

1 Einleitung

„Der einfachste Versuch, den man selbst durchführt, ist besser als das schönste Experiment, das man nur sieht.“

Michael Faraday, 1791-1861¹

Das Experiment bzw. das Experimentieren hat eine herausragende Rolle in den Naturwissenschaften, um Theorien zu überprüfen oder neue Erkenntnisse zu gewinnen. Nicht nur in den verschiedenen Naturwissenschaften treten Experimente auf, sondern auch in diversen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens: im Alltag, in der Technik und in der Medizin. Daraus ergibt sich auch die große Bedeutung des Experimentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht, der auch auf die gesellschaftliche Teilhabe vorbereiten soll. Diese Stellung wird weiterhin dadurch unterstrichen, dass die Kultusministerkonferenz (KMK) die naturwissenschaftliche Bildung als wesentlichen Bestandteil der Allgemeinbildung beschreibt (vgl. KMK, 2005c, S. 6). Auch die größte physikalische Fachgesellschaft (Deutsche Physikalische Gesellschaft) betont in der 2016 veröffentlichten Studie „Physik in der Schule“ die herausragende Rolle des Experiments in der Forschung und Schule:

„Die Entwicklung der Physik und die physikalische Forschung sind untrennbar mit dem Experiment verbunden. Ohne reproduzierbare Experimente gibt es keine verlässliche oder gar quantitative Information über physikalische Naturvorgänge. Daher sind Experimente ein unverzichtbarer Bestandteil des Physikunterrichts in der Schule“ (I. Hertel & Grossmann, 2016, S. 102).

Weiterhin stellte Tesch in ihrer Dissertation heraus, dass ca. 64 % der Unterrichtszeit im Physikunterricht im Zusammenhang mit Experimenten stehen (vgl. Tesch, 2005, S. 95).

Der großen Relevanz von Experimenten stehen jedoch die Ergebnisse von Schulleistungsstudien (z.B. PISA-Studien) gegenüber, die Defizite und einen Nachholbedarf

¹Dieses Zitat ist z.B. in Lück, 2013, S. 560 zu finden.

im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich von deutschen Schülerinnen und Schülern² offenlegten (vgl. z.B. Schanze & Nentwig, 2008, S. 126).

Diese Erkenntnisse führten zu einem Umdenken im deutschen Bildungssystem, woraus sich Bildungsstandards etablierten. Mit den Bildungsstandards werden Kompetenzen beschrieben, die die SuS am Ende der Jahrgangsstufe 10 erworben haben sollen. Die konkretere Ausformulierung fand in den (Kern-)Lehrplänen der einzelnen deutschen Bundesländer statt. Die KMK hat in ihren Ausführungen verschiedene normative Kompetenzbereiche definiert, die u.a. fachliche und methodische Fähigkeiten/Fertigkeiten beinhalten (vgl. KMK, 2005c, S. 7; KMK, 2020, S. 10). Im naturwissenschaftlichen Unterricht nimmt die Erkenntnisgewinnung durch Experimente unter den handlungsbezogenen Kompetenzen eine zentrale Rolle ein. Für eine adäquate Erkenntnisgewinnung sind die Kompetenzen, die u.a. als experimentelle Kompetenzen bezeichnet werden, unerlässlich. Die experimentellen Kompetenzen werden nach Theyßen, Schecker et al. auch als zentrales Bildungsziel des Physikunterrichts beschrieben (vgl. Theyßen et al., 2016, S. 1).

Durch die stärkere Akzentuierung prozessbezogener Kompetenzen (vgl. z.B. Maisyenko et al., 2011, S. 42) und die konkrete Verankerung in den Bildungsstandards der KMK (vgl. z.B. KMK, 2005c) sowie in Lehrplänen der deutschen Bundesländer stellt insbesondere auch die Förderung dieser Kompetenzen ein bedeutsames Lernziel für den naturwissenschaftlichen Unterricht dar.

Viele Arbeiten befassten sich zunächst mit der Konzeption von Modellen zur inhaltlichen Beschreibung der experimentellen Kompetenzen sowie mit der Testentwicklung (vgl. z.B. Übersicht in Emden, 2011, S. 18; Glug, 2009; Theyßen et al., 2016). Vorholzer hält fest, dass in Deutschland relativ wenige Untersuchungen zum Kompetenzaufbau existieren (Vorholzer, 2015, S. 3). Trotzdem gibt es auch Studien, in denen ein Unterrichtskonzept und -materialien entwickelt wurden, die eine derartige Förderung in den Fokus setzen (vgl. z.B. Wahser & Sumfleht, 2008; Bohrmann, 2017; Vorholzer, 2015). Dabei kamen teils explizite und implizite Ansätze zum Einsatz. In den Studien wurde zudem meist ein zeitlich ausgedehntes Unterrichtskonzept eingesetzt, das einen feststehenden Inhalt besitzt.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen hingegen modulare Materialien entwickelt und evaluiert werden, die Lehrkräfte flexibel im Unterricht einsetzen können. Damit die Unterstützungsmöglichkeiten zur Förderung experimenteller Kompetenzen im Schulall-

