

## Die Plattform „FLexKom“ zur Förderung experimenteller Kompetenzen – Konzept und Einsatzbeispiele –

Simon Goertz\*, Patrick Klein\*, Josef Riese\*, Heidrun Heinke\*

\*RWTH Aachen University

goertz@physik.rwth-aachen.de, patrick.klein1@rwth-aachen.de, riese@physik.rwth-aachen.de,  
heinke@physik.rwth-aachen.de

### Kurzfassung

Durch die PISA-Studien hat sich in Deutschland eine Diskussion im Bildungssystem ergeben, die in den Bildungsstandards wie in den Kernlehrplänen zu einer Kompetenzorientierung geführt hat. Diese Neuorientierung hat speziell die prozessbezogenen Kompetenzen explizit hervorgehoben, sodass dem Experiment als Methode für naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung eine zentrale Bedeutung zugeschrieben wird. Um diese herausragende Rolle experimenteller Kompetenzen gezielt im Unterricht zu etablieren, wurde die Plattform FLexKom konzipiert, die Unterrichtsmaterialien zum Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen bereitstellt. Dabei werden einzelne Module angeboten, die individuell zusammengestellt und beispielsweise als Lernzirkel eingesetzt werden können. Die Module adressieren wichtige Aspekte experimenteller Kompetenzen wie die Hypothesenbildung, die Variablenkontrolle oder den Umgang mit Messunsicherheiten. Im Folgenden wird zum einen der Aufbau und das Konzept der Plattform vorgestellt. Zum anderen soll ein Einblick in die Module ermöglicht werden, indem zwei ausgewählte Module zum Umgang mit Messunsicherheiten näher erläutert werden.

### 1. Motivation

In Bildungsstandards sowie Kernlehrpläne sind mit der geforderten Kompetenzorientierung neben den fachlichen auch prozessbezogene Kompetenzen als Zielvorgaben für den Physikunterricht aufgenommen worden. Dabei haben Experimente eine zentrale Bedeutung für den Kompetenzerwerb im Hinblick auf die naturwissenschaftliche Erkenntnismethode und somit auch eine zentrale Stellung im Physikunterricht (vgl. MSW, 2008, S. 9; vgl. MSW, 2014, S. 12–15). Aufbauend auf diesen Forderungen rückt auch die Vermittlung experimenteller Kompetenzen zunehmend in den Fokus naturwissenschaftlichen Unterrichts. Diesen Prozess möchte die in diesem Artikel vorgestellte Plattform durch die Entwicklung entsprechender Konzepte und Unterrichtsmaterialien unterstützen. Dabei sind Erkenntnisse aus der Schülervorstellungsforschung zum Experimentieren in die Materialien eingeflossen, um eine adäquate Förderung experimenteller Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern<sup>1</sup> gewährleisten zu können. Das soll insbesondere durch flexibel einsetzbare Module erreicht werden.

### 2. Schülervorstellungen zum Experimentieren

Ein entscheidender Faktor für das Unterrichten sind das Vorwissen, die Vorstellungen und Denkmuster von SuS (vgl. Schecker et al. 2018, S. V). Daher werden nachfolgend einige dieser Vorstellungen zum Experimentieren vorgestellt, die bei der Entwicklung der Unterrichtsmaterialien berücksichtigt wurden.

Ganz allgemein gibt es eine Diskrepanz im Einsatz von Experimenten in der Forschung und in den Vorstellungen von SuS hierzu. In der Forschung wird das Experiment primär mit Blick auf eine Erkenntnisgewinnung genutzt, wohingegen SuS häufig Experimente durchführen, um Effekte zu produzieren (vgl. Ehmer, 2008, S. 19). Dies wird häufig mit dem Begriff „Ingenieursmodus“ (Hamann & Mayer, 2012, S. 284) assoziiert, da eine solche Methodik des Experimenteinsatzes eher dem Vorgehen von Ingenieuren zugeschrieben wird, die das Produzieren in den Vordergrund stellen. Zudem wird bei schulischen Experimenten das Vorwissen der SuS stark in die Auswertung und Bewertung von Messdaten mit einbezogen, wobei sich hier auch fachinhaltsbezogene Vorstellungen auswirken können. So kommt es häufig dazu, dass SuS stärker ihren Vorerfahrungen vertrauen als den gewonnenen experimentellen Daten (vgl. Ehmer, 2008, S. 20f.). Des Weiteren sind Auseinandersetzungen mit Fragestellungen, Hypothesen und relevanten Messgrößen erforderlich. Bei vielen Experimenten können Hypothesen nur dann sinnvoll überprüft werden, wenn bei der Messdatenaufnahme zentrale Strategien wie die Variablenkontrollstrategie genutzt und Kontroll- oder Vergleichsansätze herangezogen werden. Diese stellen die SuS jedoch häufig vor größere Probleme, da sie ihre „eigenen“ Strategien verfolgen. Dabei werden in der Literatur gewöhnlich zwei verschiedene Vorstellungen unterschieden. Bei der ersten Vorstellung vernachlässigen die SuS einen Kon-

