

Essenzielle Features der Frankfurt/Grazer Optikkonzeption

Markus Obczovsky, Thomas Schubatzky, Claudia Haagen-Schützenhöfer

Universität Graz, Universitätsplatz 3, 8010 Graz
markus.obczovsky@uni-graz.at

Kurzfassung

Eine zentrale Aufgabe physikdidaktischer Forschung ist das Entwickeln innovativer Unterrichtskonzeptionen. Unterrichtsmaterialien bieten eine Möglichkeit diese Innovationen in die Schulpraxis zu bringen. Der Erfolg dieses Transfers ist mitunter abhängig davon, wie Unterrichtskonzeptionen im Unterricht implementiert werden. Wenn Lehrkräfte ihren Unterricht nach einer Unterrichtskonzeption gestalten, verwenden sie dafür meist zugehörige Unterrichtsmaterialien. Forschungsergebnisse zeigen, dass Lehrkräfte Unterrichtsmaterialien oft nur bruchstückhaft in ihrem Unterricht einsetzen (Breuer 2021), womit eventuell wesentliche Aspekte der Unterrichtskonzeption verloren gehen. Um Lehrkräfte dabei zu unterstützen, fachdidaktische Überlegungen und Leitideen einer Unterrichtskonzeption - welche möglicherweise nicht direkt aus den Unterrichtsmaterialien ersichtlich sind - im Unterrichtsmaterial zu erkennen und im Unterricht umzusetzen, wird das Konzept der Essenziellen Features (EF) als fachdidaktische Charakteristika einer Unterrichtskonzeption vorgeschlagen. Eine explizite Kommunikation dieser EF an Lehrkräfte soll dabei unterstützen, ihren Unterricht individuell und adressatengerecht zu gestalten und dennoch die fachdidaktischen Grundideen einer Unterrichtskonzeption berücksichtigen zu können. Es wird eine Systematisierung von EF vorgestellt, deren Konsistenz und Relevanz von fünf Expert:innen für fachdidaktische Entwicklungsforschung in einer Expertenbefragung validiert wurde. Die Ergebnisse der Expertenbefragung und eine daraus resultierende Überarbeitung des Konzepts der EF werden diskutiert. Zudem präsentieren wir eine konkrete Darstellung unserer EF-Systematik im REF (Repräsentation Essenzieller Features)-Raster anhand der Frankfurt/Grazer Optikkonzeption.

1. Einleitung

Eines der zentralen Anliegen physikdidaktischer Forschung ist es, Lehrkräfte bei der Verbesserung von Physikunterricht zu unterstützen. Eine Strategie ist, Lehrkräfte mithilfe von forschungsbasierten Unterrichtskonzeptionen bei der Gestaltung von Unterricht zu unterstützen (Breuer, 2021). Unterrichtskonzeptionen sind Lehrprogramme zu konkreten Themen, denen eine gestalterische Leitidee zugrunde liegt (Wilhelm, Schecker, & Hopf, 2021). Die Verbreitung dieser Unterrichtskonzeptionen in die Schulpraxis erfolgt in der Regel über die Bereitstellung von zugehörigen Unterrichtsmaterialien. Das sind Materialien, die Lehrkräfte beim Planen und Durchführen von Unterricht unterstützen sollen (Stein, Remillard, & Smith, 2007). Die zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien werden von der Lehrkraft durch die Brille ihres Professionswissens und ihrer Einstellungen gelesen, interpretiert und angepasst (Stein et al., 2007). Dabei konstruieren Lehrkräfte ihre eigene Variation der ursprünglichen Unterrichtskonzeption, die schließlich für die Planung oder Gestaltung des Unterrichts herangezogen wird – oder gänzlich auf Ablehnung stößt. Es zeigt sich zudem, dass sich Lehrkräfte oftmals nur oberflächlich mit Unterrichtsmaterialien auseinandersetzen, und so wesentliche Aspekte der Unterrichtskonzeption nicht erkennen oder nur ausgewählte Elemente, wie Bilder und Aufgaben,

für den Unterricht auswählen (Boesen et al., 2014; Breuer, Vogelsang, & Reinhold, 2020; Obczovsky, Haagen-Schützenhöfer, & Schubatzky, 2021).

In diesem Prozess gehen wichtige fachdidaktische Überlegungen der Entwickler:innen möglicherweise verloren. Bei der Entwicklung forschungsbasierter Unterrichtskonzeptionen werden gut begründete Entscheidungen basierend auf theoretischen Überlegungen oder empirischen Erkenntnissen getroffen, um Lernprozesse der Schüler:innen zu begünstigen. Diese Entscheidungen beeinflussen die gewählten Inhalte, deren Reihenfolge, verwendete Analogiemodelle, Repräsentationsformen oder ähnliche Aspekte. Bei der Entwicklung zugehöriger Materialien werden für manche Elemente zusätzlich pragmatische oder gestalterische Entscheidungen getroffen und eine Abänderung dieser Elemente hat vermutlich keinen entscheidenden Einfluss auf die Lernprozesse der Schüler:innen. Im Gegensatz zu den Entwickler:innen, wissen Lehrkräfte in der Regel nicht, welche der Elemente in den Unterrichtsmaterialien wesentlich für die Lernprozesse der Schüler:innen sind und welche nicht. Dies ist auch nicht der generische Aufgabenbereich von Lehrkräften, vielmehr scheint uns dies eine Teilaufgabe von Fachdidaktik im Rahmen von Forschungs-Praxistransfer zu sein. Um Lehrkräfte dabei zu unterstützen, die für die Lernprozesse der Schüler:innen relevanten Aspekte einer

Unterrichtskonzeption zu erkennen, schlagen wir daher eine systematische Kommunikation dieser relevanten Aspekte oder Elemente, die wir Essenzielle Features nennen, in Form eines Rasters vor.

2. Essenzielle Features

Essenzielle Features (EF) sind (fach-)didaktische Charakteristika einer Unterrichtskonzeption, mit gut begründeten empirischen oder theoretischen Argumenten, Lernprozesse der Schüler:innen zu begünstigen.

