werden können.

In der übergeordneten Ebene werden den drei farblich codierten Experimentierphasen „Planung“, „Durchführung“ und „Auswertung“ insgesamt sieben Teilkompetenzen zugeordnet, welche in Form eines Spinnennetzmodells [6] aufbereitet sind.

Durch rote Punkte auf den Armen der Spinnen wird die Relevanz einer experimentellen Teilkompetenz eines Moduls dargestellt. Die Skala umfasst die Stufen 0 bis 2 und unterscheidet (in genannter Reihenfolge) zwischen „nicht thematisiert“, „bedeutungsvoll“ und „Schwerpunkt“.

¹ Im Folgenden wird der Ausdruck „Schülerinnen und Schüler“ durch die Abkürzung „SuS“ ersetzt.

² verfügbar unter <http://www.sciphylab.de/flexkom>



Angelehnt an das Modell des Hamburger Schulversuchs



Abb.1: Übergeordnete Kompetenzspinne des FLeXKom-Modells beispielhaft für das Modul „Elektronischer Versuchsaufbau“. Die experimentellen Kompetenzen sind in der übergeordneten Ansicht den drei Experimentierphasen farblich zugeordnet.

Jedem Modul bei FLeXKom wird genau ein Schwerpunkt zugeordnet, welcher in der übergeordneten Kompetenzspinne zusätzlich mit rot umrahmt wird.

Das Beispiel in Abb.1 zeigt die Relevanz der Kompetenzen des Moduls „Elektronischer Versuchsaufbau“, bei welchem Multimeter in einen Stromkreis integriert werden sollen. Näheres zu diesem Modul folgt in Abschnitt 5. Der Schwerpunkt dieses Moduls liegt in der Teilkompetenz „Versuch funktionsfähig aufbauen“. Weiterhin ist die Fähigkeit „Beobachten/ Messen/ Dokumentieren“ von Bedeutung.

Bei der zweiten Ebene handelt es sich um eine weiter ausdifferenzierte Sicht, mit der die Zuordnung

der Module zu verschiedenen Aspekten experimenteller Kompetenz detaillierter erfolgen soll (vgl. Abb. 2). Diese Zuordnung wird durch ein weiteres Spinnennetzmodell zu jeder der drei Experimentierphasen erreicht. Da in Abb. 2 der Schwerpunkt in „Versuch funktionsfähig aufbauen“ liegt und diese Kompetenz zur Durchführung gehört (gelber Arm des Spinnennetzes in Abb. 1), wird daher die Durchführungsphase in Abb. 2 detaillierter betrachtet.

Die zwei übergeordneten Fertigkeiten dieser Phase aus Abb. 1 werden in der ausdifferenzierten Kompetenzspinne in Abb. 2 in unterschiedlichen Gelbtönen

