

Monique Meier,
Kathrin Ziepprecht,
Jürgen Mayer (Hrsg.)

Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen



Waxmann 2018
Münster • New York

Die diesem Sammelwerk zugrunde liegenden Vorhaben wurden im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Print-ISBN 978-3-8309-3728-9

E-Book-ISBN 978-3-8309-8728-4

© Waxmann Verlag GmbH, 2018

www.waxmann.com

info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Daniel Maaß, Kassel / Anne Breitenbach, Münster

Grafiken/Abbildungen: Daniel Maaß, Kassel

Druck: CPI Books GmbH, Leck

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier, säurefrei gemäß ISO 9706



MIX

Papier aus verantwortungsvollen Quellen

FSC® C083411

Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

10 Lernen mittels Konzeptwechsel in der Hochschuldidaktik

Finja Grospietsch und Jürgen Mayer

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wird das Lehr-Lernmodell des Konzeptwechsels (Conceptual Change) vom schulischen auf den universitären Kontext, bzw. auf die erste Phase der Lehrerbildung übertragen. Es wird beschrieben, welche Arten von Präkonzepten bei angehenden Lehrkräften bestehen können und vor dem Hintergrund professioneller Kompetenz ausgeführt, welche Folgerungen sich für die Lehrerbildung ableiten lassen. Auf der Basis eines Modells zum professionellen Konzeptwechsel werden Bedingungen und Ziele des Konzeptwechsels bei Studierenden im Rahmen der universitären Ausbildung dargestellt. Konkrete Projekte geben in den Folgekapiteln dieses Buches einen Einblick, wie sie dieses Modell fachbezogen konkretisieren sowie dessen Effektivität für akademisches Lehren und Lernen überprüfen.

Abstract

This chapter transfers the teaching and learning model of conceptual change from the school to university context, and specifically to the first phase of teacher education. We describe the types of misconceptions that can arise among pre-service teachers and their potential consequences for teacher education, particularly in terms of professional competence. The necessary preconditions for and goals of conceptual change among students in university education are presented on the basis of a model of professional conceptual change. In the following chapters, concrete projects provide insights into how they make this model more concrete with respect to specific topics and test its effectiveness for academic teaching and learning.

1 Einleitung

Vor dem Hintergrund einer konstruktivistischen Lehr-Lerntheorie sind sog. Präkonzepte von Lernenden, also ihr vorunterrichtliches Wissen und ihre Überzeugungen zu einem Gegenstandsbereich, ein zentrales Element des Lehr-Lernprozesses. Aus Perspektive der wissenschaftlichen Disziplinen können Präkonzepte von Lernern nicht korrekt (= Fehlkonzepte) oder nur im Alltagskontext angemessen (= Alltagskonzepte) sein. Derartige Präkonzepte sollten langfristig und gezielt zu wissenschaftlich angemessenen Konzepten (= Fachkonzepten) weiterentwickelt werden. Im schulischen Kontext wird hierzu das Lehr-Lernmodell des Konzeptwechsels (Conceptual Change) genutzt und in zahlreichen Disziplinen angewendet, darunter Biologie (Inagaki & Hatano, 2002; Krüger, 2007), Geschichte (z.B. Leinhardt & Ravi, 2008), Politikwissenschaft (z.B. Voss & Wiley, 2006) oder auch Mathematik (z.B. Vosniadou & Verschaffel, 2004).¹ Konzeptwechselforschung untersucht sowohl den Prozess, durch den Lerner Präkonzepte revidieren und fachlich vertretbare Konzepte erwerben, als auch die Art und Weise, wie Präkonzepte sich durch Lernen und Entwicklung verändern, und welche Schwierigkeiten sich dabei ergeben (Vosniadou, 2013). Konzeptwechsel von schulischen Lernern ist Thema zahlreicher Lehrerfortbildungen, wobei deutlich wird, dass auch Lehrkräfte bei ihrer Professionalisierung Konzeptwechsel durchlaufen müssen (z.B. Stofflett, 1994; Feldman, 2000; Hewson, Tabachnick, Zeichner, Blomker, Meyer, Lemberger, Marion, Park & Toolin, 1999; Hewson, Tabachnick, Zeichner & Lemberger, 1999). Das Modell des Konzeptwechsels wird so auch auf Lehrerfortbildungen selbst angewandt (z.B. Möller, Kleickmann & Jone, 2004; Hand & Treagust, 1994; Tobin, Tippins & Gallard, 1994; Fischler, 2000; Gustafson & Rowell, 1995), wobei es u.a. das Ziel ist, Präkonzepte von praktizierenden Lehrkräften, die durch Erfahrungen aus der eigenen Schulzeit geprägt und damit sehr resistent gegenüber Veränderungen sind, zu professionalisieren (Möller et al., 2004). Wenig Versuche wurden bislang dazu unternommen, das Modell des Konzeptwechsels auch in die erste Phase der Lehrerbildung und damit in die universitäre Ausbildung von Lehrkräften zu integrieren (z.B. Kleickmann, Gais & Möller, 2005). Dabei gilt gerade sie als entscheidende Instanz, um wissenschaftliche Konzepte zu stärken (Kunter & Pohlmann, 2009; Decker, Kunter & Hardy, 2013). Im Rahmen dieses Buches soll diesbezüglich sowohl theoretisch als auch methodisch und empirisch (Kapitel 11-14) ein Anfang gemacht werden.