Unterricht kann mit dem Modell von Oser and Baeriswyl (2001) auf zwei Ebenen beschrieben werden: Die Sichtstruktur, als die Bedingungen der sichtbar ablaufenden Lehr-Lernhandlungen, und die Tiefenstruktur, als die Bedingungen für dabei nicht sichtbar ablaufende Lernprozesse der Schüler:innen. In diesem Modell stellen Unterrichtskonzeptionen eine Unterstützung für Lehrkräfte dar, die eigenen Lehrprozesse zu gestalten, um gewünschte Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler zu begünstigen.

Für die Gestaltung der Lehrprozesse müssen Lehrkräfte aus didaktischer Sicht vorwiegend inhaltliche und methodische Entscheidungen treffen. Bei diesen Entscheidungen können Unterrichtskonzeptionen unterstützen. Viele Unterrichtskonzeptionen der Physikdidaktik im deutschsprachigen Raum (z. B. Burde, 2018, Haagen-Schützenhöfer, 2016) beschränken sich jedoch darauf, eine Sachstruktur vorzuschlagen, die Lernprozesse der Schüler:innen bestmöglich unterstützt. Die Sachstruktur ist die Gesamtheit der Strukturierungselemente, wie fachliche Inhalte, Einsatz von Repräsentationen, Analogien und fachspezifischen Methoden (z. B. Experimente) und die Verknüpfung und die Abfolge all dieser Elemente im Unterricht (Brückmann, 2009; Schubatzky, 2020). Die methodischen Entscheidungen werden dabei oft der Lehrkraft überlassen.

2.1. Systematisierung von EF

Unterrichtskonzeptionen können Lehrkräfte folglich vorwiegend bei sachstrukturellen und unterrichtsmethodischen Entscheidungen unterstützen. Daher bieten diese zwei Kategorien den Ausgangspunkt für unsere Systematisierung der EF. Eine weitere Differenzierung in verschiedene Dimensionen der EF erfolgt basierend auf fachdidaktischer Literatur sowie auf bereits entwickelten naturwissenschaftlichen Unterrichtskonzeptionen. Die Liste an Dimensionen ist für den konkreten Fall einzelner Unterrichtskonzeptionen erweiterbar bzw. einschränkbar und erhebt somit keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder klare Trennschärfe zwischen den Dimensionen. Sie darf nicht als Operationalisierung der genannten Aspekte gedeutet werden, sondern ist eine Hilfestellung für Forschende EF einer Unterrichtskonzeption herauszuarbeiten und zu strukturieren bzw. die EF (angehenden) Lehrkräften gezielt zu kommunizieren.

sachstrukturell	Elementare fachliche Inhalte / Konzepte Elementare fachliche Inhalte sind elementare Wissensbausteine, die im Zuge der fachdidaktischen Elementarisierung entstehen. (vgl. Kircher, Girwidz, & Fischer, 2020)
	Reihenfolge elementarer fachlicher Inhalte / Konzepte Die Reihenfolge, in der elementare fachliche Inhalte bzw. Konzepte unterrichtet werden sollen.
	Repräsentationsformen Repräsentationsformen können sowohl bildliche als auch verbale Darstellungen zur Entwicklung von Vorstellungen umfassen. (Treagust, Duit, & Fischer, 2017)
	Modelle, Analogiemodelle Modelle repräsentieren relevante Ausschnitte einer Theorie, wie Elemente und Beziehungen. (Wagner, 2018) Analogiemodelle sind Modelle, die Ähnlichkeiten zu gewissen Bereichen des im Fokus stehenden Modells aufweisen. (Schubatzky, 2020)
	Kontexte Kontexte sind die Verknüpfung fachlicher Inhalte mit der „realen Welt“. (vgl. Duske, 2017)
	Begriffs- und Konzeptwechselstrategien Strategien, um Schüler:innen zu einer physikalisch adäquaten Sichtweise eines Begriffs oder Konzepts hin zu führen. (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2018)
	Schüleraktivitäten und Aufgabenschemata Prinzipien und Schemata, wie Schüler:innen zur kognitiven Aktivierung angeregt werden. (vgl. Fauth & Leuders, 2018)
unterrichtsmethodisch	Fachmethoden Fachmethoden sind für eine Disziplin typische und charakteristische Arbeitsweisen / Handlungsmuster (wie Messen, Beobachten u. dgl.). (vgl. Kircher et al., 2020)
	Unterrichtsmedien Unterrichtsmedien sind nichtpersonale Hilfsmittel für den Unterricht (z. B. Arbeitsblatt, Beamer, Tonträger u. dgl.), um Informationen zu übertragen. (vgl. Kircher et al., 2020)
	Methodische Großformen Methodische Großformen sind nach Kircher et al. (2020) z. B. Freiarbeit, Projektunterricht u. dgl.
	Methodische Unterrichtskonzepte Methodische Unterrichtskonzepte sind nach Kircher et al. (2020) z. B. genetischer Unterricht u. dgl.
	Phasen des Unterrichts Phasen des Unterrichts sind nach Kircher et al. (2020) das Gliederungsschema des Unterrichts.
	Sozialformen Sozialformen sind nach Kircher et al. (2020) die Organisation von Schüler:innen in sozialen Strukturen, wie Einzelarbeit, Partnerarbeit u. dgl.
	Methodenwerkzeuge Methodenwerkzeuge legen nach Kircher et al. (2020) „Arbeitsweisen, Interaktionsstrukturen und Kommunikationselemente“ fest.

Tab. 1: Erstversion der Dimensionen Essenzieller Features mit Bezeichnung und kurzer Beschreibung

Als Darstellung schlagen wir den REF (Repräsentation Essenzieller Features)-Raster am Beispiel der Frankfurt/Grazer Optikkonzeption vor (siehe Abb 1, bei Ausblick). Da die Systematisierung neben Lehrkräften auch Entwickler:innen unterstützen soll, wird deren Sicht auf die Systematisierung weiter untersucht.

3. Expertenbefragung

3.1. Erkenntnisinteresse

Das Ziel der Expertenbefragung ist das Konzept der EF aus fachdidaktischer Sicht kritisch zu beleuchten. Dabei lassen sich die folgenden Forschungsfragen formulieren:

- a) Ist das Konzept der EF aus fachdidaktischer Sicht nachvollziehbar, konsistent und anschlussfähig? (Konsistenz & Anschlussfähigkeit des Konzepts der EF)
- b) Ist die eingangs skizzierte Problemstellung nachvollziehbar und aus fachdidaktischer Sicht relevant für die Schulpraxis? (Relevanz der Problemstellung für die Schulpraxis)
- c) Ist das Konzept der EF, deren Systematisierung und die Darstellung als REF-Raster aus fachdidaktischer Sicht geeignet, um Lehrkräften die wesentlichen Aspekte einer Unterrichtskonzeption zu vermitteln? (Adressatengerechte Kommunikation an Lehrkräfte)
- d) Ist das Konzept der EF, deren Systematisierung und die Darstellung als REF-Raster aus fachdidaktischer Sicht geeignet, um (angehende) Lehrkräfte dabei zu unterstützen selbstständig EF einer Unterrichtskonzeption zu erkennen? (Unterstützung der Analysefertigkeiten von Lehrkräften)
- e) Ist die vorgeschlagene Systematisierung der EF zur Beschreibung wesentlicher Aspekte von Unterrichtskonzeptionen aus fachdidaktischer Sicht nachvollziehbar, sinnvoll und anschlussfähig? (Nachvollziehbarkeit der Systematisierung)

3.2. Sampling

Die Auswahl der Expert:innen erfolgte anhand folgender Kriterien:

- f) Bezug zur Naturwissenschaftsdidaktik,
- g) einschlägige Erfahrungen in der Entwicklungsforschung,
- h) aus dem deutschsprachigen Raum.

Bei der konkreten Auswahl wurden auch Expert:innen aus anderen Fächern und Traditionen miteinbezogen, um verschiedene Blickwinkel zu erlangen.

Insgesamt wurden fünf Experten aus Deutschland (3), Österreich (1) und der Schweiz (1) befragt. Alle haben promoviert und vier haben eine Professur für Naturwissenschaftsdidaktik, einer die Mathematikdidaktik.

3.3. Befragung

Den Experten wurde eine fünfseitige Beschreibung des Konzepts der EF und deren Zweck, der REF-Raster (vgl. Tab. 1) und fünf Fragen (siehe Tab. 2) geschickt, mit der Möglichkeit diese schriftlich oder per Videotelefonat zu beantworten und den Text zu kommentieren. Durch das Zusenden dieser Dokumente und Fragen haben die Experten die Möglichkeit ihre Antworten vor dem Interview zu strukturieren und bereits vorab Überlegungen anzustellen.

<p>Konsistenz & Anschlussfähigkeit des Konzepts</p> <p>F1: An welchen Stellen sind die Ausführungen zu Essenziellen Features aus Ihrer Sicht noch nicht schlüssig? Welche Argumente sind verwirrend oder widersprüchlich?</p>
<p>Relevanz der Problemstellung für die Schulpraxis, Adressatengerechte Kommunikation an Lehrkräfte</p> <p>F2: Wie beurteilen Sie die Relevanz Essenzieller Features und der vorgestellten Systematisierung dieser für die Unterrichtspraxis, um Lehrkräften zentrale Aspekte von Unterrichtskonzeptionen zu verdeutlichen?</p>
<p>Unterstützung der Analysefertigkeiten von Lehrkräften</p> <p>F3: Wie beurteilen Sie die vorgestellte Systematisierung Essenzieller Features, um (angehende) Lehrkräfte zu unterstützen zentrale Aspekte von Unterrichtskonzeptionen in Unterrichtsmaterialien selbstständig zu finden?</p>
<p>Nachvollziehbarkeit der Systematisierung:</p> <p>F4.1: Ist die Einteilung in sachstrukturelle und unterrichtsmethodische Dimensionen Essenzieller Features für Sie nachvollziehbar, wenn nicht, warum nicht?</p> <p>F4.2: Gibt es Dimensionen Essenzieller Features, die für Sie nicht nachvollziehbar sind, und wenn ja, welche und warum?</p> <p>F4.3: Welche weiteren Dimensionen Essenzieller Features – inkl. Beispielen und fachdidaktischer Begründungen – sollen in der Tabelle ergänzt werden?</p> <p>F4.4: Welche weiteren Beispiele und fachdidaktischen Begründungen können bestehenden Dimensionen hinzugefügt werden, um die Tabelle noch selbsterklärender zu machen?</p>
<p>F5: Welche weiteren Anmerkungen haben Sie?</p>

Tab. 2: Fragen an Expert:innen im Zuge der Befragung

3.4. Auswertung

Zwei Experten beantworteten die Fragen schriftlich und drei Experten in Videotelefonaten, welche einvernehmlich aufgezeichnet und transkribiert wurden. Die Transkripte und schriftlichen Antworten wurden mit einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) analysiert.

Dabei bilden die Forschungsfragen einen ersten Anhaltspunkt für ein deduktives Kategoriensystem, welches induktiv weiterentwickelt wird. Für die entstehenden Kategorien werden die Antworten der Experten zu Kernaussagen paraphrasiert (siehe Abb. 1).

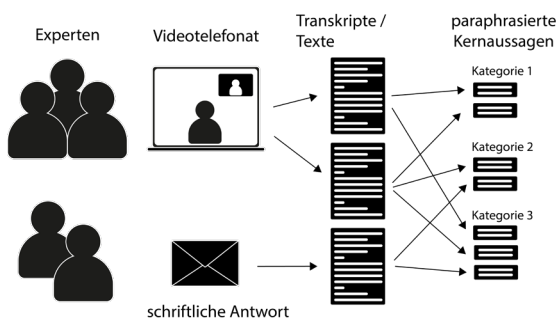


Abb. 1: Schematische Darstellung der Expertenbefragung und Auswertung

4. Ergebnisse

Die zentralen Argumente der Experten werden im Folgenden abgebildet, um in Folge Schlüsse für eine Weiterentwicklung des Konzepts der EF zu ziehen. Die Kernaussagen der Experten wurden dafür den Hauptkategorien zugeordnet und zusammengeführt. Die Argumente aller Experten werden als gleichwertig in ihrer Bedeutsamkeit angesehen und es wird bewusst keine genaue Anzahl an Nennungen genannt, um keine Wertigkeit der Argumente zu suggerieren. Es wird lediglich zwischen Einzelaussagen und einem Teil der Experten differenziert, um Einzelmeinungen, konkurrierende Einschätzungen oder überwiegenden Konsens abzubilden.

4.1. Konsistenz & Anschlussfähigkeit des Konzepts der EF

Die erste Forschungsfrage betrifft die Nachvollziehbarkeit des Konzepts der EF und wie anschlussfähig dieses Konzept der EF innerhalb der Fachdidaktik ist. Dafür wurde das Konzept der EF in einem fünfseitigen Textdokument beschrieben.

Die meisten Experten finden die Beschreibung des Konzepts der EF größtenteils nachvollziehbar und zeigen lediglich kleinere Unklarheiten auf. Das Konzept der EF wird z. B. mit der Idee eingeleitet, dass eine Unterrichtskonzeption eine Art (fach-)didaktisch gut begründeten wesentlichen Kern hat und eine Verpackung. Diese Verpackung kommt durch pragmatische und gestalterische Entscheidungen zustande. Dabei wird von einem Experten angemerkt, dass diese Trennung womöglich nicht scharf zu machen ist, da es nicht zu jedem einzelnen Feature einer Unterrichtskonzeption empirische Belege für seine Lernwirksamkeit gibt. Ein anderer Experte merkt an, dass es für den intendierten Zweck der EF zur Darstellung wesentlicher Aspekte einer Unterrichtskonzeption keiner empirischen Belege für die Lernwirksamkeit einzelner Features bedarf, sondern es ausreichend ist, wenn es aus fachdidaktischer Sicht Argumente für eine Lernwirksamkeit gibt.

4.2. Relevanz der Problemstellung für die Schulpraxis

Viele Unterrichtskonzeptionen sind in der Umsetzung im Unterricht nachweislich lernwirksamer als traditioneller Unterricht (Burde, 2018; Spatz, Hopf, Wilhelm, Waltner, & Wiesner, 2018), dennoch sind diese in der Schulpraxis nicht ausreichend verbreitet.

Dieser Einschätzung stimmen alle Experten zu, auch, dass dieser Umstand ein Desiderat für die Fachdidaktik darstellt. Die Ursache wird von einem Experten zum Teil in der mangelnden Präsenz von Unterrichtskonzeptionen in Curricula und zum Teil in starken subjektiven Überzeugungen zur Struktur von Unterricht bei Lehrkräften und Lehrerbildner:innen gesehen. Als Lösungsansatz wird von diesem Experten eine Verankerung von Unterrichtskonzeptionen in den Curricula bzw. eine verstärkte Thematisierung von Unterrichtskonzeptionen in der Lehramtsausbildung vorgeschlagen, um subjektive Überzeugungen

von (angehenden) Lehrkräften gegenüber Unterrichtskonzeptionen zu adressieren. Ein Teil der Experten berichtet auch von eigenen Erfahrungen aus der Forschungsarbeit beim Entwickeln bzw. Evaluieren von Unterrichtskonzeptionen mit Lehrkräften: Es ist für Personen, die in die Entwicklung nicht involviert sind, oftmals nicht trivial zu erkennen, welche Aspekte einer Unterrichtskonzeption wesentlich für eine wirksame Umsetzung sind und welche nicht. Es daher oft schwer nur anhand der Unterrichtsmaterialien herauszufinden, was an einer Unterrichtskonzeption wesentlich für die Lernwirksamkeit ist.

Diese EF von Unterrichtskonzeptionen – wie auch immer sie genannt und aus Konzeptionen extrahiert werden – den (angehenden) Lehrkräften gezielt zu kommunizieren wird daher von den Experten durchwegs als wichtig erachtet.

4.3. Adressatengerechte Kommunikation an Lehrkräfte

In erster Linie sollen EF und deren Systematisierung Entwickler:innen unterstützen, wesentliche Aspekte von Unterrichtskonzeptionen herauszuarbeiten bzw. strukturieren und mithilfe des REF-Rasters für (angehende) Lehrkräfte übersichtlich und kompakt darzustellen.

Lehrkräften diese wesentlichen Aspekte einer Unterrichtskonzeption, also deren EF, nahezubringen, wird von den Experten durchwegs als relevant gesehen. Jedoch sind laut einem Teil der Experten empirische Untersuchungen notwendig, ob die Systematisierung und die Darstellung in Form einer Tabelle für diesen Zweck geeignet sind. Ein Teil der Experten sieht jedenfalls das Potenzial der Systematisierung von EF und des REF-Rasters Lehrkräften klar zu kommunizieren, worauf es in einer Unterrichtskonzeption in Hinblick auf die Lernwirksamkeit ankommt und was relevant ist.

4.4. Unterstützung der Analysefertigkeiten von (angehenden) Lehrkräften

In dem fünfseitigen Dokument wird der REF-Raster auch als Hilfsmittel für (angehende) Lehrkräfte vorgestellt, um EF von Unterrichtskonzeptionen zu identifizieren. Vor allem in der Lehramtsausbildung soll der REF-Raster Studierenden helfen, auf unterschiedliche fachdidaktische Aspekte von Unterrichtsmaterialien – insbesondere zu Unterrichtskonzeptionen – zu achten und so eine vertiefte Auseinandersetzung mit Unterrichtskonzeptionen zu unterstützen.

Der REF-Raster als Hilfsmittel für (angehende) Lehrkräfte wird von den Experten unterschiedlich eingeschätzt. Ein Teil der Experten fragt sich, ob z. B. Studierende überhaupt beurteilen können, was wesentlich für eine wirksame Umsetzung ist und was nicht. Die Anforderungen an ein eigenständiges Analysieren von Unterrichtskonzeptionen durch (angehende) Lehrkräfte sind außerdem andere als bei einer Darstellung wesentlicher Aspekte durch Entwickler:innen. Laut einem Teil der Experten ist viel fachdidaktisches Hintergrundwissen und vermutlich die Aus-

einandersetzung mit zusätzlichen Materialien oder Publikationen notwendig. Außerdem ist es laut einem Experten vermutlich ohne Konsultation einer Person aus dem Entwicklerteam gar nicht möglich alle EF zu erschließen. Ein Experte merkt dazu auch an, dass Unterrichtsmaterialien es gar nicht leisten können die Unterrichtskonzeption dahinter explizit zu machen, da diese mehr ist als die Summe ihrer einzelnen Merkmale.

Auch der Einsatz des REF-Rasters in der Lehramtsausbildung wird unterschiedlich gesehen. Von einem Experten wird einerseits die Frage aufgeworfen, ob (angehende) Lehrkräfte überhaupt generisch lernen können EF aus Unterrichtskonzeptionen herauszufiltern. Hier bedarf es laut dem Experten vor allem einer empirischen Abklärung. Andererseits wird die Idee als sinnvoll empfunden, Studierende darauf zu sensibilisieren, worauf sie bei Unterrichtsmaterialien überhaupt achten können:

Ja, also das finde ich hervorragend, weil die Erfahrung mache ich auch mit Studierenden, also zunächst mal zu sensibilisieren, auf was könnte ich achten? Und so einen fragenden Blick zu erzeugen. Einen neugierigen Blick. Warum wird das in diesem oder jenem Lehrmittel so gemacht. Nicht vorschnell zu beurteilen, nach dem Motto: Ich versteh das nicht. Das spricht mich an. Von der Gestaltung her. Also fragend heranzugehen und dann vielleicht herausfinden, dass es tatsächlich nicht zufällig so gestaltet ist. Sondern es da eine Begründung gibt. Im Idealfall sind die natürlich durch das Entwicklungsteam irgendwo bereitgestellt. (Experte 1, Graz, 20.02.2022)

4.5. Systematisierung von EF

Die EF werden in dem fünfseitigen Dokument in sachstrukturelle und unterrichtsmethodische Dimensionen eingeteilt. Die einzelnen Dimensionen werden beschrieben und für jede Dimension ein bis zwei Beispiele mit fachdidaktischer Begründung genannt.

Bei der Aufteilung in sachstrukturelle und unterrichtsmethodische EF gibt es unter den Experten geteilte Ansichten. Es wird angemerkt, dass die beiden Ebenen grundsätzlich nachvollziehbar sind, aber diese Ebenen durchaus Zusammenhänge aufweisen, z. B. lassen sich für die Dimensionen „Fachmethoden“, „Schüleraktivitäten und Aufgabenschemata“ und „Kontexte“ Argumente für beide Kategorien finden. Auch wird angemerkt, dass sie sich möglicherweise auf einer unterschiedlichen Ebene befinden, da die Sachstruktur einer Unterrichtskonzeption laut einem Teil der Experten nachweislich mehr Einfluss auf die Lernprozesse der Schüler:innen hat als die Unterrichtsmethoden. Dabei wird von einem Teil der Experten die Frage aufgeworfen, ob es in der Physikdidaktik überhaupt Konzeptionen gibt, die unterrichtsmethodische Charakteristika haben, die der Definition von EF gerecht werden bzw. die nachweislich zur Lernwirksamkeit einer Konzeption beitragen. Es ist aus Sicht eines Experten auch fraglich, wie sinnvoll es ist, eine Systematisierung zu finden, die außerhalb der Physikdidaktik Anwendung findet, wo doch

laut dem Experten in der Physikdidaktik Sachstrukturen wichtiger sind als in anderen Didaktiken. Von dem Experten wird z. B. die Bedeutung unterrichtsmethodischer Charakteristika von Unterrichtskonzeptionen wie folgt angezweifelt:

Das liegt aber vielleicht auch daran, dass die Rolle von Schülervorstellungen in Mathe bei weitem nicht so dominant ist. Also, da will ich Ihnen Mut machen, sich wirklich nur auf Physik zu fokussieren. Weil das in Mathe einfach ganz anders ist. Also ich kenne auch die Empirielage auch noch nicht. Weiß nicht, ob man mit Freiarbeitsmaterialien besser lernt als mit einer guten direkten Instruktion. Ich weiß nicht, wie solide die Evidenz dazu ist. Die Evidenz, die ich als Physikdidaktiker dazu kenne ist ziemlich traurig. Da tut sich nämlich insgesamt gar nichts. (Experte 2, Graz, 01.03.2022)

Ein Experte sieht auch die Gefahr, Studierenden den Eindruck zu vermitteln Unterrichtsmethoden können „essenziell“ für den Lernerfolg der Schüler:innen sein, wo doch (angehende) Lehrkräfte Unterricht oft ausgehend von der Sichtstruktur planen. Daher wird von einem Experten ein Perspektivenwechsel weg von Sachstruktur und Unterrichtsmethode hin zu Tiefenstruktur und Oberflächenstruktur vorgeschlagen. Auch die unterschiedliche Korngröße der Dimension wird angesprochen. Laut eines Experten sind nicht alle Dimensionen gleich wichtig in Bezug auf die Lernprozesse. So wird die Reihenfolge der fachlichen Inhalte als wesentlich entscheidender erachtet als die Darstellung von Pfeilen.

Bei den einzelnen Dimensionen von EF sind einige Unklarheiten aufgetreten und einige zusätzliche Dimensionen vorgeschlagen worden, welche im Folgenden angeführt werden. Sprachlich sorgte z. B. bei der Dimension „Repräsentationsformen“ die Beschreibung „verbale Darstellung“ bei einem Experten für Verwirrung:

„Aber da bin ich tatsächlich über die Formulierung gestolpert. Weil was ist denn eine verbale Darstellung. Eine bildliche Darstellung kann ich mir gut vorstellen. Eine verbale Darstellung fand ich ein bisschen schwierig.“ (Experte 3, Graz, 20.02.2022)

Im Sinne einer besseren Verständlichkeit wird daher von diesem Experten vorgeschlagen in diese Dimension nur bildliche Darstellungen aufzunehmen und eine zusätzliche Dimension „Sprache/Begriffe“ zu ergänzen. Auch die Beschreibung der Analogiemodelle in der Dimension „Modelle, Analogiemodelle“ kann für Unklarheiten sorgen, gerade für die Zielgruppe der (angehenden) Lehrkräfte. Weiters kamen von einem Teil der Experten ergänzend zur Dimension „elementare fachliche Inhalte / Konzepte“ die Vorschläge „zentrale fachliche Erklärungen“, „zentrale fachliche Größen“ mit deren Konzeptualisierung und „weggelassene Inhalte“ auf. Letztere sind insofern laut den Experten besonders wichtig, da Lehrkräfte oft nicht wissen, was im Zuge einer Elementarisierung bewusst weggelassen wurde und diese weggelassenen Inhalte möglicherweise ergänzen, was die Idee der Unterrichtskonzeption konterkarieren kann. Ein