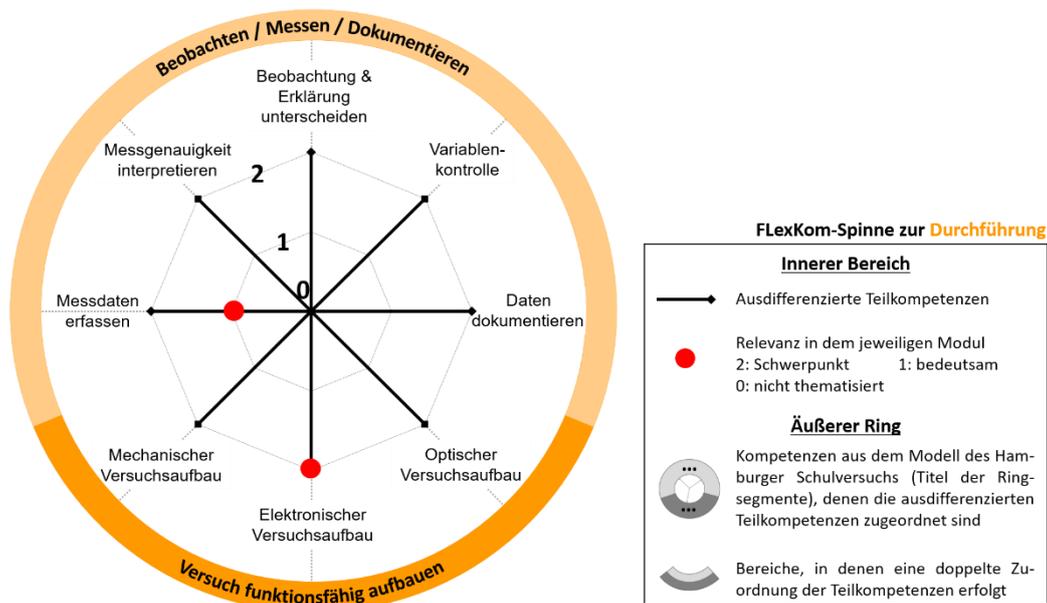


Abb. 2: Ausdifferenzierte FLeXkom-Spinne zur Durchführungsphase am Beispiel des Moduls „Elektronischer Versuchsaufbau“.

auf einem äußeren Ring aufgetragen. Auf diese Weise können detailliertere Kompetenzen den übergeordneten Kompetenzbereichen zugeordnet werden. Nicht eindeutig zu übergeordneten Fertigkeiten zurechenbare Kompetenzen würden durch Überlappungen der äußeren Ringe gekennzeichnet werden, was bei der Durchführung von Experimenten aber nicht auftritt.

2.2. Das Konzept der Plattform FLexKom

Die Plattform FLexKom ist eine webbasierte Plattform, welche Unterrichtsmaterialien in Form von Modulen zur Förderung sowie zum Lernen von experimentellen Kompetenzen bereitstellt. Jedes Modul umfasst ein Arbeitsblatt sowie eine Lehrerhandreichung mit Erläuterungen zum Einsatz und zu den Lernzielen des jeweiligen Moduls. Diese Materialien werden sowohl im pdf-Format als auch in einer leicht editierbaren Version (Word-Dokument) angeboten.

Entwickelte Module können mehrheitlich flexibel zu Lernzirkeln kombiniert werden. Die Module bilden in diesem Fall die Stationen des Lernzirkels. Dabei können die Bearbeitungszeit oder Differenzierungsaspekte variiert werden. Alternativ können alle Module auch außerhalb von Lernzirkeln z.B. als singuläre Schülerexperimente oder als Demonstrationsexperimente eingesetzt werden. [3] Viele Module bzw. Stationen sind so konzipiert, dass sie für SuS ab der siebten Klasse geeignet sind.

Die Lernzirkel können für maximal 30 SuS in einer Unterrichtsstunde von mindestens 45 Minuten eingesetzt werden. Eine Möglichkeit der Durchführung ist es, fünf Stationen je zwei Mal vorzubereiten, sodass 30 SuS bei einer Arbeit in Kleingruppen von drei SuS ihre experimentellen Kompetenzen stärken können. Bei einer 45-minütigen Unterrichtsstunde ergibt sich für jede Station eine Bearbeitungszeit von acht Minuten, wenn für das Wechseln der Stationen je eine Minute eingeplant wird. Bei Schulen mit längeren Unterrichtsstunden können Lehrkräfte die Bearbeitungszeit der Stationen entsprechend erhöhen. Es sind zudem häufig Zusatzaufgaben angegeben, sodass die Lehrkraft differenzierend die Materialien einsetzen kann.

Die Materialien für die Stationen werden Schulen im Raum Aachen für eine Ausleihe durch die RWTH Aachen kostenfrei zur Verfügung gestellt. Die Lehrpersonen können aber genauso auch die Module mit vorhandenen Versuchsmaterialien einsetzen und nur die Arbeitsblätter oder ggfs. Bauanleitungen für Versuchsaufbauten der Plattform nutzen.