<sup>1</sup> Der Ausdruck „Schülerinnen und Schüler“ wird in diesem Artikel durch die Abkürzung „SuS“ ersetzt.

trollansatz und beachten damit nicht, dass zur Beschreibung eines kausalen Zusammenhangs zwischen Variablen mit dem Kontrollansatz und dem Experimentieransatz zwei Ansätze nötig sind (vgl. Ehmer, 2008, S. 26; Carey et al., 1989, S. 518). In einer zweiten Strategie verfolgen SuS eine unsystematische Variation der Variablen. Einige Autoren beschreiben, dass die SuS nicht die zu untersuchende unabhängige Variable manipulieren, sondern alle anderen im Experiment vorkommenden Variablen, oder dass die SuS mehrere unabhängige Variablen gleichzeitig manipulieren und somit konfundierte Versuchsbedingungen erzeugen (vgl. Ehmer, 2008, S. 26 – 27; Hammann et al., 2006, S. 293–294; Tschirgi, 1980, S. 1–8; Barzel et al., 2012, S. 114). Diesem Vorgehen liegt die Vorstellung von SuS zugrunde, so möglichst effizient zu experimentieren, da durch ein solches Vorgehen Schlussfolgerungen über mehrere Variablen möglich seien (vgl. Ehmer, 2008, S. 28).

Andere bekannte Schülervorstellungen zum Experimentieren betreffen den Umgang mit Messunsicherheiten. Messunsicherheiten nehmen eine bedeutende Rolle in Experimentierprozessen ein (vgl. Hellwig, 2012, S. 5ff.). Nur mit ihrem Einbezug lassen sich Messergebnisse sinnvoll interpretieren. Hellwig hat in ihrer Dissertation die Ergebnisse mehrerer Studien zu Vorstellungen von Lernenden zu Messunsicherheiten zusammengetragen (vgl. Hellwig, 2012). Dabei beschreibt sie, dass auch junge SuS prinzipiell dazu fähig seien, sich bei einem gegebenen Versuchsaufbau kritisch mit den Unsicherheitsquellen auseinanderzusetzen. Gleichzeitig haben diese SuS aber Schwierigkeiten, die herausgestellten Unsicherheiten auch im Ergebnis zu berücksichtigen (vgl. Hellwig, 2012, S. 15). Zudem beschreibt Hellwig, dass einige SuS auf der Suche nach einem „wahren“ Wert sind. Ist diese „Suche“ den SuS nicht möglich, so vermutet Hellwig, dass die SuS die Gründe beim Experimentator sehen (vgl. Hellwig, 2012, S. 15 – 16). Werden Messungen wiederholt, so vertrauen SuS oft dem ersten erhobenen Messwert am meisten. Wiederholungsmessungen sollen aus Sicht der SuS nur den ersten Wert der Messung bestätigen (vgl. Hellwig, 2012, S. 18). Dabei sind fast alle Studien zu Schülervorstellungen über Messunsicherheiten als qualitativ und explorativ zu beschreiben, so dass empirische Daten zu dem Themenfeld fehlen (vgl. Hellwig, 2012, S. 29).

Ausgehend von diesen Schülervorstellungen sind die im Abschnitt 5 exemplarisch beschriebenen Module der Lernplattform zum Experimentieren konzipiert und entwickelt worden.

### 3. Die Plattform FLeXKom

Die Plattform FLeXKom stellt eine Sammlung von verschiedenen Unterrichtsmaterialien dar, die das **Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen** in der Schulpraxis unterstützen sollen. Die Plattform

setzt sich aus Modulen zusammen, bei deren Konzeption die oben beschriebenen Präkonzepte der Lernenden berücksichtigt wurden. Diese Module können in verschiedener Weise im Unterricht eingesetzt werden, wie weiter unten erläutert wird.

Die Module der Plattform adressieren verschiedene experimentelle Kompetenzen, die auf der Basis eines zugrundeliegenden theoretischen Modells (siehe Abschnitt 4) entwickelt wurden. Für die ersten Module wurde der physikalische Hintergrund so gewählt, dass der Einsatz ab der siebten Klasse problemlos möglich ist. Es ist geplant, zu jeder adressierten experimentellen Kompetenz mehrere Module anzubieten, sodass die Lehrkraft flexibel auf einen größeren Pool von Unterrichtsmaterialien zurückgreifen kann. Gleichzeitig wird das Modulangebot so ausgebaut, dass auch spezielle Module für die Oberstufe vorhanden sind.