2 Präkonzepte und ihre Kategorisierung

In Anlehnung an den Kategorisierungsansatz von Chi (2013) können Präkonzepte von Lernern unterschiedliche Qualitäten besitzen. Chi unterscheidet inkorrekte und unzureichende Präkonzepte. Auf Basis dieser Einteilung lassen sich wiederum vier Qualitäten von Präkonzepten unterteilen: Falsche Einzelüberzeugungen, fehlerhafte mentale

1 Ein Überblick findet sich bei Vosniadou (2013).

Modelle, Kategorienfehler und fehlende Schemata. Jede Art erfordert ihren eigenen Weg des Konzeptwechsels und damit unterschiedliche Instruktionen (Abbildung 1).

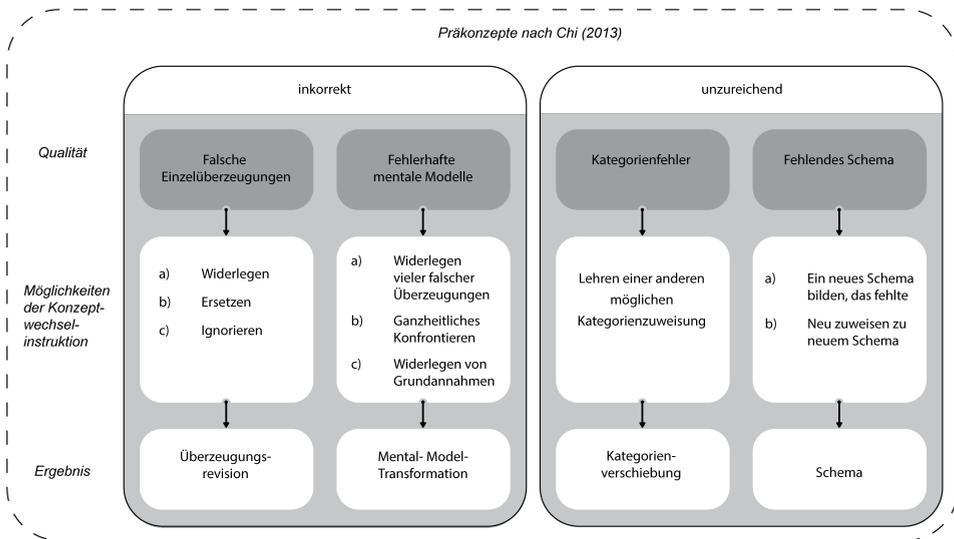


Abbildung 1: Kategorisierung von Präkonzepten (übersetzt auf Basis von Chi, 2013)

Falsche Einzelüberzeugungen (z.B. ein Fisch ist größer als ein Wal) erfordern auf dem Weg zur Überzeugungsrevision Widerlegen oder Ersetzen. Auch das konsequente Ignorieren von Präkonzepten z.B. in Lehrbüchern ist eine verbreitete Konzeptwechsellinstruktion. Mehrere Einzelüberzeugungen zusammen bilden nach Chi (2013) mentale Modelle (z.B. zum Kreislaufsystem). Diese sind als Präkonzepte in sich kohärent und konsistent, jedoch nicht mit dem fachlich korrekten Modell vereinbar. Fehlerhafte mentale Modelle können durch das a) Widerlegen vieler falscher Einzelüberzeugungen, b) ganzheitliches Konfrontieren oder c) das Widerlegen von Grundannahmen weiterentwickelt werden. Schwerer zu verändern als fehlerhafte mentale Modelle sind Kategorienfehler. Diese liegen vor, wenn ein Konzept einer fachlich unangebrachten Kategorie zugeordnet wird (z.B. Hitze zu Kategorie Status statt Prozess). Solche Kategorienfehler bleiben laut Chi (2013) über viele Schuljahre und sogar über historische Perioden stabil, was u.a. dadurch bedingt ist, dass das Widerlegen von Einzelüberzeugungen hier keine Wirkung zeigt. Erforderlich ist ein Wechsel der Kategorie an sich und ein Konfrontieren auf kategorialen Niveau. Damit ein Konzept in eine andere Kategorie verschoben wird (z.B. Wal in Säuger statt Fisch), müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: 1. Bewusstsein, dass bisherige Kategorie falsch ist (Konfrontieren), 2. Sachkundiges Wissen über die richtige Kategorie. Kategorienwechsel sind laut Chi (2013) im Alltag sehr selten. Zumeist gibt man sich mit einer bewährten Kategorie zufrieden und wechselt höchstens je nach Kontext zu einem professionelleren Konzept. Robuster als Kategorien sind schließlich Schemata, die bei Lernern im fachlich korrekten Sinne fehlen können. Instruktionsstrategien können hier die Bildung neuer Schemata oder das Neuzuweisen zu neuen Schemata sein. Möchte man

ein universitäres Lehr-Lernsetting nach dem Modell des Konzeptwechsels schaffen, sollte man somit die Qualität der Präkonzepte beachten.