Die Module werden ausgehend von bekannten SuS-Vorstellungen konzipiert, um daran anzuknüpfen. Bei den Modulen zur Handhabung von Multimetern wurden in der Literatur keine konkreten Vorstellungen gefunden, weswegen ein neuer Weg eingeschlagen wurde. Dabei wurde genau untersucht, was häufige SuS-Probleme sind, wenn sie typische Mul-

timeter für Schülerversuche in Stromkreise einbauen und für Messungen der Spannung und Stromstärke nutzen sollen. Um ein möglichst großes Bild von Fehlkonzepten bezüglich der Multimeternutzung zu erhalten, wurden Daten des MeK-LSA-Tests (für **Messung experimenteller Kompetenz in Large-Scale-Assessments**) analysiert, der im Folgenden erläutert wird.

3. MeK-LSA-Test

Da experimentelle Kompetenzen im Bildungsmonitoring nur unvollständig überprüft werden, haben sich Theyßen et al. [2] der Aufgabe gewidmet, einen Test zu entwickeln, der in Schulleistungsstudien (wie TIMSS, PISA o.ä.) zur Messung experimenteller Kompetenz in Large-Scale-Assessments (MeK-LSA) genutzt werden kann. Motiviert wurden sie dadurch, dass mit vorliegenden Untersuchungen zur Erfassung experimenteller Kompetenzen Schülerfertigkeiten, die für die Durchführung von Experimenten nötig sind, nicht abgedeckt werden. Darüber hinaus sollen mit diesem Test nicht allgemeine Problemlösekompetenzen analysiert, sondern die zur Lösung von physikalischen Fragestellungen und dabei vor allem nötige experimentelle Fähigkeiten herausgestellt werden.

„Zielgruppe sind Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe I. [...] Der Test ist vollständig am Bildschirm zu bearbeiten (on-screen-Test) und enthält anstelle von Realexperimenten interaktive Simulationen [...] zum Aufbau von Experimenten [...] sowie zur Durchführung von Messungen.“ [2]. Dabei decken die Simulationen Themen aus den Bereichen Elektrizitätslehre, Mechanik und Optik ab und erstrecken sich zusätzlich auch über die Phasen der Planung und Auswertung der Experimente.

Zu jedem Themenbereich existieren je vier Testaufgaben (Units), die wiederum aus sechs aufeinander aufbauenden Teilaufgaben (Items) bestehen. „Bei jedem neuen Item wird eine Zwischenlösung angegeben, mit der die Probandin oder der Proband weiterarbeiten soll.“ [2]

Da hier der Umgang mit Multimetern untersucht werden soll, wird eine Unit zur Elektrizitätslehre im nächsten Abschnitt ausführlicher erläutert.

3.1. Unit zur Elektrizitätslehre

In der ersten Unit zur Elektrizitätslehre (E1) sollen die SuS die Strom-Spannungs-Kennlinie einer Glühlampe aufnehmen und im Anschluss daran die Hypothese überprüfen, ob eine Proportionalität zwischen den beiden Größen vorliegt. Zu Beginn wird ein Aufgabenstamm angezeigt, der das Ziel der Testaufgabe, fachliche Informationen und Erklärungen dazu enthält.

Im ersten und zweiten Item, welche zur Planung gehören, ist es die Aufgabe der SuS, die Grundidee eines Experiments zu skizzieren und einen Versuchsplan zu entwerfen. Dies bedeutet, dass nach Auswahl der nötigen Materialien aus einer Material-

box per Drag-and-Drop eine Schaltskizze erstellt und eine kurze Beschreibung des Vorgehens durchgeführt werden soll. Nach Drücken auf „Weiter“ werden Zwischenlösungen eines fiktiven Schülerpaars (Alina und Bodo) zu dem vorherigen Item angezeigt, um Folgefehlern und einem Abbruch der Bearbeitung vorzubeugen. Daraufhin soll der Versuch unter Berücksichtigung einer Schaltskizze mit den Materialien aufgebaut und getestet werden. Dieses Testitem wird somit umfangreiches Datenmaterial zum Umgang der SuS mit Multimetern generieren, das hier relevant ist. Im MeK-LSA-Test soll im folgenden Item anhand eines fertigen Aufbaus eine Messung durchgeführt werden, wobei die Spannung am Netzgerät variiert und dabei die Stromstärke am Multimeter abgelesen werden soll. Falls dies den SuS nicht gelingen sollte, können sie in nachfolgenden Testitems vorgegebene Daten auswerten und Schlüsse ziehen.