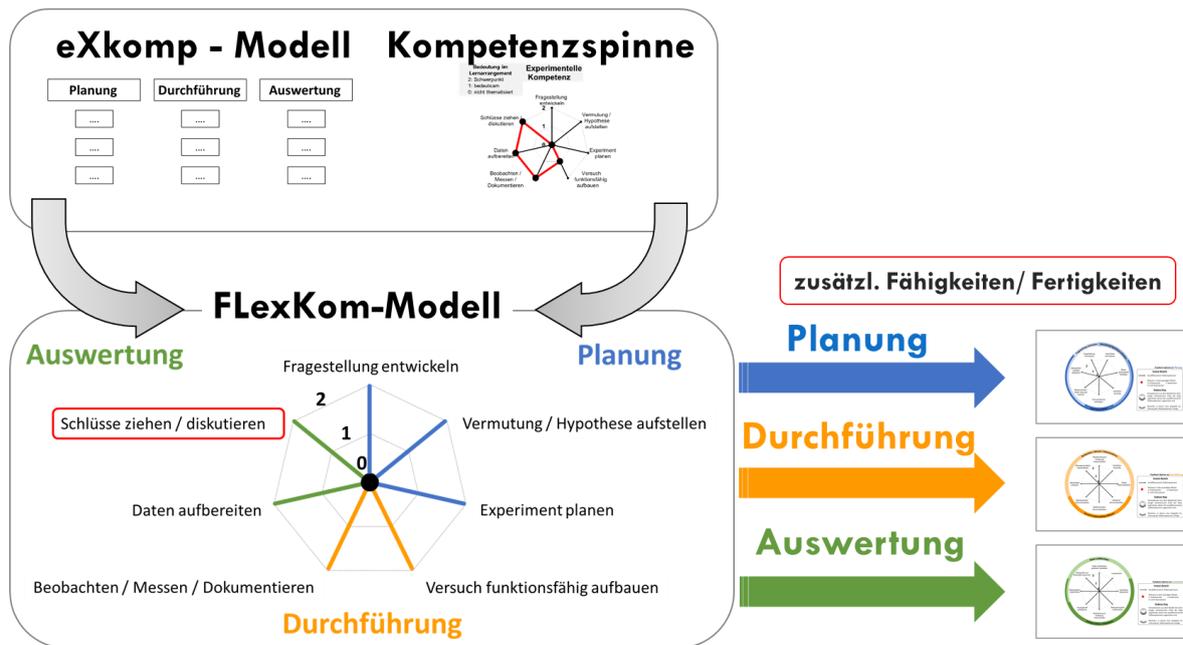
Eine Besonderheit der entwickelten Module besteht darin, dass sie mehrheitlich flexibel zu Lernzirkeln kombiniert werden können. Dies wird dadurch erreicht, dass die entsprechenden Module unter Beachtung einheitlicher Rahmenbedingungen konzipiert wurden. Die einheitliche Rahmung betrifft vor allem die typischen Bearbeitungszeiten und die Gruppengröße der Nutzer und baut dabei auf umfangreiche Erfahrungen mit bereits an der RWTH Aachen entwickelten und erprobten Lernzirkeln zu verschiedenen physikalischen Themen auf (vgl. Salinga & Heinke, 2016).

Der Einsatz der FLeXKom-Module in Lernzirkeln ist auch in verschiedenen Settings möglich, so dass z.B. mit verschiedenen Bearbeitungszeiten u.a. Differenzierungsaspekte integriert werden können. Ebenso können alle Module auch außerhalb von Lernzirkeln z.B. als singuläre Schülerexperimente oder als Demonstrationsexperimente eingesetzt werden.

Der Zugang zur Plattform FLeXKom erfolgt webbasiert<sup>2</sup>. Dabei können Lehrende einerseits das Konzept der Plattform und das zugrundeliegende Modell kennenlernen. Andererseits können die verschiedenen Materialien kostenlos sowohl als pdf-Files als auch in einer editierbaren Version heruntergeladen werden. Über einen FLeXKom-Konfigurator können die Module individuell zusammengestellt und so insbesondere auch Lernzirkel generiert werden. In einer Ausbauphase der Plattform mit einem hinreichend breiten Modulangebot sollen die Lehrkräfte diese Lernzirkel so zusammenstellen können, dass sie entweder auf die Förderung spezifischer experimenteller Kompetenzen fokussieren oder sich an gemeinsamen fachinhaltlichen Hintergründen orientieren. Es ist zudem vorgesehen, erprobte Beispiel-Lernzirkel auszuweisen.