3 Theorien und Modelle des Konzeptwechsels

Im schulischen Kontext existieren zahlreiche Theorien zum Konzeptwechsel, die weder begrifflich noch konzeptuell als einheitlich angesehen werden können (Vosniadou, 2013). Ordnungsversuche wurden u.a. von Stark (2003), Duit, Treagust, & Widodo (2013) und diSessa (2013) unternommen. Stark (2003) unterteilt Konzeptwechseltheorien in kognitiv (z.B. Rahmentheorieansatz nach Vosniadou & Brewer, 1992; Kategorisierungsansatz nach Chi, 1992) und situiert (z.B. Kontextansatz nach Caravita & Halldén, 1994; Kulturreller Ansatz nach Säljö, 1999). Duit et al. (2013) differenzieren hingegen in epistemologische (z.B. Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982), ontologische (z.B. Chi, Slotta & de Leeuw, 1994; Thagard, 1992; Vosniadou, 1994) und affektive (Pintrich, Marx & Boyle, 1993; Dykstra, Boyle & Monarch, 1992; van der Veer & Valsiner, 1991) Ansätze. DiSessa (2013) nimmt wiederum eine abstufende Ordnung von Konzeptwechseltheorien vor, bei der danach unterschieden wird, inwiefern Konzepte in den Theorien als kohärentes Gebilde (coherence) oder als Einzelteile (pieces) angesehen werden (Gopnik & Wellmann, 1994; McCloskey, 1983; Cary, 1999; Vosniadou, 2002; diSessa, 1988). Mit Blick auf das Professionsmodell von Baumert & Kunter (2006) (Kapitel 1), in dem sowohl Professionswissen als auch professionelle Überzeugungen als anzustrebende Fachkonzepte angesehen werden können, erscheinen uns für die Übertragung in die Lehrerbildung vor allem zwei Theorien geeignet: 1) die knowledge-in-pieces-Theorie von diSessa (2013), laut der Wissens Elemente stärker miteinander vernetzt werden sollen sowie 2) der Rahmentheorieansatz nach Vosniadou (2013), der einen Konzeptwechsel von lernbiografischen zu lerntheoretischen Überzeugungen beschreiben kann. Beide Theorien werden nachfolgend genauer erläutert.

3.1 Von Wissens Einzelteilen zu vernetztem Professionswissen

DiSessa (1988, 1993) geht in seiner knowledge-in-pieces-Theorie davon aus, dass Lerner zunächst über ein unstrukturiertes Wissenssystem verfügen. Damit gemeint ist eine Sammlung von unverbundenen Wissens Einzelteilen (phenomenological primitives oder kurz p-prims), die einer oberflächlichen Interpretation von fachlicher Realität bzw. Erfahrungen und der Interpretation der Umwelt entspringen. P-prims sieht diSessa (2002) als zahlreiche, kleine, selbsterklärende Wissens Elemente, die zwar nicht voneinander isoliert existieren, jedoch bei den Lernenden in keinem systematischen Zusammenhang zueinander stehen. P-prims sind nicht beliebig, sie haben sich bereits dadurch bewährt, dass sie dem Lerner helfen, Alltagsphänomene zu erklären. Ziel kann es nicht sein, sie zu löschen oder zu ersetzen. Vielmehr müssen die Elemente im Laufe des Lernprozesses mit anderen Wissens Elementen verbunden werden. Konzeptwechsel meint somit, dass Wissens Einzelteile zu einem großen Ganzen zusammengesetzt werden. DiSessa (2013)

bezeichnet dies als von pieces to coherence. Wissensstrukturen eines Laien unterscheiden sich von Fachkonzepten eines Experten in einem geringeren Niveau an coherence, d.h. Zusammenhängen bzw. Vernetztheit (Abbildung 2).

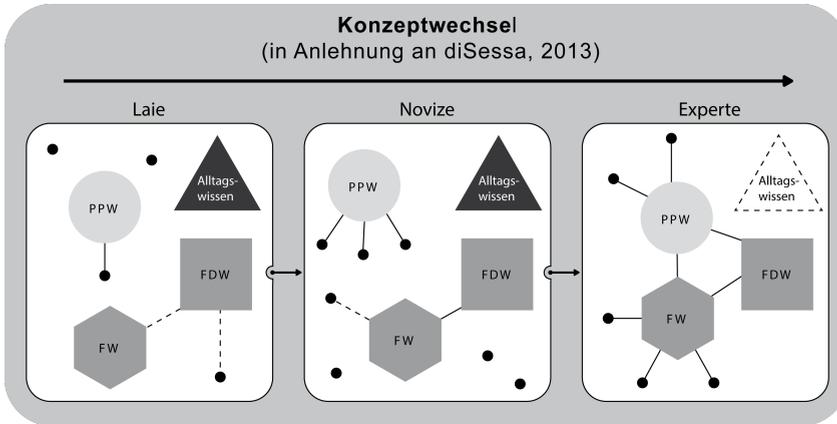


Abbildung 2: Konzeptwechsel von Wissens Einzelteilen zu vernetztem Professionswissen (in Anlehnung an diSessa, 2013)

Für die Lehrerbildung bedeutet dies, dass Präkonzepte von studentischen Lernern, bestehend aus Wissens Einzelteilen (z.B. Wissens Elemente zu einem Thema aus Alltagserfahrungen aber auch unterschiedlichen universitären Lehrveranstaltungen), zu einem großen Ganzen, einem vernetzten Professionswissen, zusammengeführt werden müssen. Eine solche Vernetzung ist Ziel von Qualitätsoffensive-Projekten wie PRONET (Kapitel 1).

3.2 Von biografischen zu professionellen Überzeugungen

Studierende kommen nicht nur mit Vorwissen, sondern auch mit Überzeugungen in universitäre Lehrveranstaltungen. Diese gründen auf viele Jahre eigener Erfahrungen (ob schulisch oder privat) und sorgen dafür, dass Studierende noch weniger als Schülerinnen und Schüler als „unbeschriebene Blätter“ (Wiesner, 2008) angesehen werden können. Ihre Präkonzepte zu verschiedensten Themen (z.B. Lernen) sind durch die eigene Biografie nicht nur rational-kognitiv, sondern auch motivational-affektiv (Pintrich et al., 1993; Sinatra & Pintrich, 2003) und durch soziale und situationale Faktoren (Hatano & Inagaki, 2003; Smith, diSessa & Roschelle, 1993) mitbestimmt. Vosniadou setzt mit ihrem Rahmentheorieansatz an genau dieser Stelle an, indem sie davon ausgeht, dass Lerner sich bereits vorunterrichtlich sogenannte Rahmentheorien (framework theories) bilden. Im Sinne des Professionsmodells nach Baumert und Kunter (2006) müssen solche initialen, lernbiografischen Überzeugungen zu professionellen (z.B. lerntheoretischen) verändert werden. Vosniadou verdeutlicht jedoch, dass sich dies nur als langsamer, gradueller Prozess abspielen kann, auf dessen Weg zunächst synthetische Überzeugungen entstehen (Abbildung 3.)

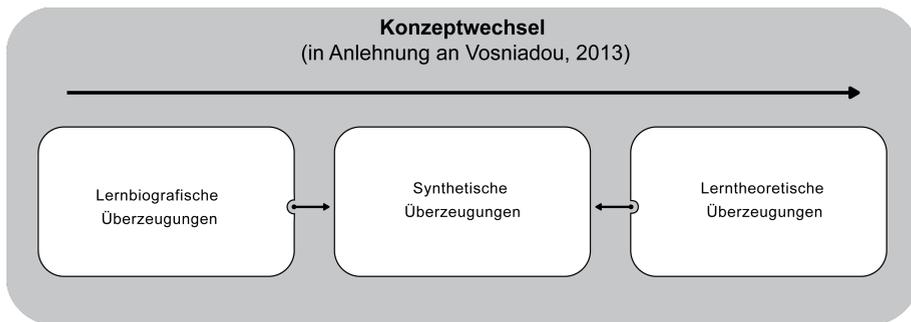


Abbildung 3: Konzeptwechsel von lernbiografischen zu lerntheoretischen Überzeugungen

Bei lernbiografischen als auch synthetischen Überzeugungen handelt es sich nicht um wissenschaftliche Theorien, jedoch um solche, die sich für den Lerner über einen längeren Zeitraum bewährt haben. Dies macht einen Konzeptwechsel besonders schwer. Rekategorisierungen dauern und sind verbunden mit Fehlkonzepten sowie Brüchen, Koexistenzen und falschen Verbindungen. Präkonzepte sind bei Vosniadou (2013) dynamische Überzeugungssysteme, an denen konstruktivistisch und über einen längeren Zeitraum angesetzt werden sollte. Um Überzeugungen zu professionalisieren, muss Lehrerbildung Studierenden Raum geben, neue Erfahrungen mit lerntheoretischen Überzeugungen zu machen, die gewichtiger sind als bewährte lernbiografische.

4 Das Modell des professionellen Konzeptwechsels

Anhand der theoretischen Ausführungen dieses Beitrags ließen sich drei Bedingungen für einen Konzeptwechsel bei Studierenden ableiten:

1. Qualität von Präkonzepten beachten
2. Professionswissen vernetzt vermitteln
3. Erfahrungen mit lerntheoretischen Überzeugungen ermöglichen

Mit Abbildung 4 lässt sich zusammenfassen: Präkonzepte von Studierenden können unterschiedliche Qualitäten aufweisen und speisen sich sowohl aus Vorwissen als auch biografischen Überzeugungen. Je nach Art der Präkonzepte ergeben sich bestimmte Bedingungen, die einen Konzeptwechsel befördern können. Insofern definieren wir professionellen Konzeptwechsel als einen spezifischen Lernprozess innerhalb der Professionsentwicklung, bei dem sich vereinzelte Wissens Elemente und subjektive, d.h. auf eigenen Erfahrungen basierende, Überzeugungen von angehenden Lehrkräften systematisch zu kohärent vernetzten und berufsbezogenen Fachkonzepten (Professionswissen und professionellen Überzeugungen) weiterentwickeln. Ein Lehr-Lernsetting nach dem Modell des professionellen Konzeptwechsels sollte drei Ziele verfolgen: 1) Präkonzepte explizit aufgreifen 2) die Kohärenzbildung bzgl. Professionswissen gezielt anleiten und/oder 3) einen Wechsel von subjektiven zu berufsbezogenen Überzeugungen unterstützen.

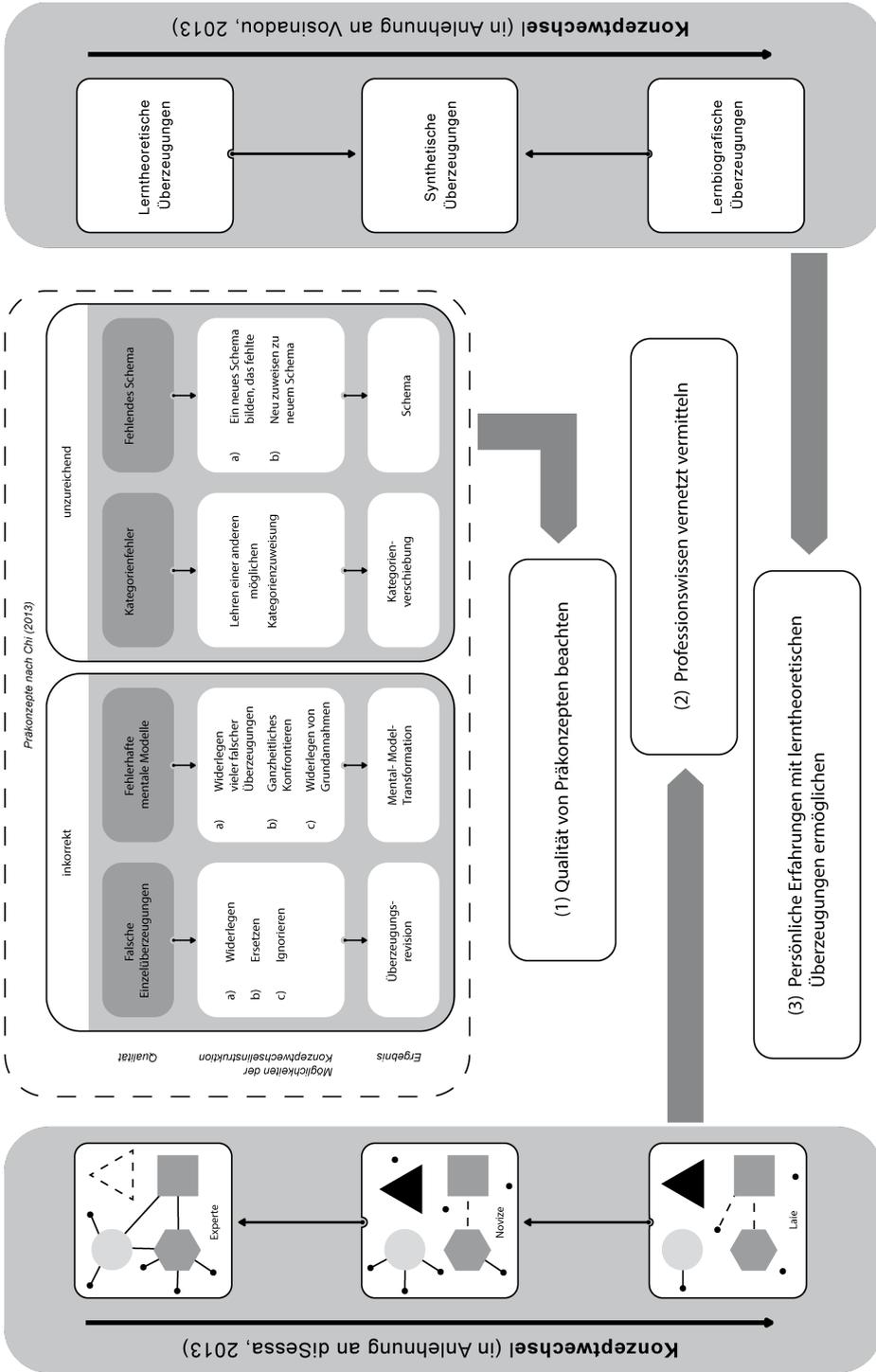


Abbildung 4: Ableitung der Bedingungen für einen professionellen Konzeptwechsel

5 Folgerungen für die Hochschulbildung

Bislang gibt es wenige empirische Arbeiten, die Präkonzepte von Studierenden beschreiben (z.B. Grospietsch & Mayer, 2018). Fortgeschrittener ist die Forschung bei Lehrkräften und insbesondere bei Schülerinnen und Schülern (z.B. Hammann & Asshoff, 2014).² Es dominieren nach Tytler & Prain (2013) Untersuchungsmethoden wie Analysen von Protokollen bei Problemlösungen, strukturierte Interviews oder auch Concept Maps. Nach Meinung der Autoren dieses Beitrags müssen Präkonzepte im universitären Kontext systematischer erhoben bzw. existierende Daten in das Professionsmodell (Baumert & Kunter, 2006, Kapitel 1) sowie den Kategorisierungsansatz (Chi, 2013, Abschnitt 2) eingeordnet werden. Sowohl bei der Erhebung von Präkonzepten als auch bei der Entwicklung von Interventionen muss bedacht werden, welche Präkonzeptqualität (Einzelüberzeugung, mentale Modelle, Kategorien, Schemata) angestrebt wird. Je nach Qualität der Präkonzepte, die verändert werden sollen, sind andere Instrumente und Konzeptwechselinstruktionen nötig.

Akademisches Lernen zeigt zunächst große Parallelen zum schulischen Lernen. Dies lässt sich mit einem adaptierten Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke (2009) abbilden (Abbildung 5).

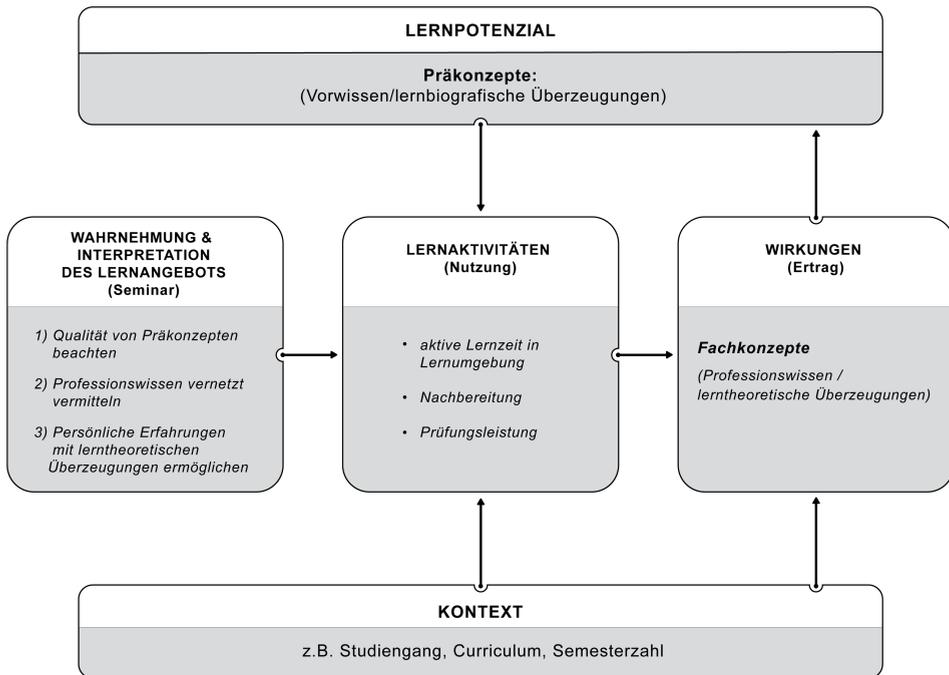


Abbildung 5: Auf die Lehrerbildung spezifiziertes Angebots-Nutzungs-Modell (erweitert nach Helmke, 2009).

2 Häufig wird von *Vorstellungen* gesprochen.

Ein Lernangebot kann unterbreitet werden, es entscheiden jedoch die Wahrnehmung, Interpretation und Nutzung (Lernaktivitäten) der Lernenden über die Wirkung. Wirkung kann bei angehenden Lehrkräften in Anlehnung an das Professionsmodell (Baumert & Kunter, 2006) differenzierter ausgedrückt werden als Lernertrag in Form von Professionswissen und lerntheoretischen Überzeugungen (Fachkonzepte). Die Nutzung eines Lernangebots ist abhängig vom Kontext (z.B. Studiengang, Curriculum, Semesterzahl) und dem Lernpotenzial der Lernenden (Vorwissen und lernbiografische Überzeugungen). Präkonzepte müssen nicht zwangsläufig dazu führen, dass wissenschaftliche Fachkonzepte von Studierenden nicht verstanden werden. Es können mehrere auch konkurrierende Konzepte (Clement, 1982) vertreten oder eben auch synthetische Modelle gebildet werden (Abschnitt 3), die „in ein und derselben Person auf ‚friedliche‘ Weise koexistieren [können]“ (Stark, 2003, S. 138). Aus Sicht der Autoren dieses Beitrags ist für die Hochschulbildung entscheidend, dass universitäre Lerngelegenheiten stärker an den Präkonzepten der Studierenden ansetzen und verdeutlichen, wo diese ihre Grenzen haben und in welchen Kontexten professionell auf das Fachkonzept zurückgegriffen werden muss. Dabei sollte weniger auf das Vorhandensein von bestimmten Fachkonzepten (im Sinne von Professionswissen und lerntheoretischen Überzeugungen) fokussiert werden, sondern vor allem auf den komplexen Prozess der Konstruktion von wissenschaftlich vertretbaren Fachkonzepten und die Entwicklung von vernetzten, theoriebasierten Konzepten über längere Zeiträume des Studiums.