4. Schülerschwierigkeiten im Umgang mit Multimetern

4.1. Analyse der MeK-LSA-Datensätze

Aufgenommene Daten zur Testunit E1 des MeK-LSA-Tests liefern umfangreiches Datenmaterial, das detaillierte Einblicke in die experimentellen Fähigkeiten von SuS der Sekundarstufe I im Bereich der Elektrizitätslehre eröffnet. Damit können typische Handlungen/Fehler von SuS bei der Planung, Durchführung und Auswertung einfacher Experimente mit elektrischen Stromkreisen erfasst und kategorisiert werden. Dies erlaubt, sehr zielgerichtet Module für die Plattform FLeXKom zu entwickeln, die passgenau die detektierten experimentellen Probleme der SuS adressieren.

Daher wurde ein Datensatz von 101 SuS, der von H. Theyßen zur Verfügung gestellt wurde, nach einem selbst entwickelten Kodiermanual eigenständig ausgewertet. Die Auswertung der Daten erfolgt mit Software-Tools, die von Theyßen et al. speziell für die Analyse von MeK-LSA-Daten konzipiert wurden. Dabei werden die Zustände der interaktiven Simulation, Zeichnungen und Diagramme einer jeden Probandin bzw. eines jeden Probanden aus den Datenbankeinträgen mit Zeitstempeln auf dem Bildschirm rekonstruiert.

Das Ziel der hier vorgestellten Untersuchung war es, mögliche Probleme der SuS beim Umgang mit Messgeräten und speziell mit Multimetern zu identifizieren und zu quantifizieren. Für die Analyse wurde jeweils der Versuchsaufbau beim letzten Zeitstempel des Testitems zum Versuchsaufbau zur Beurteilung herangezogen. Welche Funktion ein Multimeter im Stromkreis erfüllen soll, wird an den belegten Anschlüssen des Multimeters festgelegt.

4.2. Erkenntnisse zum Umgang mit Multimetern

In einem ersten Durchgang der Datensätze wurden häufig auftretende Fehler der SuS notiert und daraufhin Kategorien gebildet (induktive Kategorien-

bildung nach Mayring [7]). Folgende Kategorien haben sich ergeben:

- a) Vergessen des Einschaltens bzw. falsche Auswahl der zu messenden Größe,
- b) Serienschaltung des Voltmeters,
- c) Parallelschaltung des Amperemeters,
- d) Anschließen der Multimeter über die Anschlüsse „A“ oder „V“,
- e) Anschließen beider Kabel eines Multimeters entweder an „A“, „V“ oder „COM“,
- f) Verschalten eines Multimeters mit nur einem Kabel,
- g) Belegung aller drei Buchsen eines Multimeters,

Alle gefundenen Fehler bei der Verschaltung und Bedienung von Multimetern konnten einer der Kategorien a) bis g) zugeordnet werden.

Um die Objektivität der Kodierungen zu überprüfen, wurde eine Mehrfachkodierung von mindestens 10% der Daten von zwei Interratern durchgeführt. Im Anschluss an das Interrating wurde Cohens Kappa κ zur Übereinstimmung der Beurteiler berechnet [8]. Das Interrating mit dem ersten Interrater liefert ein $\kappa_1 = 0,89$, welches auf eine sehr hohe Übereinstimmung hinweist. $\kappa_2 = 0,49$ deutet auf eine mäßige bis gute Übereinstimmung hin [9].

In den analysierten Datensätzen der 101 SuS wurden insgesamt 160 Fehler gefunden, die bei der Verschaltung und Bedienung von Multimetern auftraten. Dies wird im Weiteren als Referenz für die Berechnung der relativen Häufigkeiten verschiedener Fehlertypen verwendet.

Aufbauend auf den oben dargestellten Fehlertypen können die von den SuS erstellten virtuellen Versuchsaufbauten auch insgesamt auf ihre Korrektheit bewertet werden. Dabei wird bei der Bewertung zwischen „richtig“, „teilweise richtig“ oder „fehlerhaft“ unterschieden. Ein Aufbau ist „richtig“, wenn er keine Fehler a) bis g) aufweist, „teilweise richtig“, falls nur einer der obigen Fehler auftritt. Bei zwei und mehr Fehlern gilt der Aufbau als „fehlerhaft“.