Eine Vorstellung und Diskussion des Konzepts der Plattform FLeXKom zur Unterstützung der expliziten

<sup>2</sup> <http://www.sciphylab.de/flexkom>



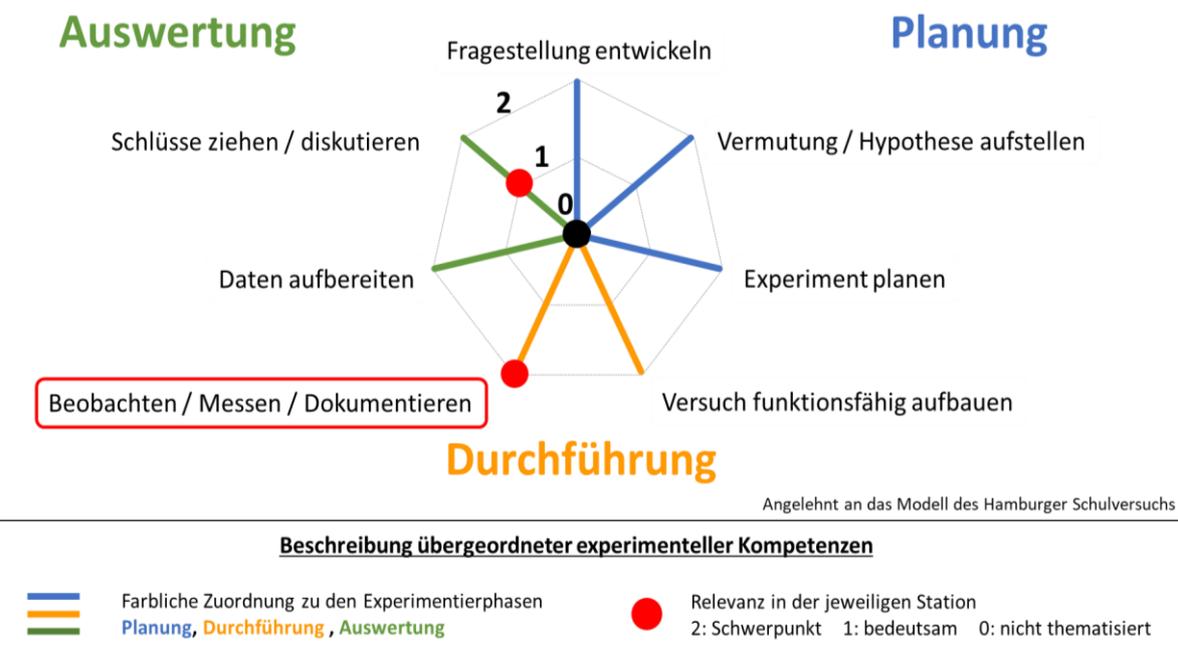
**Abb. 1:** Schematische Darstellung der Entwicklung des FLeXKom-Modells. Aus den Merkmalen des eXkomp-Modells (vgl. Schreiber et al., 2009) sowie der visuellen Aufbereitung in einer Kompetenzspinne durch das IDN Bremen (vgl. Nawrath et al., 2011) wurden FLeXKom-Kompetenzspinnen für die Phasen der Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments abgeleitet.

Vermittlung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis vor 47 Referendaren und Lehrkräften ist auf positive Resonanz gestoßen.

#### 4. Das FLeXKom-Modell

Das der Plattform zugrundeliegende FLeXKom-Modell beruht auf zwei etablierten Modellen aus der Fachdidaktik. Mit dem Ziel einer differenzierten For-

mulierung und Visualisierung der in einzelnen FLeXKom-Modulen adressierten experimentellen Kompetenzen wird sowohl auf die Merkmale des eXkomp-Modells (vgl. Schreiber et al., 2009) als auch auf das Kompetenzspinnenmodell aus dem Hamburger Schulversuch (vgl. Nawrath et al., 2011) zurückgegriffen (vgl. Abb. 1). Aus beiden Modellen konnten inhaltliche und gestalterische Aspekte adaptiert und



**Abb. 2:** Übergeordnete Kompetenzspinne des FLeXKom-Modells für das Beispielmodul 1 zum Thema Messunsicherheiten, angelehnt an die Kompetenzspinne des Hamburger Schulversuchs. Die experimentellen Kompetenzen sind in der übergeordneten Ansicht den drei Experimentierphasen farblich zugeordnet.

genutzt werden. Speziell sind dies die im eXkomp-Modell vorgenommene, nicht zwingend eindeutige Zuordnung einzelner Merkmale des experimentellen Prozesses zu den drei Phasen Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments. Zudem wurde die Visualisierung der in einer Lehr-Lern-Situation relevanten Facetten experimenteller Kompetenz in Kompetenzspinnen adaptiert.