Präkonzepte müssen dabei als soziale Konstrukte angesehen werden, die in ständiger Interaktion mit der Lehr-Lernumgebung entstehen (Hälldén, Scheja & Haglund, 2013). Ansätze, die dieser Situierung Beachtung zukommen lassen, bieten Caravita und Halldén (1994) sowie in radikalerer Form Säljö (1999). In der Hochschulbildung ist die Beziehung zwischen Präkonzepten und der kognitiven Struktur, in die sie eingebettet sind, vermutlich noch komplexer als bei schulischem Lernen. Um die Frage zu klären, warum Lerner in einer bestimmten Situation ein bestimmtes Konzept einem anderen vorziehen, müssen auch motivationale und emotionale Bedingungsfaktoren und Einstellungen in den Untersuchungsfokus gerückt werden. Stark (2003) erklärt:

„Gerade bei Inhalten, die mit einem starken Selbstbezug bzw. großer ‚Ich-Nähe‘ verbunden sind, wenn also anzunehmen ist, dass eine emotionale Bindung an bestimmte Überzeugungen besteht, wird es aussichtsreich sein, neben motivationalen auch emotionale Aspekte wie z. B. Angst und Unbehagen sowie inhaltspezifische Einstellungen als potenzielle Conceptual-Change-Bedingungsfaktoren zu untersuchen.“ (S. 139)

Ein Bedingungsfaktor für die Stabilität der Präkonzepte von Studierenden kann sein, dass diese außerhalb des akademischen Kontextes eine gewisse Funktionalität aufweisen und im Alltag selten Konsequenzen haben (Stark, 2003). In der akademischen Ausbildung beachten wir bislang vor allem die Kontextbereiche, in denen die Präkonzepte Lernender nicht funktionieren, während ein größerer Kontextbereich, in dem sie produktiv sind oder sein können, nicht thematisiert wird. Stark (2003) erklärt jedoch:

„Fehlkonzepte sind [...] aus situierter Perspektive nicht deshalb problematisch, weil sie aus wissenschaftlicher Sicht falsch sind: Probleme resultieren lediglich aus der Anwendung dieser Konzepte außerhalb von Kontexten, in denen sie Funktionalität beanspruchen können“ (S. 137)

Präkonzepte zu Lernen, Unterricht und Schule, die im Kontext der individuellen Lernbiografie (z.B. aus der Schülerperspektive) erworben wurden, sollten somit insbesondere in der universitären Phase der Lehrerbildung aufgegriffen und mit Studierenden nicht nur im professionellen, sondern auch in ihrem bewährten Kontext reflektiert werden.

6 Ausblick

Wie in diesem Beitrag aufgezeigt, können das Lehr-Lernmodell des Konzeptwechsels und die daraus abgeleiteten Folgerungen für Lehren und Lernen auf die universitäre Lehrerbildung übertragen werden. Die wissenschaftliche Fruchtbarkeit für die Professionsforschung sowie die Effektivität für akademisches Lehren und Lernen müssen sich allerdings erst erweisen. Dazu sind quasi-experimentelle und experimentelle Studien notwendig, die den Lernertrag (Wissen, Überzeugungen) sowie motivationale und emotionale Bedingungsfaktoren systematisch überprüfen. In den folgenden Beiträgen werden vier Studien vorgestellt, die im Projekt PRONET in einer Konzeptwechsel-AG zusammenarbeiten und das theoretische Konstrukt professioneller Konzeptwechsel empirisch untersuchen.

Anmerkung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Die Studie wurde außerdem im Rahmen des LOEWE-Schwerpunkts „Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen“ des Landes Hessen unterstützt, bei dem die Co-Autorin assoziiertes und der Co-Autor Vollmitglied sind.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Caravita, S. & Halldén, O. (1994). Reframing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- Cary, S. (1999). Sources of conceptual change. In E. Scholnick, K. Nelson, S. Gelman & P. Miller (Hrsg.), *Conceptual development: Piaget's legacy* (S. 293-326). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Chi, M.T.H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Hrsg.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (S. 129-186). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Chi, M.T.H. (2013). Two kinds and four sub-types of misconceived knowledge, ways to change it, and the learning outcomes. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (2. Aufl., S. 49-70). New York: Routledge.
- Chi, M.T.H., Slotta, J. D. & de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-70.
- Decker, A.-T., Kunter, M. & Hardy, I. (2013). *Changing teachers' beliefs: The role of cognitive and affective resources*. Manuscript submitted for publication.
- diSessa, A.A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Hrsg.), *Constructivism in the computer age* (S. 49-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A.A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225.
- diSessa, A.A. (2002). Why conceptual ecology is a good idea. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering conceptual change – Issues in theory and practice* (S. 29-60). New York: Springer.
- diSessa, A.A. (2013). A Bird's-Eye View of the "Pieces" vs. "Coherence" Controversy (from the "Pieces" Side of the Fence). In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 31-48). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Duit, R., Treagust, D. & Widodo, A. (2013). Teaching science for conceptual change: theory and practice. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (2. Aufl., S. 629-646). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Dykstra, D. I., Boyle, C. F. & Monarch, I. A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, 76, 615-652.
- Feldman, A. (2000). Decision making in the practical domain: A model of practical conceptual change. *Science Education*, 84, 606-623.
- Fischler, H. (2000). Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Teil 1: Stand der Forschung sowie Ziele und Methoden der Untersuchung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 27-36.
- Gopnik, A. & Wellmann, H. M. (1994). The theory theory. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Hrsg.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (S. 257-293). New York: Cambridge University Press.
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018). Konzepte angehender Biologielehrkräfte zu Lernen und Gedächtnis. Neuromythen oder Neurowissenschaft? In D. Krüger, P. Schmiemann, A. Möller, A. Dittmer & C. Retzlaff-Fürst (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 16, 9-23.
- Gustafson, B. J. & Rowell, P. M. (1995). Elementary preservice teachers. Constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 17, 589-608.

- Halldén, O., Scheja, M. & Haglund, L. (2013). The contextuality of knowledge: An international approach to meaning making and conceptual change. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (2. Aufl., S. 71-95). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Hamman, M. & Asshoff, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten*. Seelze: Friedrich.
- Hand, B. & Treagust, D. (1994). Teachers' thoughts about changing to constructivist teaching/learning approaches within junior secondary science classrooms. *Journal of Education for Teaching*, 20, 97-112.
- Hatano, G. & Inagaki, K. (2003). When is conceptual change intended? A cognitive-sociocultural view. In G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Hrsg.), *Intentional conceptual change* (S. 407-427). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Hewson, P. W., Tabachnick, B. R., Zeichner, K. M., Blomker, K. B., Meyer, H., Lemberger, J., Marion, R., Park, H.-J. & Toolin, R. (1999). Educating prospective teachers of biology: Introduction and research methods. *Science Education*, 83, 247-273.
- Hewson, P. W., Tabachnick, B. R., Zeichner, K. M. & Lemberger, J. (1999). Educating prospective teachers of biology: Findings, limitations, and recommendations. *Science Education*, 83, 373-384.
- Inagaki, K. & Hatano, G. (2002). *Young children's naïve thinking about the biological world*. New York, NY: Psychology Press.
- Kleickmann, T., Gais, B. & Möller, K. (2005). Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Gibt es einen Zusammenhang zwischen Vorstellungen und Lehrerausbildung? In D. Cech & H. Giest (Hrsg.), *Sachunterricht in Praxis und Forschung – Erwartungen an die Didaktik des Sachunterrichts* (S. 167-176). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 81-92). Berlin; New York: Springer.
- Kunter, M. & Pohlmann, B. (2009). Lehrer. In E. Wild & J. Müller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 261–282). Heidelberg: Springer.
- Leinhardt, G. & Ravi, A. K. (2008). Changing historical conceptions of history. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 328-341). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- McCloskey, M. (1983). Naïve theories of motion. In D. Genter & A. Stevens (Hrsg.), *Mental models* (S. 299-324). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Möller, K., Kleickmann, T. & Jonen, A. (2004). Zur Veränderung des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften durch Lehrerfortbildungen. In A. Hartinger & M. Fölling-Albers (Hrsg.), *Lehrerkompetenzen für den Sachunterricht* (S. 231-241). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. B. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Säljö, R. (1999). Concepts, cognition and discourse. From mental structures to discursive tools. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Hrsg.), *New perspectives on conceptual change* (S. 81-90). Oxford: Elsevier.
- Sinatra, G. M. & Pintrich, P. R. (Hrsg.). (2003). *International conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Smith, J. P., diSessa, A. A. & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of the Learning Sciences*, 3, 115-163.
- Stark, R. (2003). Conceptual Change: kognitiv oder situiert? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17(2), 133-144.
- Stofflett, R. T. (1994). The accommodation of science pedagogical knowledge: The application of conceptual change constructs to teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 787-810.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Tobin, K., Tippins, D. J. & Gallard, A. J. (1994). Research on Instructional Strategies for Teaching Science. In D. L. Gabel (Hrsg.), *Handbook of research on science teaching and learning* (S. 45-93). New York: Macmillan.
- Tytler, R. & Prain, V. (2013). Representation construction to support conceptual change. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (2. Aufl., S. 560-579). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- van der Veer, R. & Valsiner, J. (1991). *Understanding Vygotsky: A quest for synthesis*. Oxford, UK: Blackwell.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-70.
- Vosniadou, S. (2002). On the nature of naïve physics. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (S. 61-76). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (2. Aufl., S. 11-30). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. & Verschaffel, L. (2004). Extending the conceptual change approach to mathematics learning and teaching. *Learning and Instruction*, 14(4), 445-451.
- Voss, J. F. & Wiley, J. (2006). Expertise in history. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. Feltoich & R. R. Hoffman (Hrsg.), *The cambridge handbook of expertise and expert performance* (S. 569-584). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Wiesner, H. (2008). Physikunterricht – an Schülervorstellungen orientiert. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 57(6), 4-5.