Bei der Analyse der 101 Testdatensätze wurde gefunden, dass neun Datensätze keinen Ansatz zur Verschaltung der Multimeter aufweisen. 51 SuS haben einen im oben dargestellten Sinn fehlerhaften Aufbau (50%) erzeugt, während der Aufbau von 22 SuS als teilweise richtig bewertet wurde (22%). Die restlichen 19 Aufbauten weisen keine Fehler auf (19%). Dies belegt deutlich den Bedarf an speziellen Unterrichtsmaterialien zur Förderung der richtigen Handhabung von Multimetern.

Abb. 3 visualisiert die erhaltenen Ergebnisse zur Aufteilung der gefundenen Fehler auf die beschriebenen Kategorien. Demnach bilden das Vergessen des Einschaltens der Multimeter bzw. die falsche Auswahl der zu messenden Größe durch den Drehschalter am Multimeter die am häufigsten beobach-

tete Fehlerkategorie, die etwa ein Viertel aller Fehler ausmachen. Ebenfalls häufig haben die SuS das Voltmeter in Reihe zu einem Bauteil geschaltet oder das Multimeter über die Anschlüsse „A“ und „V“ angeschlossen. Letzteres bedeutet, dass die Kabel z.B. statt an die „A“- und „COM“-Buchsen an die „A“- und „V“- Buchsen gesteckt wurden. In 12% der Fehlerfälle wurden beide Kabel eines Multimeters an eine Buchse angeschlossen, d.h. zur Messung der Stromstärke wurden beide nötigen Kabelverbindungen an die „A“-Buchse gesteckt.

Nur kleine Anteile der genannten Fehlerkategorien bilden das Integrieren eines Multimeters in den Stromkreis mit nur einem Kabel (6%), die Parallelschaltung von Amperemetern (6%) und die Belegung aller drei Buchsen (3%).

cher Messbereich über den Drehschalter einzustellen ist. Im Folgenden wird beispielhaft das Modul vorgestellt, in dem die Verschaltung von Multimetern im Stromkreis thematisiert wird. Die konkreten Lernziele dieses Moduls lauten:

Die Schülerinnen und Schüler...

- ... erklären, wie ein Amperemeter in einen Stromkreis integriert wird und führen dies selbst durch.
- ... erklären, wie ein Voltmeter in einen Stromkreis integriert wird und führen dies selbst durch.

Eine Einordnung dieses Moduls in das FLEXKom-Modell wurde in Abschnitt 2.1 dargestellt. Sowohl das entwickelte Arbeitsblatt für SuS als auch eine Lehrerhandreichung sind auf der Webseite von FLEXKom verfügbar.