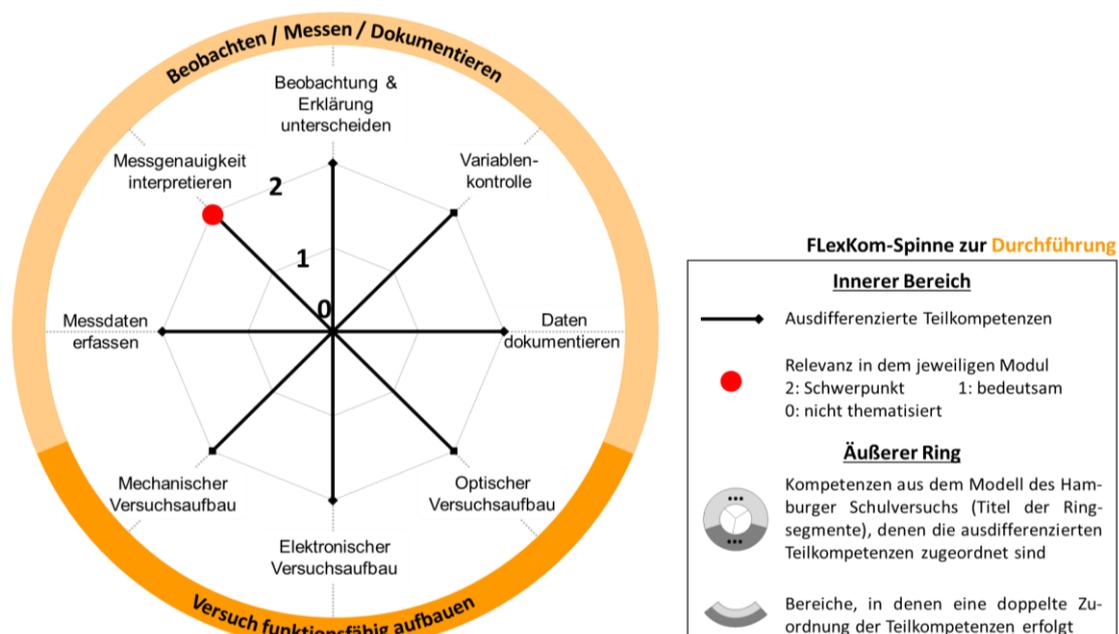
Das aus der Berücksichtigung wichtiger Aspekte der beiden etablierten Modelle resultierende FLexKom-Modell ist in den Abbildungen 2 und 3 zu sehen. Das zweigeteilte Modell ermöglicht eine Betrachtungsweise auf zwei Ebenen. In der übergeordneten Ansicht einer Kompetenzspinne werden gröber gefasste Kompetenzen zu den Experimentierphasen Planung, Durchführung und Auswertung farblich codiert (vgl. Abb. 2). In der zweiten Betrachtungsebene sind die einzelnen Kompetenzen weiter ausdifferenziert, um die konkrete Zuordnung einzelner Module mit ihren speziellen Lernzielen vornehmen zu können (vgl. Abb. 3). Zugleich können so weitere Teilkompetenzen grafisch erfasst und im Gesamtkontext der relevanten Experimentierphase betrachtet werden. Zusammen mit der übergeordneten Ansicht für den gesamten Experimentierprozess ermöglicht dies eine ganzheitliche Visualisierung der Komplexität experimenteller Prozesse.

Die farbliche Codierung aus der übergeordneten Kompetenzspinne spiegelt sich auch in den ausdifferenzierten Kompetenzspinnen wider. Hierbei ist für jede der drei Experimentierphasen Planung, Durchführung und Auswertung eine detaillierte Kompetenzspinne entwickelt worden, wobei in diesem Artikel die Kompetenzspinnen zur Durchführung eines

Experiments abgebildet ist (vgl. Abb. 3). Die gewählte Darstellung erhebt keinen Anspruch auf eine vollständige Beschreibung experimenteller Kompetenzen und kann bei Bedarf erweitert werden.

Um die Stärke der Relevanz der einzelnen Module für die Förderung der dargestellten experimentellen Kompetenzen auszudrücken wurde die dreistufige Skala des Hamburger Schulversuchs in das FLexKom-Modell übernommen (vgl. Nawrath et al., 2011). In der übergeordneten Spinne des FFlexKom-Modells (vgl. Abb. 2) wird dabei die Relevanz „Schwerpunkt“ (Stufe zwei) genau einmal vergeben. Damit ist auch eine Schwerpunktsetzung auf eine Experimentierphase verbunden. Die Schwerpunktkompetenz wird in der zweiten, ausdifferenzierten Kompetenzspinne detaillierter benannt. Damit kann konkreter die geförderte Teilkompetenz dargestellt werden, um eine gezielte Förderung verschiedener experimenteller Kompetenzen zu gewährleisten.

Die konkrete Anwendung des FFlexKom-Modells für ein Modul wird nachfolgend für ein Beispielmodul zum Thema Messunsicherheiten demonstriert, das anschließend im Abschnitt 5 näher beschrieben wird. Für dieses Modul liegt in der übergeordneten Ansicht der Kompetenzspinne in Abb. 2 der Schwerpunkt auf dem Bereich „Beobachten/Messen/Dokumentieren“ in der Experimentierphase „Durchführung“, was durch den roten Punkt auf Stufe 2 angezeigt wird. Zudem wird die Kompetenz „Schlüsse ziehen/diskutieren“ in dem Modul angesprochen, jedoch nicht in den Vordergrund gestellt (roter Punkt, Stufe 1). Die Schwerpunktsetzung führt zur ausdifferenzierten Kompetenzspinne der „Durchführung“ in Abb. 3, die für den zweiten Schritt der Einordnung des Moduls



**Abb. 3:** Ausdifferenzierte FFlexKom-Kompetenzspinne für die Phase der Durchführung eines Experiments für das Beispielmodul 1 zum Thema Messunsicherheiten. Die übergeordneten Kompetenzen aus dem Hamburger Schulversuch sind in den äußeren Ringsegmenten aufgeführt.

genutzt wird. In den ausdifferenzierten Kompetenzspinnen werden die übergeordneten Kompetenzen aus dem Hamburger Schulversuch in den äußeren Ringsegmenten aufgeführt. Die Ausdifferenzierung in zugeordnete spezifischere Teilkompetenzen erfolgt jeweils in den Kreissegmenten, die den Kompetenzen aus der übergeordneten Ansicht zugeordnet sind. Dabei ist es auch möglich, dass eine doppelte Zuordnung zu den Ringsegmenten erfolgt, wie es z.B. in der ausdifferenzierten Kompetenzspinne der „Auswertung“ geschehen ist.

Auch in der ausdifferenzierten Kompetenzspinne wird die für das Modul relevante Teilkompetenz analog zur ersten Ebene durch einen roten Punkt markiert. Konkret bedeutet das für das Beispielmodul in Abb. 3: Ausgehend von dem übergeordneten Kompetenzbereich „Beobachten/Messen/Dokumentieren“ soll mit diesem Modul die Teilkompetenz „Messgenauigkeit interpretieren“ mit höchster Priorität gefördert werden (roter Punkt, Stufe 2).

Für eine Betrachtung der Teilkompetenzen in den anderen beiden Experimentierphasen existieren analoge ausdifferenzierte Kompetenzspinnen.

### 5. Beispielmodul zum Teilkompetenzbereich „Messgenauigkeit interpretieren“

In diesem Abschnitt wird ein ausgewähltes Modul zum Thema Messunsicherheiten vorgestellt.

Das Beispielmodul beschäftigt sich mit den Quellen von Messunsicherheiten, wobei den SuS verschiedene solcher Quellen bewusst werden sollen. Die konkreten Lernziele dieses Moduls lauten:

Die Schülerinnen und Schüler...

- ... beschreiben, dass ein Messwert mit einer Unsicherheit behaftet ist.
- ... benennen Messgeräte und Experimentatoren als mögliche Quellen von Messunsicherheiten.

Eine Einordnung dieses Moduls in das FLexKom-Modell wurde in Abschnitt 4 beispielhaft dargestellt. Alle entwickelten Materialien zum Modul wie Arbeitsblatt und eine Lehrerhandreichung sind auf der Webseite von FLexKom kostenfrei abrufbar. Auf dem Arbeitsblatt der SuS wird dieses Modul mit dem Namen „Wie die Zeit vergeht“ betitelt (vgl. Anhang).

Damit die SuS für das Thema der Messunsicherheiten und deren Quellen sensibilisiert werden, bietet es sich an, solche Unsicherheiten an einem einfachen Beispiel zu verdeutlichen. Hierzu messen die SuS eine physikalische Größe gleichzeitig zunächst mit mehreren (mindestens zwei) identischen Messgeräten. Sie wiederholen diese Messung und benutzen später auch andere Messgeräte. Schließlich vergleichen sie die von ihnen gewonnenen Messwerte. Als physikalische Messgröße wurde in dem Modul ein Zeitintervall gewählt, dass die SuS einfach selbst z.B. durch zweimaliges Klopfen auf einen Tisch erzeugen können.

Zur Demonstration, dass Messgeräte selbst Quellen für Messunsicherheiten darstellen können, wird an

dieser Station zunächst eine automatische Messwert-erfassung durchgeführt. Hierzu werden zwei identische Messgeräte (in unserem Beispiel identische iPads mit der App *phyphox*, vgl. Staacks et al., 2018) verwendet. Die App (verfügbar für iOS und Android-Geräte) bietet verschiedene Stoppuhren an, die durch äußere Signale gesteuert werden können. Insbesondere die „Bewegungs-Stoppuhr“ kann für diese Zwecke didaktisch sinnvoll eingesetzt werden, die als äußeres Signal die Beschleunigung des Endgerätes nutzt. Dies ist dadurch begründet, dass der Beschleunigungssensor in den meisten Endgeräten einerseits sensibel genug ist, um selbst geringe Erschütterungen zu registrieren. Andererseits ist die Abtastrate in der Regel ausreichend gering, sodass bei einer gleichzeitigen Messung von zwei identischen Endgeräten mit einer hohen Wahrscheinlichkeit eine Abweichung der beiden angezeigten Messwerte erwartet wird. In dem Beispiel in Abb. 4 wurden zwei iPads der vierten Generation eingesetzt, die ungefähr alle 0,011 s einen Messwert des Beschleunigungssensors aufnehmen.

Die Messdatenaufnahme wird in dem Modul durch eine händische Messung der zu bestimmenden Zeitintervalle ergänzt, damit auch der Experimentator als Quelle von Messunsicherheiten erfahrbar wird. Hier erfolgt eine gleichzeitige Messung mit identischen Stoppuhren durch zwei Experimentatoren. Die zu erwartenden voneinander abweichenden Ergebnisse sollen auch hier den SuS die Unsicherheit der Messung aufzeigen. Die händische Messdatenaufnahme zeigt zudem beispielhaft, dass die zu Lernzirkeln kombinierbaren Module für Gruppen von drei SuS konzipiert sind (hier zwei Experimentatoren, ein Signalgeber).

### 6. Zusammenfassung und Ausblick



**Abb. 4:** Experimentiermaterial des Moduls 1 zum Thema Messunsicherheiten: Zwei iPads der vierten Generation mit der Bewegungs-Stoppuhr der App *phyphox* und zwei Handstoppuhren.

Die Plattform FLexKom soll als modulare Sammlung verschiedener Unterrichtsmaterialien das Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis unterstützen. Die Module werden dabei unter Berücksichtigung von Schülervorstellungen zum Experimentieren und auf der Basis eines theoretischen Modells entwickelt, das zwei etablierte Modelle zur experimentellen Kompetenz zusammenführt

und für die Schulpraxis nutzbar macht. Das entwickelte FLeXKom-Modell und seine Anwendung wurden für zwei Beispielmodule vorgestellt. In der Ausbauphase der Plattform sollen Lehrkräfte die FLeXKom-Module entweder singular in den Unterrichtsablauf einbetten oder flexibel zu Lernzirkeln kombinieren können. Das Konzept der Plattform zur Unterstützung der expliziten Vermittlung experimenteller Kompetenzen wurde von Lehrkräften und Referendaren positiv bewertet.

Im Rahmen einer Promotion wird das Angebot an Modulen systematisch erweitert, um mittelfristig Lehrkräften eine große Flexibilität bei der Förderung experimenteller Kompetenzen zu ermöglichen. Zudem wird die Lernwirksamkeit der entwickelten Unterrichtsmaterialien empirisch untersucht. Dies erfolgt exemplarisch für einige Module, die in einem Lernzirkel integriert sind, um Rückschlüsse auf den Lernzuwachs bei einer expliziten Thematisierung experimenteller Kompetenzen ziehen zu können.

## 7. Literaturverzeichnis

- Barzel, B., Reinhoffer, B. und Schrenk, M. (2012). „Das Experimentieren im Unterricht“. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Hrsg. von W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel und A. Schulz. Münster: Waxmann Verlag, S. 103–127.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. und Unger, C. (1989). „An experiment is when you try it and see if it works’: A study of grade 7 students understanding of the construction of scientific knowledge“. In: *International Journal of Science Education* 11 (special issue), S. 514–529.
- Ehmer, M. (Mai 2008). Förderung von kognitiven Fähigkeiten beim Experimentieren im Biologieunterricht der 6. Klasse: Eine Untersuchung zur Wirksamkeit von methodischem, epistemologischem und negativem Wissen.  
[https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00002469/diss\\_ehmer.pdf](https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002469/diss_ehmer.pdf). Abgerufen: 10.04.2018.
- Hammann, M. und Mayer, J. (2012). „Was lernen Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren?“ In: *Biologie in unserer Zeit* 42.5, S. 284–285.
- Hammann, M., T. T. H. Phan, M. Ehmer und H. Bayrhuber (2006). „Fehlerfrei Experimentieren.“ In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)* 59.5, S. 292–299.
- Hellwig, J. (2012). „Messunsicherheiten verstehen. Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik“. Diss. Fakultät für Physik und Astronomie der Ruhr-Universität Bochum.
- MSW; Ministerium für Schule und Weiterbildung (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen - Physik.  
[https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene\\_download/gymnasium\\_g8/gym8\\_physik.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/gymnasium_g8/gym8_physik.pdf). Abgerufen: 12.06.2018.
- MSW; Ministerium für Schule und Weiterbildung (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen - Physik.  
[https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\\_SII/ph/KLP\\_GOSt\\_Physik.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ph/KLP_GOSt_Physik.pdf). Abgerufen: 12.06.2018.
- Nawrath, D., Maiseyken, V. und Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule, 60 (6), S. 42–48. München: Aulis Verlag.
- Salinga, C. und Heinke, H. (2016). Symbiose von Forschung, Lehrerbildung und Schulpraxis - Lernzirkel to go. In: Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Tagungsband der GDCP-Jahrestagung 2015 in Berlin, Band 36. Hrsg. von C. Maurer. Universität Regensburg, S. 65–67.
- Schecker, H., Wilhelm, Th., Hopf, M. und Duit, R. (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Berlin: Springer-Verlag.
- Schreiber, N., Theyßen, H. und Schecker, H. (2009). „Experimentelle Kompetenz messen?!“ In: *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (Phy-Did)* 8.3, S. 92–101.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. und Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox, *Physics Education*, Volume 53, Issue 4, pp. 045009, arXiv:1804.0623907/2018
- Tschirgi, J. E. (1980). „Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses“. In: *Child Development* 51.1, S. 1–10.

## Anhang

Datum: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

Station:  
**„Wie die Zeit vergeht“**

---

Messgeräte spielen bei vielen Experimenten eine wichtige Rolle. Die Person, die das Experiment durchführt, muss sie so bedienen, dass sie die gewünschten Daten aufnehmen. An dieser Station wollen wir uns die Frage stellen, inwieweit wir den Messwerten von Messgeräten bedenkenlos glauben können.

**Material**

- 2 Stoppuhren
- 2 Tablets mit der App *phyphox*
- Taschenrechner

---

**Arbeitsauftrag 1:**

Bei dieser Aufgabe sollt ihr die Zeit messen, die zwischen zwei Schlägen vergeht. Dabei benutzt ihr Tablets (App *phyphox*) als automatisches Messgerät und die digitalen Stoppuhren als Messgerät, die ihr selbst bedient. Geht dabei wie folgt vor:

**Versuchsablauf:**

1. Öffnet die App *phyphox* auf den beiden Tablets und startet die „Bewegungs-Stoppuhr“ („Zeitmessung“ - ganz unten).
2. Schwelle auf  $3\text{ m/s}^2$ , Mindestverzögerung auf  $0.5\text{ s}$  setzen.
3. Legt (nicht Stellen!) die Tablets nebeneinander auf den Tisch und startet die Messung mit dem Dreieck im oberen orangenen Feld.
4. Zwei Versuchspersonen nehmen sich eine Stoppuhr und machen die Augen zu.
5. Eine dritte Person schlägt mit der Hand auf den Tisch, wartet ein paar Sekunden und schlägt ein zweites Mal auf den Tisch. Die Personen mit den Stoppuhren messen die Zeit zwischen den beiden „Schlägen“ auf den Tisch.

Einstellungen in *phyphox*

*Hinweis:* Falls ihr die Messung wiederholen wollt, benutzt den „Reset“-Button in *phyphox* und bei den Stoppuhren.

Seite 1 von 2

Abb. 5: Erste Seite des Arbeitsblatts zum Beispielmodul „Messgenauigkeit interpretieren“

**Arbeitsauftrag 2:**

a) Notiert in der Tabelle die verschiedenen Messzeiten.

Stoppuhr 1	Stoppuhr 2	Tablet 1	Tablet 2
 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">             0 : 0 <input type="text"/> <input type="text"/>  <small>sec 1/100 s</small> </div> <div style="text-align: center;">             0 : 0 <input type="text"/> <input type="text"/>  <small>sec 1/100 s</small> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <input type="text"/> , <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> s                 </div> <div style="text-align: center;"> <input type="text"/> , <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> s                 </div> </div>		

b) Vergleicht die gemessenen Werte. Bestimmt dafür die Zeitunterschiede zwischen euren Messungen mit den Stoppuhren und die Zeitunterschiede zwischen den automatischen Messungen mit den Tablets.

Zeitunterschied händische Messung (Stoppuhren)	Zeitunterschied automatische Messung (phyphox)
 <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">             0 : 0 <input type="text"/> <input type="text"/>  <small>sec 1/100 s</small> </div> </div>	<input type="text"/> , <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> s

**Arbeitsauftrag 3:**

 Diskutiert in der Gruppe Gründe, wie es zu den Zeitunterschieden in 2b) kommen konnte.

 a) Nennt mind. 2 Gründe, wieso ihr mit den beiden Stoppuhren nicht den gleichen Wert gemessen habt.

---



---



---



---

 b) Nennt mind. 2 Gründe, wieso die beiden Tablets mit der App phyphox nicht den gleichen Wert gemessen haben.

---



---



---



---

Abb. 6: Zweite Seite des Arbeitsblatts zum Beispielmodul „Messgenauigkeit interpretieren“