²Im Folgenden wird zur Lesbarkeit die Abkürzung „SuS“ für den Ausdruck „Schülerinnen und Schüler“ eingesetzt.

tag den Lehrkräften angeboten werden können, ist die Plattform FLexKom (**F**ördern und **L**ernen **e**xperimenteller **K**ompetenzen) 2018 konzipiert und seitdem stetig weiterentwickelt worden. Diese stellt Lehr-Lern-Materialien für eine explizite Förderung experimenteller Kompetenzen kostenfrei bereit. Um die Wirksamkeit der Materialien für die Schulpraxis bewerten zu können, sind zwei Aspekte besonders wichtig. Erstens müssen die Lehr-Lern-Materialien geeignet sein, damit die SuS experimentelle Kompetenzen erwerben können. Zweitens müssen die Plattform und deren Materialien mit Blick auf die Anforderungen der Schulpraxis so designt werden, dass sie von Lehrkräften im Schulalltag tatsächlich eingesetzt werden. Um diese beiden Aspekte näher zu betrachten, werden in vier Teilen dieser Arbeit verschiedene Gesichtspunkte des Studienprojekts dargestellt (siehe Abbildung 1.1).

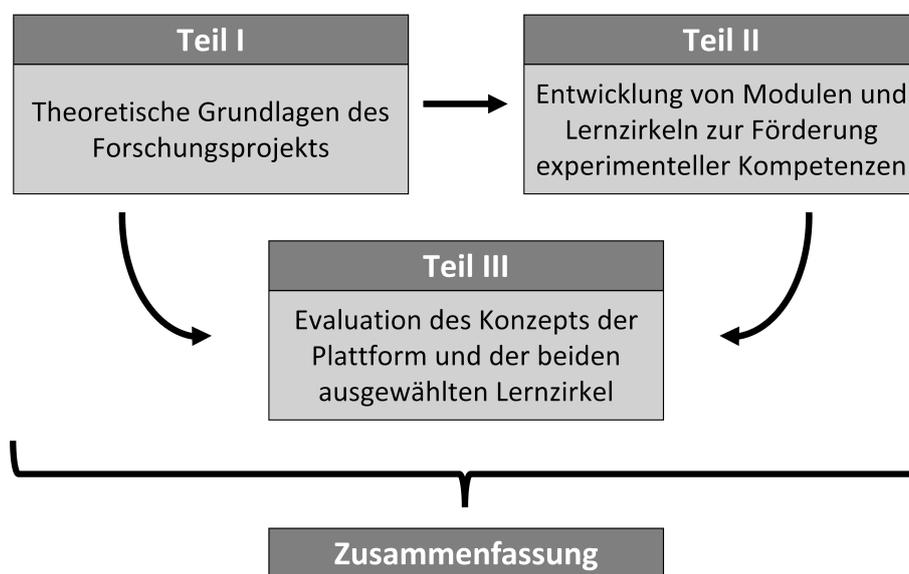


Abbildung 1.1: Schematische Orientierung über die einzelnen Teile der vorliegenden Arbeit. Quelle: Eigene Darstellung.

Im ersten Teil der Arbeit liegt der Fokus auf den theoretischen Fundierungen, die in die Entwicklung der Plattform und ihrer Lehr-Lern-Materialien eingeflossen sind. Dazu gehören Erkenntnisse aus der Schülervorstellungsforschung³ sowie weitere Studienergebnisse zur Förderung experimenteller Kompetenzen, die in die Modulkonzeptionen sowie in die Evaluation einfließen (Teil II und Teil III). Der erste Teil legt zudem den Blick auf die Unterrichtspraxis, erläutert die Konzeption der Plattform

³Aus Gründen der besseren Lesbarkeit werden einige zusammengesetzte Begriffe (z.B. Lehrer- oder Schülervorstellung) jeweils mit der männlichen Form gebildet. Diese Begriffe beziehen sich jedoch auf Personen aller Geschlechter.

und stellt die Idee der Unterstützungsangebote im Überblick dar. Mit modularen Unterrichtsmaterialien soll ein flexibel einsetzbares Angebot geschaffen werden, das von den Lehrenden in verschiedenen Inhaltsgebieten und mit verschiedenen methodischen Schwerpunkten genutzt werden kann.

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Aspekte aus dem ersten Teil wird im zweiten Teil der Arbeit die Entwicklung der Modulangebote präsentiert. Dabei werden ausgehend von übergreifenden Themen spezifische Module und detailliert beschriebene Modulbeispiele erläutert. Mittels dieser Beispiele sollen die Entwicklungsschritte vom Förderbedarf über die Lernziele hin zum konkreten Modul und seinen Materialien transparent dargestellt werden. Im Rahmen der Plattform FLexKom wird insbesondere die methodische Umsetzung in Form von Lernzirkeln verfolgt, die aus mehreren Modulen bestehen. Dabei werden zwei exemplarische Lernzirkel mit ihren Konzeptionsideen vorgestellt, die im Fokus der Evaluation (Teil III) stehen. Der eine Lernzirkel orientiert sich an einem fachlichen Inhaltsfeld und verschiedenen experimentellen Kompetenzen, der andere an einer schwerpunktmäßig geförderten experimentellen Kompetenz in verschiedenen fachlichen Inhaltsfeldern.

Mit dem dritten Teil der Arbeit werden die Evaluation der Plattform und insbesondere auch die Wirksamkeit der Materialien beleuchtet. Da durch das breite Feld der Materialien ein Fokus gesetzt werden musste, bezieht sich die Studie auf die beiden exemplarischen Lernzirkel aus Teil II. Um das Vorgehen in der Studienplanung und -auswertung transparent und plausibel zu machen, werden das Design der Studie, die Auswertungsmethoden sowie die erzielten Ergebnisse präsentiert. Mit einer Pilotierung im Frühjahr/Sommer 2019 wurden erste Erkenntnisse gesammelt, die in einer größer angelegten Hauptstudie im Spätsommer/Herbst 2020 vertieft und erweitert wurden. Am Ende dieses Teils werden zentrale Erkenntnisse und Limitationen der Studie betrachtet und ein Ausblick auf künftige Projekte und Forschungsideen gegeben.

Insgesamt wird die Arbeit mit einer zusammenfassenden Betrachtung der Ergebnisse abgeschlossen.

Teil I

Theoretische Grundlagen

Im Rahmen dieser Arbeit sollen verschiedene Unterrichtsmaterialien zur Förderung experimenteller Kompetenzen entwickelt und evaluiert werden. Damit sich die Konzeption auf ein fundiertes theoretisches Grundgerüst stützen kann, sollen in diesem ersten Teil der Arbeit die Grundbausteine gelegt werden. Der grundlegende Aufbau des ersten Teils ist in Abbildung 1.2 illustriert.

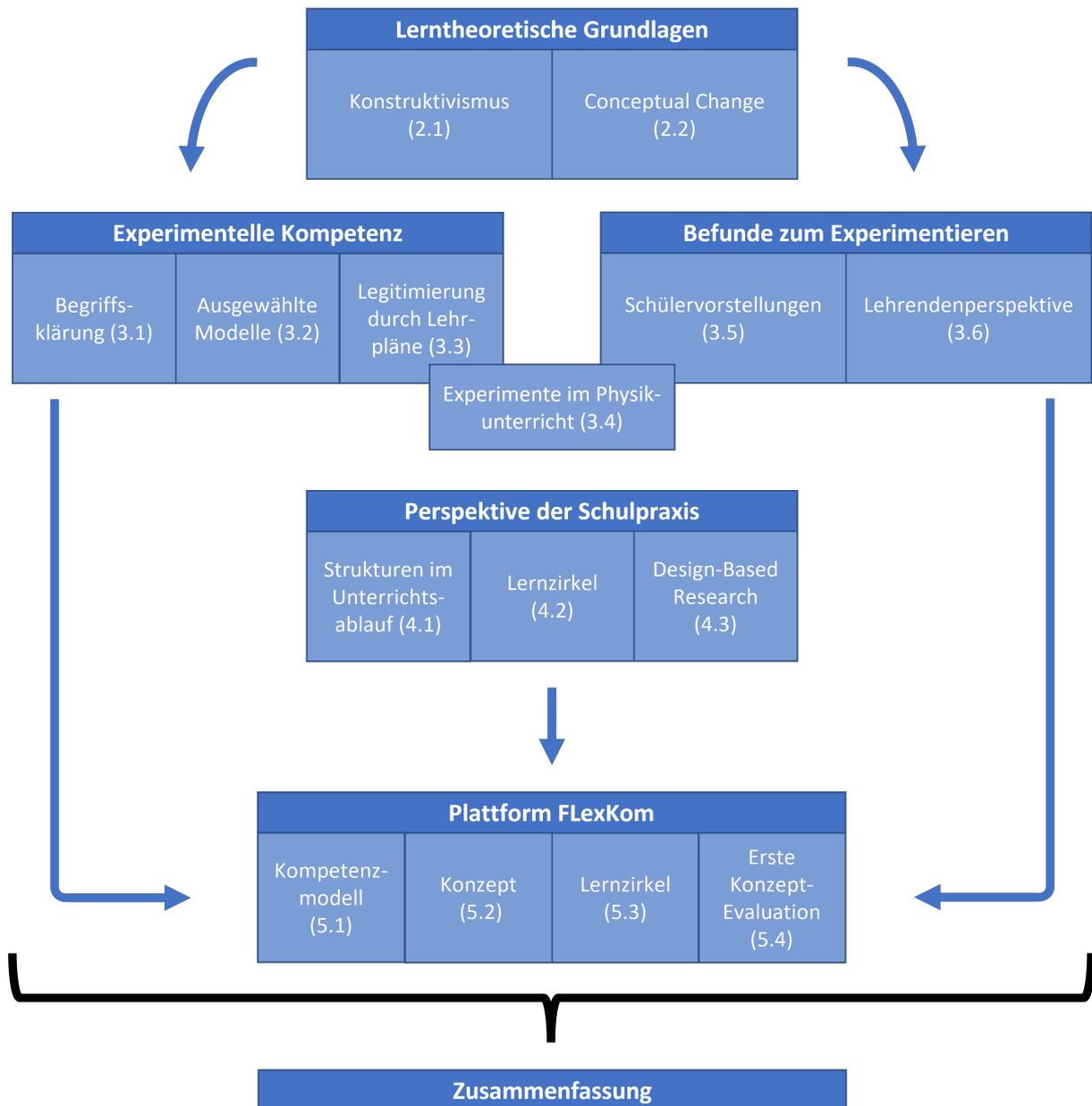


Abbildung 1.2: Schematische Orientierung zum ersten Teil der Arbeit. Die Kapitelnummern sind in Klammern angegeben. Quelle: Eigene Darstellung.

Zunächst sollen lerntheoretische Grundlagen dargestellt werden, die die Konzeption

der Plattform bzw. der Intervention betreffen (Kapitel 2). So werden die grundsätzlichen lerntheoretischen Aspekte des Konstruktivismus im Kapitel 2.1 und die Veränderung von Konzepten im Sinne eines Conceptual Change im Kapitel 2.2 einbezogen.

Aufbauend darauf wird im Kapitel 3 das Experimentieren näher betrachtet. Hierzu soll der Begriff *experimentelle Kompetenz* eingeordnet (Kapitel 3.1) und durch Modellvorstellungen konkretisiert werden (Kapitel 3.2). Da mit der Plattform Unterrichtsmaterialien bereitgestellt werden, ist es notwendig die Legitimierung durch lehrplankonforme Inhalte abzusichern. Dies wird im Kapitel 3.3 erfolgen. Im Anschluss daran wird das Experiment mit seiner Stellung im naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere im Physikunterricht, dargestellt (Kapitel 3.4), bevor der Blick auf die verschiedenen Akteurinnen und Akteure im Lehr-Lern-Prozess gerichtet wird. Zunächst werden Vorstellungen der Lernenden, die sogenannten Schülervorstellungen, und empirische Befunde zur Förderung experimenteller Kompetenzen betrachtet (Kapitel 3.5). Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse können die Materialien erstellt und die Planung der Intervention fundiert vollzogen werden. Für den Einsatz in der Schulpraxis ist jedoch auch die Sichtweise der Lehrenden relevant. Aus diesem Grund werden Vorstellungen der Lehrkräfte und die in der Praxis untersuchten Einsatzformen des Experimentierens erläutert (Kapitel 3.6).

Da sich die Evaluation auf verschiedene Aspekte im Unterrichtsgeschehen bezieht, sind auch schulpraktische Aspekte bedeutend (Kapitel 4). Daher werden im Kapitel 4.1 Strukturen im Unterricht und relevante Faktoren erklärt. Die Module werden in der methodischen Umsetzung als Lernzirkel in der Intervention eingesetzt. Diese Methode wird im Kapitel 4.2 näher betrachtet. Abschließend wird das Vorgehen beim Design-Based Research (Kapitel 4.3) erläutert, da sich die Arbeit und ihre Teilprozesse im Rahmen dieses Ansatzes entwickelt haben.

Als letzter großer Block des Grundlagenteils der Arbeit wird die Plattform FLexKom vorgestellt. Hierbei wird zunächst das eigens entwickelte Kompetenzmodell in Aufbau und Verwendung im Kapitel 5.1 dargestellt. Zudem werden die Konzeption der Plattform mit ihren Leitideen und die erstellte Webseite der Plattform erläutert (Kapitel 5.2). Dabei wird auch auf die Lernzirkel der Plattform eingegangen, die sich als Umsetzungsmethode in der Intervention wiederfinden (Kapitel 5.3). Zudem wird eine erste Befragung von Lehrenden zum Konzept der Plattform im Kapitel 5.4 vorgestellt. Abgeschlossen wird der erste Teil mit einer Zusammenfassung.