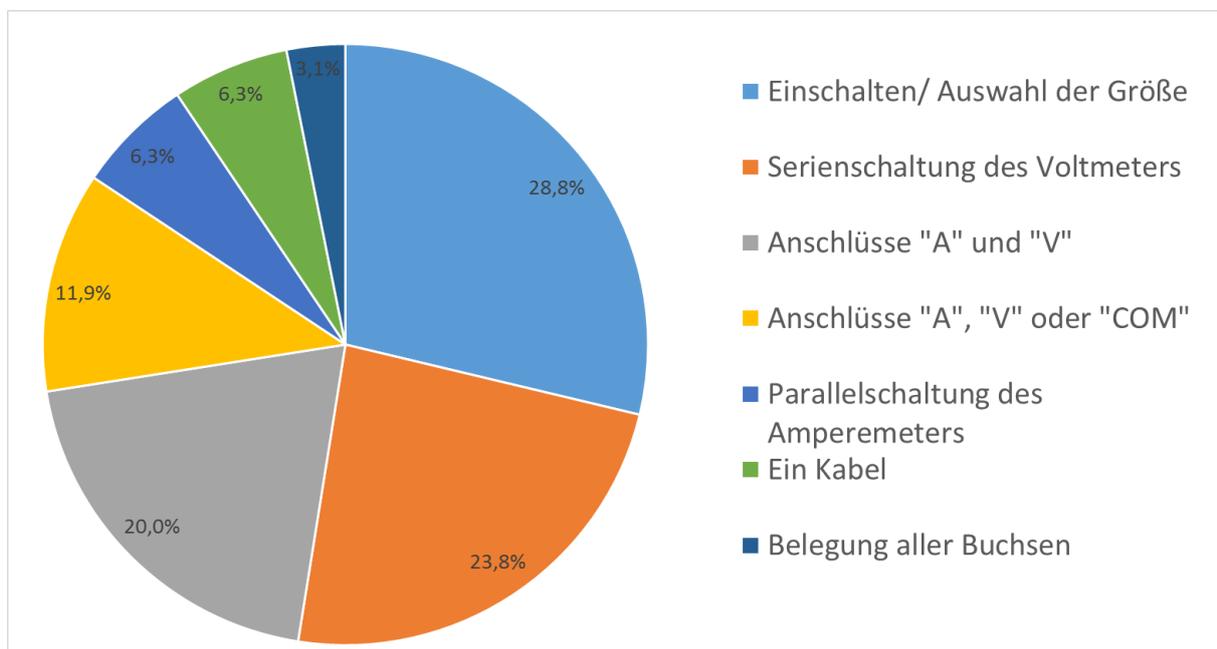


Abb. 3: Relative Fehlerhäufigkeiten der SuS beim Einsatz von Multimetern. Die Fehlerkategorien werden im Text näher erläutert.

Die Ergebnisse zeigen, dass mehr als die Hälfte der SuS massive Probleme mit der Verschaltung und Bedienung von Multimetern hat. Offenbar stellt die sachgerechte Nutzung von Multimetern für SuS der Sekundarstufe eine komplexe Anforderung dar. Deshalb wurde entschieden, im Rahmen der Plattform FLEXKom zwei Module zu entwickeln, mit denen SuS gezielt in die Lage versetzt werden sollen, einzelne der beobachteten Fehler zu vermeiden.

5. Module zur Förderung des Umgangs mit Multimetern

Mit Hilfe des ersten entwickelten Moduls sollen SuS lernen, dass ein Amperemeter zur Strommessung in Reihe zu einem Bauteil und ein Voltmeter parallel zu diesem geschaltet wird, um die daran abfallende Spannung zu messen. Das zweite Modul hat das Ziel, den SuS zu vermitteln, wie die Kabel in die Buchsen des Multimeters zu stecken sind und wel-

Das Modul trägt den Titel „Gut gebaut ist halb gemessen“. Nach einer inhaltlichen Orientierung in Form einer Beschreibung des Themenfeldes im Alltag und der zu erwerbenden bzw. fördernden Kompetenzen folgt die Erarbeitung anhand des Arbeitsblattes.

Der erste Arbeitsauftrag bildet den Schwerpunkt dieser Station. In diesem sollen die SuS ein Amperemeter und ein Voltmeter in den Stromkreis integrieren. Der Fokus liegt bei dieser Station lediglich auf dem korrekten Einbau der Multimeter (in Reihen- oder Parallelschaltung) statt auf dem Auswählen des Messbereichs oder der Buchsen eines Multimeters. In blauen Hilfeboxen wird zur Erinnerung erwähnt, dass die Stromstärke in Reihe und die Spannung parallel zur Glühlampe gemessen wird. Dies kann je nach Ermessen der Lehrkraft durch die editierbare Version des Arbeitsblattes ausgelassen werden.

Die SuS haben die Möglichkeit, auf Hilfekarten zurückzugreifen. Die erste Hilfekarte zeigt ein Schaltbild von einer Spannungsquelle, einer Glühlampe und einem in Reihe zu der Glühlampe geschalteten Amperemeter. Die zweite Karte enthält statt des Amperemeters ein parallel zur Glühlampe geschaltetes Voltmeter.

Im zweiten Arbeitsauftrag sollen die SuS nach Schließen des Stromkreises mit dem Schalter die auf den Displays der Multimeter angezeigten Werte auf dem Arbeitsblatt notieren. Dabei spielt das Vorzeichen in diesem Fall keine Rolle.