Experte schlägt auch eine Dimension vor, in der die Kompetenzen aus z. B. dem deutschen Kompetenzmodell Erkenntnisgewinnung, Bewertung und Kommunikation mitgedacht werden, gerade in Anbetracht der Tatsache, dass momentan Kompetenzorientierung immer wichtiger wird. Die Kompetenz Erkenntnisgewinnung lässt sich laut diesem Experten zwar unter Umständen der Dimension „Fachmethoden“ zuordnen, aber das geht nicht klar hervor. Es ist auch fraglich, wo fachspezifische Prozesse abgebildet werden, eher in „Fachmethoden“ oder „Schüleraktivitäten und Aufgabenschemata“.

Die Beispiele für Charakteristika im REF-Raster wurden von den Experten entweder nicht kommentiert oder als sinnvoll erachtet.

5. Diskussion

Im Folgenden wird das Konzept der EF und deren Intention, angestoßen durch die von den Experten aufgeworfenen Fragen und angeführten Argumente, diskutiert und Änderungen an den EF sowie deren Systematisierung beschrieben.

Bei Unterrichtskonzeptionen lässt sich eine scharfe Trennung in einen wesentlichen Kern und in eine flexible Verpackung in vielen Fällen schwer machen. An einzelne Essenzielle Features, als wesentlichen Kern, soll nicht der Anspruch gestellt werden, empirisch nachgewiesen zur Lernwirksamkeit einer Unterrichtskonzeption beigetragen zu haben. Unterrichtskonzeptionen werden unter verschiedenen Forschungsparadigmen entwickelt. Beim Entwickeln von Unterrichtskonzeptionen im Paradigma des Design-based Research (vgl. Burde, 2018; Haagen-Schützenhöfer, 2016) wird z. B. ein holistischer Ansatz verfolgt, bei dem es nicht darum geht jedes einzelne Element auf seine individuelle Wirksamkeit aufzulösen. Das liegt einerseits an der Fülle an Variablen an denen im Zuge der Entwicklungsforschung gedreht werden und andererseits an dem komplexen System Unterricht in dem sie evaluiert werden. Dennoch lassen sich fachdidaktische Argumente finden, die für oder gegen die Lernwirksamkeit einzelner Features sprechen.

Jedenfalls scheint die Notwendigkeit EF, also den wesentlichen Kern einer Unterrichtskonzeption, (angehenden) Lehrkräfte nahezubringen, laut der befragten Experten, gegeben. Die Frage ist nur: Wie?

Während der REF-Raster von den Experten größtenteils als eine geeignete Form der Darbietung der EF einer Unterrichtskonzeption für Lehrkräfte eingeschätzt wird, stößt der REF-Raster als Hilfsmittel für (angehende) Lehrkräfte selbst EF aus Unterrichtsmaterialien zu extrahieren auf Zweifel der Experten. Daher bedarf es weiterer Forschung, um einerseits die Fähigkeit (angehender) Lehrkräfte zu untersuchen, EF aus Unterrichtsmaterialien mit oder ohne Tabelle zu extrahieren, aber auch, inwiefern diese Fähigkeit lernbar bzw. trainierbar ist.

Der REF-Raster wurde mithilfe der Rückmeldung der Experten überarbeitet. Der Beitrag der unterrichtsmethodischen Dimensionen zur Lernwirksamkeit wird von der Mehrheit der Experten hinterfragt, da diese laut Experten eher die Sichtstruktur von Unterricht beeinflussen und ihnen keine Unterrichtskonzeptionen mit unterrichtsmethodischen EF bekannt wären.

Wir schließen dennoch nicht aus, dass es Unterrichtskonzeptionen mit unterrichtsmethodischen EF geben kann. Unterrichtskonzeptionen sollen Lehrkräfte beim Gestalten von Unterricht unterstützen. Aus der Perspektive, dass die Gestaltung von Unterricht aus fachdidaktischer Sicht auf inhaltlichen und unterrichtsmethodischen Entscheidungen beruht (vgl. Meyer, 1987) macht es unserer Meinung nach Sinn diese Dimensionen beizubehalten. Die Liste der von uns vorgeschlagenen Dimensionen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und es können manche Dimensionen weggelassen werden, wenn es bei einer Unterrichtskonzeption in dieser Dimension keine EF gibt. Bei der Liste an Dimensionen handelt es sich in erster Linie um eine Unterstützung. Einerseits für Entwickler:innen, um den wesentlichen Kern entwickelter Unterrichtskonzeptionen herauszuarbeiten und darzustellen und andererseits für (angehende) Lehrkräfte, die EF einer Unterrichtskonzeption zu erschließen.

Die Dimension „elementare fachliche Inhalte / Konzepte“ des REF-Rasters wurde umbenannt in „zentrale fachliche Ideen“. Dadurch lassen sich zentrale Erklärungen bzw. zentrale Größen eines zu unterrichtenden Gegenstandsbereichs und deren Konzeptualisierung eindeutig dieser Dimension zuordnen. Die Dimension „weggelassene fachliche Ideen“ wurde den Empfehlungen nach aufgenommen. Da sich einzelne Dimensionen nicht klar der Sachstruktur oder den Unterrichtsmethoden zuordnen lassen, werden einige Dimensionen in einen Übergangsbereich zwischen diesen Kategorien eingeordnet, wie z. B. die Dimensionen „Kontexte“ und „Schüleraktivitäten und Aufgabenschemata“. Die Dimension „Fachmethoden“ wurde zugunsten der Dimensionen „fachspezifische Prozesse / Tätigkeiten“ und „Experimente“ entfernt. Letztere können sowohl reines Medium zur Veranschaulichung physikalischer Phänomene als auch zur Entwicklung experimenteller Kompetenzen oder eines Naturwissenschaftsverständnisses sein. Deshalb finden sich „Experimente“ im Übergangsbereich wieder. Die Beschreibung der Dimensionen „Modelle, Analogien“ und „Repräsentationsformen“ wurden sprachlich abgeändert, da Experten über die Formulierung gestolpert sind. Begriffe bleiben trotz Einwand eines Experten weiterhin Teil von „Repräsentationsformen“, da dieser Begriff in der Physikdidaktik üblich ist. Bei den unterrichtsmethodischen Dimensionen gab es keine Änderungsvorschläge der Experten, außer, dass einige der Experten in Frage stellen, ob unterrichtsmethodische Aspekte überhaupt EF sein können.

6. Ausblick

Um die Potenziale der EF und des REF-Rasters für die Entwickler:innen, die Lehrkräfte und die Lehrkräfteausbildung auszuloten, sind noch einige Schritte denkbar.

So kann mithilfe des REF-Rasters in einem ersten Schritt versucht werden, die EF einzelner Unterrichtskonzeptionen mit dem Entwicklerteam oder Publikationen herauszuarbeiten (vgl. Abb. 1), um anschließend den REF-Raster auf Akzeptanz unter Lehrkräften zu prüfen. Es stellt sich auch die Frage, ob Lehr-

kräfte – selbst, wenn sie den REF-Raster als hilfreich empfinden – tatsächlich eher einen Unterricht gestalten können, der an der jeweiligen Unterrichtskonzeption orientiert ist und der den wesentlichen Kern besser berücksichtigt als ohne der Unterstützung durch den REF-Raster.

Der REF-Raster als Hilfsmittel für Physiklehramtsstudierende zum Erschließen einer Unterrichtskonzeption durch die systematische Analyse von Unterrichtsmaterialien wird im Zuge einer Dissertation untersucht und weiterentwickelt.

Dimensionen EFs	EFs	Fachdidaktische Begründungen	
sachstrukturell	Zentrale fachliche Ideen	<p>Lichtausbreitung (Sender-Empfänger-Streu-Vorstellung)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Um einen Gegenstand zu sehen, muss Licht von diesem Gegenstand ins Auge gelangen. - Es gibt Selbstsender und Zwischensender – beide strahlen Licht in alle Richtungen ab. Für beide funktioniert das Sehen gleich: Man kann sie sehen, wenn Licht von ihnen ins Auge fällt. - Licht strömt sehr schnell und geradlinig. <p>Farben und Farbwahrnehmung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zwischensender streuen einen Teil des einfallenden Lichts in alle Richtungen. - Es gibt verschiedene Lichtsorten. Wenn man Lichtsorten mischt, entstehen neue Lichtsorten. - Wo schon Licht ist, kann noch zusätzliches Licht hin. - Sonnenlicht ist weiß und lässt sich in unterschiedliche Lichtsorten (Regenbogenfarben) aufspalten. - Trifft Licht auf einen Gegenstand wird ein Teil des Lichts aufgenommen und ein Teil des Lichtes abgestrahlt. - Es ist eine feste Eigenschaft eines Gegenstandes, für welche Lichtsorte er Zwischensender ist. - Es ist keine feste Eigenschaft eines Gegenstandes, in welcher Farbe er erscheint. <p>Schatten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trifft Licht auf ein Hindernis, entsteht hinter dem Hindernis ein Schattenraum. <p>Abbildungen mit der Lochkamera und Linsenkamera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ein Lichtsender besteht aus vielen kleinen Leuchtflecken. Jeder Leuchtfleck strahlt einen Lichtkegel ab, auf einem Hindernis erzeugt dieser Lichtkegel einen Bildfleck, als Abbildung dieses Leuchtflecks. - Ein Lichtstrahl ist ein Stellvertreter eines großen Lichtkegels. - Das Bild eines Gegenstandes ist scharf, wenn alle Leuchtflecken des Gegenstandes voneinander getrennte Bildflecken auf einem Bildschirm erzeugen. - Eine Sammellinse macht aus einem auseinanderlaufenden Lichtkegel einen zusammenlaufenden Lichtkegel. - Mit einer Linsenkamera kann man Entfernungen messen, da zu jeder Bildweite genau eine Gegenstandsweite gehört. <p>Das Spiegelbild</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ein Spiegel vertauscht vorne und hinten. - Das Spiegelbild ist hinter dem Spiegel. Der Abstand Gegenstand zu Spiegel und Spiegelbild zu Spiegel ist gleich groß. <p>Reflexion und Brechung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reflexion ist ein Sonderfall der Streuung. Dabei wird das Licht in eine bestimmte Richtung weitergestrahlt. - Bei der Reflexion gilt: Einfallswinkel des Lichts ist gleich dem Ausfallswinkel des Lichts. - Beim Übergang von zwei Materialien kommt es entweder zur Brechung zum oder vom Lot. <p>Abbildungen mit der Sammellinse</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Sammellinse ist optisches Bauteil, das das Prinzip der Lichtbrechung nutzt. - Die Sammellinse bildet Leuchtflecken auf Bildflecken ab, indem sie die Lichtkegel der Leuchtflecken fokussiert. - Das Bild einer Sammellinse kann man mit Stellvertreterstrahlen konstruieren. 	<p>Zuerst soll eine ange weiterführender Kon Lichtwege einzugeh</p> <p>Aufbauend auf d Interesse an F so soll als weiß Gegenstan</p>
	Reihenfolge zentraler fachlicher Ideen		
	Weggelassene fachliche Ideen	<ul style="list-style-type: none"> - Wellencharakter von Licht - Trennung in künstliche und natürliche Lichtquelle 	
	Modelle, Analogien	<ul style="list-style-type: none"> - Die Lochkamera wird immer wieder als einfaches Augenmodell herangezogen und später z. B. mit einer Linse optimiert. 	
	Repräsentationsformen	<ul style="list-style-type: none"> - Licht wird zu Beginn mit auseinanderlaufenden Pfeilen dargestellt, anschließend als Lichtkegel und erst ganz am Ende als Lichtstrahl. - In Darstellungen gibt es immer Lichtsender, Lichtempfänger und den Lichtweg. - Die Begriffe Lichtsender, Selbstsender und Zwischensender werden für selbstleuchtende bzw. beleuchtete Gegenstände eingeführt. Der Begriff Lichtempfänger wird für Auge, Kamera, etc. eingeführt. - Sonnenlicht wird weiß dargestellt und nicht gelb, und später werden die Lichtsorten des Regenbogens innerhalb des Pfeiles für weißes Licht dargestellt. - Pfeile für abgestrahltes Licht eines Gegenstandes werden kleiner dargestellt als auftreffendes Licht. Aufgenommenes Licht wird als gewellter Pfeil dargestellt. - Der Begriff Leuchtfleck wird für einen ausgedehnten Punkt am Gegenstand eingeführt, der Licht in alle Richtungen kegelförmig abstrahlt. Der Begriff Bildfleck wird für den Fleck eingeführt, der entsteht, wenn der Lichtkegel auf ein Hindernis trifft. - Abbildungen werden immer mit der Leuchtfleck-zu-Bildfleck-Darstellungen verbildlicht. - Der Begriff Stellvertreterstrahl wird für einzelne ausgezeichnete Lichtstrahlen eingeführt. 	<p>Dadur werden Die häu Dadurch entwick</p>
	Fachspezifische Prozesse / Tätigkeiten		
	Begriffs- und Konzeptwechselstrategien	<ul style="list-style-type: none"> - Das Motto „Von Nix kommt Nix“ wird immer wieder als kognitiver Anker verwendet. - Das Motto „Licht ist anders“ wird immer wieder als kognitiver Anker verwendet. 	<p>- „V Lem - „Lich hin.</p>
	Kontexte	<ul style="list-style-type: none"> - Die Kontexte sind aus der Biologie oder dem Alltag der Schüler:innen entlehnt. 	<p>Interes</p>
	Schüleraktivitäten und Aufgabenschemata	<ul style="list-style-type: none"> - Es gibt viele aktive Lerngelegenheiten allein oder im Team in Form vielschichtiger Aufgabentypen, die gezielt eine kognitive Aktivierung der Schüler:innen unterstützen sollen. 	<p>Das Z</p>
	Experimente	<ul style="list-style-type: none"> - Die Lochkamera wird als Nachweisgerät für Licht eingeführt: Wenn Licht von einem Gegenstand durch das Loch fällt, entsteht ein Bild des Gegenstandes am Bildschirm. - Nachweisexperiment für weißes Licht und gelbes Licht wird eingeführt: Wenn auf einer weißen Fläche ein weißer Lichtfleck entsteht, ist das Licht weiß. - Die Linsenkamera wird zur Bestimmung von Entfernungen verwendet. 	<p>Dad</p>
Unterrichts-methodisch	Unterrichtsmedien		
	Methodenwerkzeuge		
	Sozialformen		
	Phasen des Unterrichts		
	Methodische Unterrichtskonzepte		
Methodische Großformen			

Abb. 2: Möglicher REF (Repräsentation Essenzieller Features)-Raster zur Frankfurt/Grazer-Optikkonzeption als Beispiel zur Darstellung der EF einer Unterrichtskonzeption und deren fachdidaktischen Überlegungen (hier aus Platzgründen nicht abgeschnitten)

7. Literatur

- Boesen, J., Helenius, O., Bergqvist, E., Bergqvist, T., Lithner, J., Palm, T., & Palmberg, B. (2014). Developing mathematical competence: From the intended to the enacted curriculum. *The Journal of Mathematical Behavior*, 33, 72–87.
- Breuer, J. (2021). *Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen: Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 314*. Berlin: Logos Berlin.
- Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2020). Implementation und Nutzung von Unterrichtsmaterialien im schulischen Unterricht: Eine Bestandsaufnahme der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. *PhyDid.* (1/19), 12–22.
- Brückmann, M. (2009). *Sachstrukturen im Physikunterricht: Ergebnisse einer Videostudie*. Zugl.: Potsdam, Univ., Diss., 2009. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 94*. Berlin: Logos Verlag.
- Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 259*. Berlin: Logos Verlag Berlin.
- Duske, P. (2017). Kontextorientierung des Unterrichts. In P. Duske (Ed.), *Bilingualer Unterricht im Fokus der Biologiedidaktik: Auswirkungen von Unterrichtssprache und -kontext auf Motivation und Wissenserwerb* (pp. 19–27). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Fauth, B., & Leuders, T. (2018). *Kognitive Aktivierung im Unterricht. Wirksamer Unterricht*. Stuttgart.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). *Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I* (Kumulierte Habilitationsschrift). Universität Graz, Graz.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Fischer, H. E. (Eds.) (2020). *Physikdidaktik | Grundlagen* (4. Aufl. 2020). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Meyer, H. (1987). *Unterrichtsmethoden: Theorieband*. Frankfurt am Main: Scriptor.
- Obczovsky, M., Haagen-Schützenhöfer, C., & Schubatzky, T. (2021). *Use and Fidelity of Implementation of Innovative Curriculum Materials in School Practice*. ESERA 2021, P., Braga, Portugal.
- Oser, F., & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (4th ed., pp. 1031–1065). Washington, D.C: American Educational Research Association (AERA).
- Schubatzky, T. (2020). *Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht : Eine multiperspektivische Betrachtung in Deutschland und*. Logos Verlag Berlin.
- Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C., & Wiesner, H. (2018). Eine Einführung in die Mechanik über die zweidimensionale Dynamik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 71–82.
- Stein, M. K., Remillard, J. T., & Smith, M. (2007). How curriculum influences student learning. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 319–369). Greenwich: Information Age Pub.
- Treagust, D. F., Duit, R., & Fischer, H. E. (Eds.) (2017). *Multiple Representations in Physics Education* (Vol. 10). Cham: Springer International Publishing.
- Wagner, S. (2018). *Erklärung physikalischer Phänomene mit Modellen*. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (Eds.) (2018). *Physikdidaktik kompakt* (4. Auflage). Seelze: Aulis Verlag.
- Wilhelm, T., Schecker, H., & Hopf, M. (Eds.) (2021). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (1. Auflage 2021). Berlin: Springer Berlin.