Um den SuS indirekt ein Feedback geben zu können, ob ihre Schaltung richtig ist, sollen im dritten Arbeitsauftrag die auf den Multimetern angezeigten Werte notiert werden. Im Anschluss daran soll durch Quotientenbildung $R = U/I$ der Widerstand ermittelt und geprüft werden, ob dieser in einem vorgegebenen Intervall liegt.

Falls der sich ergebende Widerstand nicht in dem vorgesehenen Bereich liegt, der sich unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten ergibt, so stimmt die Verschaltung nicht. In diesem Fall wird auf die Hilfekästen beim ersten Arbeitsauftrag verwiesen.

Beide Module wurden bisher mit $N=267$ SuS der Jahrgangsstufen 7 bis 9 im Rahmen eines Lernzirkels eingesetzt, der zusätzlich noch drei weitere experimentelle Module enthielt. Unter Nutzung der Unit E1 des MeK-LSA-Tests im Prä-Post-Vergleich wurde der Kompetenzzuwachs der SuS nach Durchlaufen der Module überprüft. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass sich die SuS von dem Prä- zum Post-Zeitpunkt signifikant verbessern. Die entwickelten Module haben somit den ersten Indizien zufolge einen positiven Effekt auf den korrekten Umgang der SuS mit Multimetern bewirkt.

6. Zusammenfassung

In diesem Beitrag ist eine neue, datengestützte Herangehensweise zur Erstellung von Modulen zur Förderung experimenteller Kompetenzen im Rahmen der Plattform FLexKom vorgestellt worden. Um die Module passgenau zu typischen Schülervorstellungen zu entwickeln, welche beim Experimentieren mit einfachen Stromkreisen relevant werden, sind Datensätze eines Simulationstestes (MeK-LSA) analysiert worden. Die Auswertung der MeK-LSA-Daten eröffnet detaillierte Einblicke in die experimentellen Fähigkeiten von SuS. Mit zielgerichtet entwickelten Modulen können passgenau die detektierten experimentellen Probleme der SuS adressiert werden. Erste Erprobungen zeigen einen positiven Effekt durch den Einsatz der beiden Module.

Danksagung

Die Autoren danken Heike Theyßen für die zur Verfügung gestellten Daten und die Unterstützung bei deren Auswertung.

7. Literatur

- [1] KMK; Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg. (2004). „Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.“ www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf. Abgerufen: 02.06.2019.
- [2] Theyßen et al. (2016). „Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentiertest“. In: *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDiD)*. 15.1, S. 26-48
- [3] Goertz, S., P. Klein, J. Riese und H. Heinke (2019). „Die Plattform FLexKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen - Konzept und Einsatzbeispiele“. In: *Phydid B-Didaktik der Physik Beiträge zur DPG Frühjahrstagung 2019 in Aachen*.
- [4] Schreiber, N., H. Theyßen und H. Schecker (2009). „Experimentelle Kompetenz messen?!“ In: *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid)* 8.3, S. 92–101.
- [5] Maiseyenko, V., D. Nawrath, H. Schecker und M. Schreiber (o. J.). Ergebnisse und Material aus dem Schulversuchsprogramm alles » können. <http://www.idn.uni-bremen.de/komdif/>. Abgerufen: 17.06.2018.
- [6] Goertz, S. (2018). „Konzeption der Plattform FlexKom zur Erstellung von modularen Lernzirkeln zur Förderung experimenteller Kompetenzen“. Masterarbeit. Aachen: I. Physikalisches Institut A der RWTH Aachen University.
- [7] Mayring, P. (1991). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. v. Kardoff, H. Keupp, L. v. Rosenstiel, & S. Wolff (Hrsg.). *Handbuch qualitative Forschung: Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen* (S. 209-213). München: Beltz- Psychologie Verl. Union.
- [8] Brückmann, M. und R. Duit (2014). „Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen“. In: *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Hrsg. von D. Krüger, I. Parchmann und H. Schecker. Berlin: Springer Verlag.
- [9] Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe