

Unredigierte Vorversion des Beitrags:

Prediger, Susanne; Komorek, Michael; Fischer, Astrid; Hinz, Renate; Hußmann, Stephan; Moschner, Barbara; Ralle, Bernd & Thiele, Jörg (2013): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. In: Komorek, Michael & Prediger, Susanne (Hrsg.): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung genuin fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Münster u.a.: Waxmann, 9-24.

*Susanne Prediger, Michael Komorek, Astrid Fischer, Renate Hinz,
Stephan Hußmann, Barbara Moschner, Bernd Ralle, Jörg Thiele*

Der lange Weg zum Unterrichtsdesign

Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer
Forschungs- und Entwicklungsprogramme

Die Entwicklung theoretisch und empirisch begründeter Unterrichtsdesigns ist das Fernziel diverser pädagogischer, psychologischer und fachdidaktischer Forschungsrichtungen. Auch wenn viele Studien substantielle Beiträge zum *Fernziel* Unterrichtsentwicklung leisten, ist die Diskussion über die Relevanz von Forschungsergebnissen für die Unterrichtspraxis oft geprägt von Verkürzungen, die in den letzten Jahren zunehmend kritisiert worden sind. Fünf Verkürzungen werden im Folgenden diskutiert:

- Verkürzung Reduktion
- Verkürzung Ertragsorientierung
- Verkürzung Allgemeingültigkeits-Postulat
- Verkürzung Praxistransfer
- Verkürzung Dissemination

In fünf Abschnitten wird jeweils die Kritik an einer dieser Verkürzungen aufgegriffen und es wird argumentiert, welche Anforderungen Forschungs- und Entwicklungsprogramme erfüllen müssen, damit sie diese Verkürzungen verhindern. Damit wird aufgezeigt, wie der Weg von den Forschungsergebnissen zu tragfähigen Unterrichtsdesigns nicht simplifizierend verkürzt, sondern mit entsprechenden Forschungs- und Entwicklungsprogrammen gezielt gestaltet werden kann und muss.

1. Rekonstruktion statt Reduktion der fachlichen Inhalte

Von den fachwissenschaftlich formulierten Inhalten zu den Lerngegenständen des Schulfaches zu kommen, ist mehr als ein Vorgang der Reduktion von „zu schwierigen“ wissenschaftlichen Erkenntnissen und Prinzipien mit dem Zweck der leichteren Zugänglichkeit und damit der „Didaktischen Vereinfachung“ (Hering 1959, Grüner 1967). Stattdessen erfordert dieser Arbeitsschritt die Spezifizierung und Strukturierung der Lerngegenstände in einem komplexen Zusammenspiel aus bildungsbezogenen normativen Setzungen (durch Ausrichtung an allgemein anerkannten Zielen des Unterrichts), fachlichen Analysen und insbesondere den Gegenüberstellungen zu den empirisch rekonstruierten Perspek-

tiven der Lernenden. Dies wurde nicht nur in der allgemeinen Didaktik (Klafki 1969, Heimann, Otto & Schulz 1969), sondern auch in den Fachdidaktiken (wie Kirsch 1977, Freudenthal 1991, Kattmann et al. 1997, Scherler 1989) vielfach betont. Dennoch wird dieser Schritt oft unterschätzt, denn er geht mit einem aufwendigen, kreativen Prozess der „Rekonstruktion“ der fachlichen Inhalte zum Zweck des Erlernens einher. Diese Re-Konstruktion kann teilweise eine Vereinfachung enthalten (dann aber aus Sicht der fachlichen Struktur), aber vor allem auch eine Verdichtung auf das Elementare und das Exemplarische darstellen und sie kann eine Neukonstruktion sein, sofern neue Aspekte hinzukommen. Die in Rede stehende Sachstruktur wird dann unter Umständen komplexer, wenn die hinzukommenden Aspekte z.B. in wissenschaftlichen Zusammenhängen keine Bedeutung haben, wohl aber im alltäglichen oder zukünftigen beruflichen Leben der Lernenden.

Zudem muss berücksichtigt werden, dass sich das disziplinäre universitäre Wissen von den in der Schule vermittelbaren Inhalten zunehmend entfernt. Diese Differenz zwischen Unterrichtsfach und forschender Disziplin ist nicht allein für den Grundschulunterricht augenfällig, sondern betrifft in zunehmendem Maße auch Fächer der Sekundarstufe. Wenn man zusätzlich davon ausgeht, dass in allen wissenschaftlichen Disziplinen die Perspektiven ihrer Vertreterinnen und Vertreter auf die eigenen Systematiken und Erkenntnisse keineswegs immer ungeteilten Konsens darstellen aufgrund unterschiedlicher Positionen für leichte Zugänglichkeit (z.B. für Physik Herrmann & Job 2002) oder fachlichen Fehlern (für Chemie dokumentiert z.B. bei Flint et al. 1998), dann ergeben sich weitere Spielräume für wohl begründete Re-Konstruktion.

Aus *normativer Sicht* gilt es, übergreifende Bildungsziele und den spezifischen Beitrag des Faches zu diesen Bildungszielen einzubeziehen (Klafki 1969, Heimann, Otto & Schulz 1969, Dressler 2007). Schon allein dies lässt die fachwissenschaftlichen Inhalte nicht unangetastet, weil die Bildungswirksamkeit an individuelle Sinnkonstruktionen und die Anschlussfähigkeit an allgemeine Denk- und Handlungsmuster gekoppelt sind (Meyer 2009, Wille 1995).

Diese anschlussfähigen Denk- und Handlungsmuster aufzuspüren, ist eine empirische Aufgabe, zu deren Begründung in diesem Sammelband auf eine *moderat konstruktivistische lehr-lerntheoretische Perspektive* (Gerstenmaier & Mandl 1995) zurückgegriffen wird. Sie grenzt sich vom erkenntnistheoretischen Ansatz des „radikalen Konstruktivismus“ ab, dessen Vertreter davon ausgehen, dass es eine Realität „an sich“ gar nicht gibt, sondern wir sie aus unseren Sinneseindrücken und durch unser Tun erst selbst erschaffen (z.B. Maturana & Varela 1987). Zwar wird auch im „moderaten“ Konstruktivismus, der insbesondere die Instruktionspsychologie, die Allgemeine Didaktik und die Fachdidaktiken befähigt hat, davon ausgegangen, dass es *die eine*, durch naiv-realistische Erkenntnisprozesse erschließbare Realität nicht gibt, weil Wissen in den Köpfen der Lernenden individuell konstruiert wird. Doch geht der moderate Konstruktivismus davon aus, dass die individuellen und die sozial geteilten Konstruktionsprozesse sehr engen Regeln der Nützlichkeit und Brauchbarkeit der Konstruktionen gehorchen, so dass man in kommunikativen Abstimmungsprozessen und in der Auseinandersetzung mit dem zu erarbeitenden

Inhalt zu einer gemeinsam geteilten Realität gelangen kann (Duit & Treagust 2003, Duit, Treagust & Widodo 2008).

Entscheidend für die konstruktivistische Sicht von Lernen ist, dass die Lernenden die Akteure ihrer eigenen Lernprozesse sind und dass Vorstellungen und Vorwissen die wichtigsten Faktoren für den Aufbau und die Integration neuen Wissens darstellen. Auch die Rolle der Lehrperson ändert sich unter dieser Perspektive. Da Wissen nicht einfach übergeben werden kann, hat die Lehrperson vor allem die Aufgabe, das Lernen geeignet anzustoßen, es zu fördern und zu lenken und dabei die vorhandenen Wissens- und Vorstellungsstrukturen der Lernenden zunächst zu diagnostizieren und dann aktiv einzubinden (Knuth & Cunningham 1993, Gerstenmaier & Mandl 1995). Da sich diese individuellen Konstruktionen stets situiert vollziehen, sind auch die fachlichen und materialen Kontexte, in denen Wissen situiert wird, für den Aufbau von Vorstellungen und damit für die Rekonstruktion der fachlichen Gegenstände mit entscheidend (*situated cognition*, vgl. z.B. Greeno 1998, Lave 1988). Sozial-konstruktivistische Annahmen erweitern diese Sicht auf die soziale Situiertheit des Lernens (Vygotsky 1978, Benson 2001). Demgemäß wird Wissen und Bedeutung immer in sozialen Situationen ausgehandelt, und nur das Wissen ist brauchbar, was sozial geteilt wird.

Um diesen lehr-lerntheoretischen Grundlagen für Unterrichtsdesigns Rechnung zu tragen, müssen Unterrichtsdesigns nicht nur konkrete Lehr-Lernarrangements umfassen, sondern als theoretische Voraussetzung auch fachdidaktisch durchdrungene Spezifizierungen und Strukturierungen von Lerngegenständen. Dies ist durch allgemeine Design-Prinzipien zu ergänzen, die konkrete Design-Entscheidungen an die theoretischen Voraussetzungen zurückbinden. Aus der moderat-konstruktivistischen theoretischen Fundierung ergeben sich folgende Anforderungen an fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsprogramme:

Die Spezifikation und Strukturierung der Lerngegenstände erfolgt

- auf der Basis wissenschaftlich wohl begründeter normativer Setzungen,
- mit methodisch abgesicherten empirischen Erhebungen der Vorerfahrungen und Perspektiven der Lernenden
- und mit Hilfe einer Gegenüberstellung der fachlichen und individuellen Perspektiven, um lernförderliche Anknüpfungspunkte und lernhinderliche Diskontinuitäten herauszustellen.

Die zu entwickelnden Lehr-Lernarrangements orientieren sich dabei im Kern an den folgenden Design-Prinzipien:

- Fachliche Substantialität im Hinblick auf eine bildungswirksame Rekonstruktion des Gegenstandsbereichs (Wille 1995 u.v.a.)
- Explizite unterrichtliche Anknüpfungen an Vorerfahrungen und Perspektiven der Lernenden (Gerstenmaier & Mandl 1995 u.v.a)
- Berücksichtigung von Eigen- und Fremdperspektiven in der individuellen Sinnkonstruktion für die Strukturierung des Lerngegenstandes (Dressler 2007 u.v.a.)

- Situierung in tragfähigen Kontexten, die zum einen Zugänglichkeit und zum anderen Transferierbarkeit ermöglichen (Gerstenmaier & Mandl 1995).

Gemäß der konstruktivistischen Grundlage ist es also notwendig, vorliegendes fachliches Wissen durch systematische Gegenüberstellung von individuellen und fachlichen Perspektiven so umzustrukturieren, dass Sachstrukturen *für* Unterrichtsprozesse gewonnen werden, die ein besseres Inhaltsverständnis erlauben. Notwendig ist dies, da die Wissensstrukturen der Wissenschaft auf andere Zielgruppen hin optimiert sind, als sie in der Schule oder in der Lehrerbildung im Regelfall angetroffen werden (Kattmann et al. 1997). Eine Rekonstruktion ist zwar aufwendiger zu realisieren als eine Reduktion von Schwierigkeit und Komplexität. Für die Lernbarkeit sind aber Einfachheit und eine geringere Komplexität nur bedingt gute Voraussetzungen. Vielmehr kann eine gut an die Vorstellungen der Lernenden angepasste Struktur zugänglicher und lernbarer sein, auch wenn sie komplex und in gewisser Weise auch schwierig ist. Hier darf man Lernende nicht unterschätzen.

Die Einführung in die algebraische Sprache im Mathematikunterricht ist ein Beispiel für die Notwendigkeit einer komplexen Rekonstruktion anstelle einer bloßen Reduktion. Fachwissenschaftlich betrachtet, kommt man mit der Bekanntgabe einiger weniger Regeln zur Verwendung des algebraischen Zeichensystems aus. Eine Reduktion würde z. B. in einer Beschränkung auf zunächst wenige Typen von algebraischen Ausdrücken, z. B. lineare Terme und Gleichungen, bestehen, die allmählich erweitert werden. Aus der Untersuchung von Vorstellungen und Strategien von Schülerinnen und Schülern zum Gebrauch des algebraischen Zeichensystems (vgl. Meyer in diesem Band) wird jedoch deutlich, dass der verständige Gebrauch dieses Zeichensystems (auch bei Einschränkung der Termtypen) komplexe und hochgradig abstrakte Gedankengänge beinhaltet und damit auch eine nicht zu geringe Komplexität des Anbietens von Wissen verlangt. Wie die Daten zeigen, stellen sich die Gedankengänge erst ein, wenn sie durch gezielte und nicht zu stark reduzierte Hilfestellungen angeregt werden.

2. Prozessorientierung statt alleiniger Ertragsorientierung

In den letzten Jahren ist oft die Verkürzung auf eine alleinige Orientierung am Ertrag von Lernprozessen, den Lernständen, beklagt worden. Kritisiert wurde, dass aus der immer wichtiger werdenden Messung defizitärer Lernstände in methodisch sehr fundierten Projekten zur Kompetenzmessung unmittelbare Konsequenzen für Unterrichtsdesigns postuliert wurden (Rehm 2006, Brinkmann 2009, Eickhorst 2011, Leuders 2011), ohne den abgelaufenen Lernprozessen Rechnung zu tragen. Eine gut fundierte Kompetenzmessung basiert zwar auf soliden Spezifizierungen der getesteten Lerngegenstände als intendierte Erträge der Lehr-Lernprozesse, doch liefert sie vorrangig Relevanzsetzungen, welchem Lerngegenstand mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Auf der Basis von empirischen Schwierigkeitsstufen gewonnene Kompetenzstufenmodelle liefern jedoch zu wenige Anhaltspunkte dazu, wie Lerngegenstände zeitlich und logisch zu strukturieren sind, um für die Lernenden bestmöglich und sinnstiftend zugänglich zu sein. Kompetenzstufenmodelle sind keine Kompetenzentwicklungsmodelle, dazu ist empirisch abgesi-

chertes Wissen über Lernwege mit typischen Verläufen und Hürden erforderlich, die sich nicht allein in Schwierigkeitsgraden erschöpfen, sondern geprägt sind von der inhärenten Erkenntnislogik jedes Lerngegenstands (Rost et al. 2003) und vielfältigen Lernendenperspektiven.

Soll dagegen die didaktische Forschung und Entwicklung tatsächlich theoretisch und empirisch abgesichertes Wissen über Lehr-Lernprozesse statt nur Lernstände generieren, so muss sie diese Prozesse ins Blickfeld ihrer Analysen nehmen und folgenden Anforderungen genügen:

- Prozesse sind nicht nur als Black-Box in klassischen Prä-Post-Interventionsdesigns zu betrachten, sondern selbst Objekt der Beforschung und Aufklärung, d. h. auf geeigneten Abstraktionsniveaus zu beschreiben und zu modellieren.
- Es sind nicht nur Lern(zwischen)stände, sondern auch die dazwischen befindlichen Prozesse zum Forschungsobjekt zu machen und dazu die Methodologie der Lernprozessforschung zu nutzen (Komorek & Duit 2004, Gravemeijer & Cobb 2006, Prediger & Link 2012).
- Dafür ist das forschungsmethodische Spektrum so zu erweitern, dass die Prozess-Strukturen angemessen rekonstruiert werden können, z. B. auch durch den systematischen und theoretisch reflektierten Einsatz re-konstruktiver Verfahren.

Eng verknüpft mit der Beforschung und Aufklärung von Lernprozessen ist der Begriff der Prozessdiagnose. Diagnose oder Lerndiagnostik ist ein in den Fachdidaktiken in jüngster Zeit viel genutztes Konzept, mit dem der Regelkreis des Lernens und Lehrens geschlossen werden soll (Helmke 2010). Insbesondere in der Lehrerbildung wird vermehrt auf die Fähigkeit geachtet, Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern wahrzunehmen, sie theoriegeleitet zu beschreiben und sie mit dem Ziel des Förderns anzuregen und zu steuern (vgl. Kiper, Komorek & Sjuts 2010). Prozessdiagnose ist damit der „Sensor“ in einem Regelkreis aus Lehrintervention und Lernreaktion. Ohne eine geeignete Diagnostik können Lehrpersonen keine begründbaren kognitiven Angebote machen, können nicht erklären, warum ein erwarteter Lernstand nicht erreicht wird, warum Motivation und Interesse ggf. verlorengehen und aufgrund welcher Schwierigkeiten im Detail Lernprozesse suboptimal ablaufen. Wenn allerdings Prozessdiagnose gelingt, dann lassen sich Lernprozesse reflektieren, Probleme im Prozess erkennen und durch Interventionen ausräumen. Hier liegt der klare Vorteil einer Prozessdiagnose gegenüber einer alleinigen Ertragsmessung. Reine Ertragsmessung ist schon aus logischen Gründen beschränkt, denn ein Lernstand kann prinzipiell auf unterschiedlichen Wegen erreicht werden. Das Erkennen des Erreichens oder Nicht-Erreichens eines Lernstandes erlaubt in den seltensten Fällen, eindeutig auf Ursachen rückzuschließen, wenn nicht solides empirisches Wissen über typische Verläufe und Hürden vorliegt.

3. Gegenstandsspezifität statt Allgemeingültigkeits-Postulat

Beim Übertragen der Ergebnisse von allgemeinen Untersuchungen zur Unterrichtsqualität und Spezifizierung allgemeiner (fach-)didaktischer Prinzipien auf konkrete Unterrichtsdesigns gibt es mehr zu tun als die Realisierung allgemeingültiger und somit fach- und domänenübergreifender Theorieelemente. DiSessa und Cobb (2004) betonen die Lücke, die zwischen allgemeiner Theorie und konkrem Lerngegenstand mit all seinen ganz spezifischen Besonderheiten bleibt. Die Entwicklung gegenstandsspezifischer lokaler Lehr-Lerntheorien erfordert mehr als die „einfache Konkretisierung“ allgemeiner Ansätze, denn bei dieser Konkretisierung sind viele gegenstandsspezifische Entscheidungen zu treffen und entsprechende Einsichten in Wirkungen und Bedingungen notwendig (Beispiel geben Prediger & Zwetzschler, Richter & Hußmann und Pahl & Komorek, alle in diesem Band).

Neben den Prinzipien des Anknüpfens und der Sinnkonstruktion (s. Abschnitt 2) bieten die allgemeine Didaktik und die Fachdidaktiken zahlreiche weitere allgemeine Design-Prinzipien für lernförderliche Lehr-Lernarrangements, deren Wirksamkeit allgemein lehr-lerntheoretisch begründet und empirisch nachgewiesen sind, zum Beispiel Lebenswelt-bezug (z.B. Heursen 1996, Parchmann et al. 2006, Schierz 1995), kognitive Aktivierung (z.B. Levin & Arnold 2009), Verstehensorientierung (z.B. Möller et al. 2002) u.v.a. Während jedoch die allgemeine Lehr-Lernforschung mit dem allgemeinen Nachweis der Lernwirksamkeit eines Design-Prinzips meist am Ende ihrer Forschung angelangt ist, bildet dies für die Fachdidaktische Forschung und Entwicklung oft erst den Ausgangspunkt von gegenstandsspezifischer Arbeit, wie folgende Beispiele erläutern:

- Allgemein ist nachgewiesen, dass ein Fokus auf den Aufbau konzeptuellen Verständnisses entscheidend für die Nachhaltigkeit fachlichen Wissensaufbaus (Möller et al. 2002) ist und dass dafür der konsequente Wechsel zwischen (graphischen, verbalen, symbolischen, ...) Repräsentationen sehr lernförderlich sein kann (Bruner 1967). Dies klärt jedoch für einen spezifischen Lerngegenstand, z.B. lineare Funktionen (Richter & Hußmann in diesem Band) oder das Konzept des elektrischen Stroms, nicht die Frage, welche fachlichen Vorstellungen und welche Repräsentationen zum Aufbau konzeptuellen Verständnisses tatsächlich benötigt werden (van den Heuvel-Panhuizen 2005 u.v.a.) oder besonders geeignet sind. Dazu sind für jeden einzelnen Lerngegenstand Untersuchungen notwendig, die ausgehend von normativen Setzungen (welche Deutungen werden unbedingt gebraucht?) die lernförderlichen Zugangsweisen in einem engen Zusammenspiel von Forschung und Entwicklung ausloten.
- Lebensweltorientierung gilt als ein wichtiges pädagogisches Prinzip, um den Transfer des unterrichtlich erworbenen Wissens und Könnens auch in den Bereich außerhalb der Schule zu ermöglichen (vgl. z.B. Grunder 2001). Das Feld des Sports kann da als ein Beispiel dienen. Vor der übergeordneten curricularen Leitidee einer Anleitung zum „lebenslangen Sporttreiben“ leuchtet der Bezug zum allgegenwärtigen außerschulischen Sport unmittelbar ein. Doch an welche, in der Regel sehr heterogenen lebensweltlichen Erfahrungen soll der Sportunterricht ansetzen, welche sind anschlussfähig für den Schulsport? Wie sind zudem solche lebensweltlichen Bezüge konkret unter-

richtlich zu inszenieren, um die Anschlussfähigkeit an außerschulische Kontexte zu ermöglichen (vgl. Zander in diesem Band)?

- Lernangebote müssen an Vorwissen und Vorstellungen der Lernenden anknüpfen (s.o.). Aber welche kognitiven Dispositionen sind für das Lernen eines bestimmten Inhalts relevant? Wie weit muss man ausholen, um einflussreiche individuelle Konzepte und nicht lediglich fachlich konforme Vorstellungen zu erfassen und zu berücksichtigen? Muss man z.B. für die Einführung der algebraischen Sprache Schülervorstellungen über die Bedeutung der Grundoperationen in den natürlichen Zahlen berücksichtigen? Welche typischen Vorstellungen von Lernenden sollen in einem Unterrichtsdesign berücksichtigt werden, welche individuellen Vorstellungen in einer spezifischen Klasse müssen darüber hinaus von der Lehrkraft eruiert werden? Gegebenenfalls muss das Unterrichtsdesign Hilfestellungen für solche diagnostischen Maßnahmen geben.

Die Gegenstandsspezifität fachdidaktischen Wissens gilt nicht nur für Design-Prinzipien und ihre gegenstandsspezifischen Realisierungen, sondern auch für empirisch gewonnenes theoretisches Wissen über typische Verläufe und Hürden von Lehr-Lernprozessen: Neben der Rekonstruktion allgemeiner Muster (wie sie etwa in der moderat konstruktivistischen Lehr-Lerntheorie kondensiert sind), die gegenstandsübergreifend zu gelten scheinen, ist die Beforschung von Lehr-Lernprozessen für jeden einzelnen Lerngegenstand von hohem Interesse, weil sie jeweils entscheidende Rückwirkungen auf die Theorien zur fachlichen Strukturierung von Lerngegenständen im Konkreten und im Allgemeinen hat (vgl. z.B. Prediger & Zwetzschler in diesem Band). Darin steckt der enorme Aufwand fachdidaktischer Forschung und Entwicklung, dass er für jeden Lerngegenstand einzeln zu vollziehen ist. Ergebnisse aus Arbeiten zu anderen Lerngegenständen erweisen sich dabei nur als partiell übertragbar.

Die Gegenstandsspezifität von Lernprozessen ist nicht als ein anzustrebender Idealzustand zu sehen, sondern als eine nicht zu verleugnende Gegebenheit, auf die es flexibel zu reagieren gilt. Dabei können allgemeine Orientierungen immer wieder hilfreich sein, doch erfordert die Rekonstruktion der Gegenstände im Hinblick auf ihre Bildungswirksamkeit und Lernbarkeit (vgl. Abschnitt 1) jeweils wieder kreative Entscheidungen, die auch methodische Aspekte des Unterrichtsdesigns betreffen.

4. Ökologisch valide Adaption statt alleiniger Praxistransfer

In seiner Grundsatzkritik zum Theorie-Praxis-Verhältnis hat Habermas in den späten 1960er Jahren auf den Einfluss des erkenntnisleitenden Interesses auf die didaktische Theoriebildung und konkrete praktische Gestaltung verwiesen: Dieses Interesse wirke sich in der Widerspiegelung gesellschaftlicher und politischer Haltungen auf die inhaltliche und methodische Gestaltung von Unterricht aus, nehme Einfluss auf Verstehensleistungen und berge die Akzeptanz normativer Setzungen in sich (Habermas 1968). Diese laufen insbesondere dann Gefahr, „zur Anpassung an die herrschenden schulischen Verhältnisse“ (Meyer 2001, S. 83) zu führen, wenn routinemäßige Unterrichtsgestaltungen ohne theoretische Reflexion erfolgen oder die zur Theorieanwendung erforderliche „Übersetzung leistung“ nicht gelingt.

Auch unabhängig von dieser sehr grundsätzlichen Fragestellung wird kritisiert, dass Theoriewissen in der Praxis häufig „bis zur Unkenntlichkeit verwandelt“ (Meyer 2001, S. 73) wird und die auch durch Forschung belegten Effekte zuweilen nicht für die Praxisgestaltung genutzt werden. Klieme (2006) weist in diesem Zusammenhang insbesondere auf die Gefahr hin, dass eine Übertragung fachspezifisch-didaktischer Erkenntnisse in andere Fachdidaktiken zu einer ungünstigen Verkürzung empirischer Ergebnisse der Unterrichtsforschung führen kann.

Der Transfer von forschungs- und theoriebasiertem Wissen in die Praxis ist keineswegs trivial: Von der instruktionspsychologischen experimentellen Laborforschung in Trainingsstudien hin zur Klassenrealität ist es mehr als ein simpler Transferschritt, wie etwa Hilgard und Bower (1966), Weinert (1996) sowie Barab und Squire (2004) betonen. Denn während experimentelle Interventionsstudien gerade versuchen, Variablen zu isolieren bzw. konstant zu halten, um genaue Aussagen über isolierbare Wirkungszusammenhänge machen zu können (vgl. Leutner 2010), müssen Design-Entscheidungen im Klassenzimmer stets in Anbetracht der Komplexität vieler Einflussfaktoren getroffen werden (Einsiedler 2011, S. 48ff.). Eine rein isolierende Forschung kann daher zwar zu reliablen, aber nicht zu „ökologisch validen“ Ergebnissen führen. Die Metapher der Ökologie, des Lebensraumes, soll deutlich machen, dass eine allzu große Reduktion von Komplexität bei Forschungsgegenständen wie Unterricht und Klassenverhalten die „Eigenartigkeit“ dieser Forschungsgegenstände vernichtet und Forschungsergebnisse begrenzten Wert mehr haben, wenn sie nicht in die komplexe Realität rückübersetzt werden können.

Anzustreben sind nach Klärung von Grundlagenfragen in experimentellen Designs daher Forschungssettings, die der Komplexität des Klassenzimmers besser gerecht werden als reine Trainingsstudien (Cobb et al. 2003, Burkhardt 2006, McKenney & Reeves 2012, Schoenfeld 2006). Dies bedeutet nicht zwangsläufig, dass jedes Laborsetting zu vermeiden ist, denn Design-Experimente mit ein oder zwei Lernenden können sehr wohl dazu dienen, komplexe Prozesse zu erfassen (z.B. Komorek & Duit 2004). Solche Studien, die zunächst vor allem der Generierung theoretischen Wissens zu typischen individuellen Lernverläufen und Hürden dienen, sollten im zweiten Schritt jedoch ergänzt werden durch Design-Experimente in Klassenzimmern mit der ganzen sozialen Komplexität des Lernens mit 30 Schülerinnen und Schülern.

In der Regel zeigt sich dabei, dass die in „Boutique-Experimenten“ entwickelten Lehr-Lernarrangements dann an die komplexeren Bedingungen des Klassenunterrichts angepasst werden müssen (Swan 2005, van den Akker et al. 2006, Burkhardt 2006). Dabei bringen im Rahmen von symbiotischen bzw. partizipativen Implementationsprozessen erfahrene Lehrkräfte Expertisen über ihre spezifischen Arbeitsbedingungen vor Ort ein, die für das Gelingen der Umsetzung unverzichtbar sind (Parchmann et al. 2006, Demuth et al. 2008, Eilks & Markic 2011). Auch hier ist die „Symbiose“ erneut eine biologische Metapher für abgestimmtes professionelles Wirken im gemeinsamen Lebensraum mit Vorteilen für beide Seiten. Sie deutet an, dass fachdidaktische Theoriekompetenz, vertreten durch die Forscherinnen und Forscher, zusammenkommen muss mit der Praxiskompetenz von Lehrpersonen, um Unterrichtsdesigns für reale Klassenraumsituationen zu planen, zu erproben und zu optimieren (vgl. Nawrath & Komorek in diesem Band).

Das Gebot der ökologischen Validität verbietet also die verkürzende Vorstellung, dass in Trainingsstudien erprobte Einheiten oder Unterrichtserfahrungen direkt in die Praxis „transferiert“ werden können. Stattdessen ist der Prozess der ökologisch validen Adaption selbst in die Planung von Forschungs- und Entwicklungsprozessen einzubinden, um der Komplexität der variierenden Unterrichtsrealitäten mit ihren unterschiedlichen Lerngruppen, institutionellen Voraussetzungen und Anknüpfungspunkten gerecht zu werden.

Wie Gräsel und Parchmann (2004) ausführen, sind es im Wesentlichen Top-down-Strategien und symbiotische Strategien, denen die Implementationsforschung unterstellt, dass sie über einen einfachen Transfer von als wirkungsvoll erkannten einzelnen und singulären Unterrichtselementen hinausgehen zu können, um langfristige und grundlegende Änderungen in der Unterrichtsrealität zu erreichen. Da aber bei den Top-down-Strategien zeitliche und räumliche Trennungen von Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzepts und seiner Umsetzung in der Unterrichtsrealität gegeben ist und zudem eine gewisse Verordnung durch die Bildungsadministration oder bestimmte Experten erfolgt, ist die ökologische Validität oftmals eingeschränkt. Insbesondere, wenn zu wenig berücksichtigt wird, „wie schwer Erfahrungswissen, Überzeugungssysteme und Handlungsroutinen [von Lehrpersonen] zu verändern sind und wie stark der soziale Kontext der Schule auf die Umsetzung der Innovation Einfluss nimmt“ (Gräsel & Parchmann 2004, S. 200). Erst wenn die Innovation als brauchbar und nützlich angesehen wird und nicht zu große Veränderungen erfordert, wird sie angenommen – so ein zentrales Ergebnis der Implementationsforschung zu Top-down-Strategien (ebd.).

Symbiotische Strategien gehen meistens von einem Praxis-Problem aus, das eine gewisse Unzufriedenheit bei Lehrpersonen erzeugt und die Bereitschaft herstellt, mit Expertinnen und Experten zusammenzuarbeiten. Der Erfolg solcher Strategien ist nur dann gewährleistet, wenn sie nicht von fertigen Konzepten ausgehen, die zu übernehmen sind, sondern deren Mitgestaltung durch Lehrpersonen erlauben und wenn sie zu konkret umsetzbaren Maßnahmen führen. Diese müssen dann eine von allen Partnern der Symbiose gut feststellbare Veränderung von Unterrichtsrealität nach sich ziehen. Zum Erfolg trägt dabei insbesondere das Rollenverständnis sowohl der Expertinnen und Experten bei, die sich eher zurücknehmen und als Beratende fungieren sollten, als auch der beteiligten Lehrpersonen, die eine gewisse Offenheit und Flexibilität mitbringen und kooperationsbereit gegenüber ihren Kolleginnen und Kollegen sein müssen. Eine gewisse „inquiry orientation“ (Gräsel & Parchmann, 2004, S. 210) gegenüber der Wirkung der ausgehandelten Veränderungen ist hierbei ausschlaggebend dafür, ob eine ökologische Validität tatsächlich erreicht wird.

5. Professionalisierung der Akteure statt alleinige Dissemination

Einsiedler (2010) u.v.a. betonen die Länge des Weges einer Idee zu einem guten Unterrichtsdesign bis hin zur Klassentauglichkeit: Selbst wenn gute Unterrichtsdesigns und praxistaugliche gegenstandsspezifische Lehr-Lernarrangements zur Verfügung stehen, muss für eine breite Umsetzung mehr passieren als Unterrichtsmaterialien zu disseminieren (wörtlich „zu streuen“). Die Implementation erfordert, wie im Abschnitt zuvor bereits

ausgeführt, den Einbezug der Akteure, vorrangig der Lehrkräfte. Auch ihre Professionalisierung ist daher ein weiterer wichtiger Aspekt, um Verkürzungen zu vermeiden (Gräsel et al. 2006, Lipowsky 2010).

Vorhandene Studien zur Lehrerprofessionsforschung zeigen u.a., dass die Orientierung von Lehrkräften an curricularen Vorgaben eher als lose zu bezeichnen ist (vgl. Vollstädt et al. 1999). Es reicht demnach nicht aus, die aus der (mehr oder weniger partizipativen) Forschung und Entwicklung gewonnenen Konzepte nur zu publizieren, in der Hoffnung, dass damit auch für alle anderen Lehrkräfte zugleich eine Transformation oder Integration in die Wissens- und Handlungsrepertoires einhergehen würde. Stattdessen sind insbesondere für diesen Prozess systematische und fundierte Strategien der Aneignung entsprechender Erkenntnisse durch Lehrkräfte zu entwickeln. Denn nur so kann gewährleistet werden, dass die Voraussetzungen für die Durchführung optimierter und komplexer Unterrichtsdesigns überhaupt gegeben sind. Auch die besten Unterrichtsdesigns drohen weitgehend folgenlos zu bleiben, wenn der Prozessschritt der Lehrerprofessionalisierung nicht ebenfalls in ein Gesamtkonzept der Fachdidaktischen Entwicklungsforschung einbezogen wird (vgl. Basisartikel von Komorek, Fischer & Moschner in diesem Band). Dies muss und kann zwar nicht in jedem Einzelprojekt realisiert werden, aber in größeren Forschungsprogrammen ganzer Arbeitsgruppen.

Für eine effektive Lehrerprofessionalisierung bewähren sich zwei Voraussetzungen: Erstens ermöglicht erst die Kenntnis der individuellen Anknüpfungspunkte ein für die beteiligten Lehrkräfte hinreichend adaptives Ausbildungs- und Fortbildungskonzept. Diese Kenntnis zielt idealerweise sowohl auf das Erfahrungswissen von Lehrkräften, ihre Subjektiven Theorien von der Rolle der fachlichen Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler, von fachdidaktischen Vorstellungen zur Unterrichtsgestaltung als auch auf ihre eigenen fachlichen Vorstellungen vom in Rede stehenden Lerngegenstand. Und zweitens wird idealerweise ein empirisch überprüfbares Ausbildungskonzept (für erste und zweite Phase der Lehrerbildung) oder Fortbildungskonzept (für dritte Phase des lebenslangen Lernens) entwickelt, in das die Nutzung fachdidaktischer Forschungsergebnisse integriert ist. Mit diesen Voraussetzungen wird ermöglicht, dass die Dissemination, also die „Aus-saat“ von schul- und unterrichtsrelevanten Forschungsergebnissen auch auf fruchtbaren Boden fällt.

Gleichwohl weisen Kahlert und Zierer (2011, S. 74) darauf hin, dass die wirksame Einbindung von Lehrkräften in wissenschaftsorientierte Kommunikationszusammenhänge sehr personalintensiv ist und kaum für alle Lehrkräfte zu erreichen sein wird. Daher ist unter Umständen auch gewünscht, dass ein Unterrichtsdesign von einem breiten Kreis von Lehrerinnen und Lehrern verwendet wird, ohne dass diese zunächst eine Professionalisierungsmaßnahme durchlaufen, welche sie in die spezifischen Bedingungen und Perspektiven eines konkreten Unterrichtsdesigns einführt. Um das zumindest in einem gewissen Grad zu ermöglichen, sind verschiedene Lehrerperspektiven schon in die Entwicklung des Unterrichtsdesigns einzubeziehen (vgl. Komorek, Fischer & Moschner sowie Nawrath & Komorek in diesem Band). Empirische Untersuchungen sollten daher Erkenntnisse anstreben über folgende Fragen:

- Mit welchem Spektrum an fachlichen Kenntnissen, die für das Unterrichtsthema relevant sind, ist bei den potentiell zu adressierenden Lehrpersonen zu rechnen? Daraus ergeben sich Schlussfolgerungen über Passung von Aufgaben oder Zugängen zum Unterrichtsthema oder über sinnvolles Lehrerbegleitmaterial, das auch ohne genaue Kenntnis der spezifischen Zielgruppe möglich ist.
- Welche Kenntnisse und Überzeugungen besitzen die potentiell zu adressierenden Lehrenden bezüglich Vorstellungen und Lernprozessen von Lernenden, die Adressaten für das Unterrichtsthema sind? Hieraus ergeben sich Schlussfolgerungen über Typen, Inhalte und Anspruchsniveaus von Lernaufgaben, die Lehrende ihren Schülerinnen und Schülern stellen würden.
- Welche Perspektiven haben Lehrende auf Unterrichtsprinzipien im Allgemeinen und im betreffenden Fach und, welche individuellen Präferenzen verfolgen sie?

Programme wie SINUS und SINUS-Transfer Grundschule sowie der so genannten Kontextprojekte CHIK, BIK, piko (vgl. Nawrath & Komorek in diesem Band), die die Bedeutung von Kontexten für das Lernen in den Naturwissenschaften herausgestellt haben, haben insbesondere die Professionalisierung von Lehrpersonen als wesentlichen Aspekt der Qualitätssteigerung von Unterricht angesehen. Die Programme machen deutlich, dass die Entwicklung von Unterrichtskonzepten und ihre Implementation und Dissemination nur dann überzeugend gelingen kann, wenn sie mit Prozessen der Professionalisierung Hand in Hand gehen.

6. Ausblick: zwei Forschungs- und Entwicklungsprogramme für den langen Weg zum Unterrichtsdesign

Die in den obigen Abschnitten diskutierten Verkürzungen können im Gegenzug als Anforderungen an solche Forschungs- und Entwicklungsprogramme verstanden werden, die sich ernsthaft auf den längeren, dafür aber hoffentlich wirkungsvolleren Weg zu Unterrichtsdesigns machen. Zugleich ist zu betonen, dass natürlich auch die hier vorgestellten Programme nicht ohne Verkürzungen auskommen. So werden z.B. die pädagogischen Dimensionen des Unterrichtens aufgrund der fachdidaktischen Fokussierung weitgehend ausgeblendet (vgl. z.B. Gruschka 2013), ohne dass damit deren prinzipielle Bedeutsamkeit für eine rekonstruktive Unterrichtsforschung bestritten werden soll. Das Spektrum der Anforderungen kann nicht von einzelnen und zeitlich befristeten Projekten umfassend erfüllt werden, stattdessen stellt es sich als durchgängige Aufgabe für längerfristig arbeitende größere Arbeitsgruppen oder Forschungsnetze dar. Auch wenn sich die Kernarbeit in solchen Gruppen oder Netzen jeweils domänenpezifisch stellt, hat sich im wissenschaftlichen Alltag der Autorinnen und Autoren der interdisziplinäre Zusammenschluss in fachübergreifenden fachdidaktischen Promotionskollegs bewährt, in denen jeweils Arbeiten mit ähnlichen Programmen gefördert werden. Aus dieser Erfahrung heraus werden im vorliegenden Sammelband die Programme der Promotionskollegs ProDid/ProfaS (Universität Oldenburg) und FUNKEN (Technische Universität Dortmund) vorgestellt, die sich

jeweils unterschiedlicher Bereiche der Anforderungen forciert annehmen, insgesamt jedoch eine verwandte und einander ergänzende Philosophie verfolgen.

In den folgenden beiden Basiskapiteln werden die Grundanlagen der beiden Programme in ihren Gemeinsamkeiten und im Kontrast vorgestellt. Anschließend werden 13 konkrete Promotionsvorhaben beschrieben, die die Programme von ProDid/ProfaS und FUNKEN mit Leben füllen und die jeweils kleinen Beiträge auf dem langen Weg zur wissenschaftlich fundierten Entwicklung von Unterrichtsdesigns und zur Beforschung ihrer Wirkungen.

Literatur

- Barab, S. & Squire, K. (Hrsg.) (2004). Special Issue: Design-Based Research: Clarifying the Terms. *Journal of the Learning Sciences, 13* (1).
- Benson, G. D. (2001). Science Education from a Social Constructivist Position: A Worldview. *Studies in Philosophy and Education, 20* (5), 443-452.
- Brinkmann, M. (2009). Fit für PISA? Bildungsstandards und performative Effekte im Testregime. Vorschläge zur theoretischen und pädagogischen Differenzierung von Bildungsforschung und Aufgabenkultur. In J. Bilstein & J. Ecarius (Hrsg.), *Standardisierung – Kanonisierung – Erziehungswissenschaftliche Reflexionen*. Wiesbaden: VS-Verlag, 97-116.
- Bruner, J. (1967). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Burkhardt, H. (2006). From design research to large-scale impact: Engineering research in education. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational design research*. London: Routledge, 185-228.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher, 32* (1), 9-13.
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (2008) (Hrsg.). Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung des Unterrichtskonzepts. Münster: Waxmann.
- DiSessa, A. A. & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *Journal of the Learning Sciences, 13* (1), 77-103.
- Dressler, B. (2007). Modi der Weltbegegnung als Gegenstand fachdidaktischer Analysen. *Journal für Mathematik-Didaktik, 28* (3/4), 249-262.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptualchange: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education, 25* (6), 671-688.
- Duit, R., Treagust, D. & Widodo, A. (2008). Teaching for conceptual change - Theory and practice. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on conceptual change*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 629-646.
- Eickhorst, A. (2011). Das Unterrichtsverständnis der empirischen Lehr-Lern-Forschung. In W. Meseth, M. Proske & F.-O. Radtke (Hrsg.), *Unterrichtstheorie in Forschung und Lehre*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 50-66.
- Eilks, I. & Markic, S. (2011). Effects of a Long-Term Participatory Action Research Project on Science Teachers' Professional Development. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 7* (3), 149-160.
- Einsiedler, W. (2010). Didaktische Entwicklungsforschung als Transferförderung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 13*, 59-81.
- Einsiedler, W. (2011). Was ist Didaktische Entwicklungsforschung? In W. Einsiedler (Hrsg.), *Unterrichtsentwicklung und Didaktische Entwicklungsforschung*. Heilbrunn: Klinkhardt, 41-70.
- Flint, A., Fickenfrerichs, H., Peper, R. & Jansen, W. (1987). Zur Strukturaufklärung des Ethanols – eine an der geschichtlichen Entwicklung orientierte Unterrichtseinheit. *Naturwissenschaften im Unterricht, 30* (35), 28-41.
- Freudenthal, H. (1991). Revisiting Mathematics Education. *China Lectures*. Dordrecht: Kluwer.

- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 867-888.
- Gräsel, C., Jäger, M. & Wilke, H. (2006). Konzeption einer übergreifenden Transferforschung und Einbeziehung des internationalen Forschungsstandes. In R. Nickolaus & C. Gräsel (Hrsg.), *Innovation und Transfer*. Baltmannsweiler: Schneider, 445-566.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft* 3, 196-214.
- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design research: The design, development and evaluation of programs, processes and products*. London: Routledge, 17-51.
- Greeno, J. G. (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, 53 (1), 5-26.
- Grunder, H.-U. (2001). *Schule und Lebenswelt. Ein Studienbuch*. Münster: Waxmann.
- Grüner, G. (1967). Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik. *Die deutsche Schule*, 59 (7/8), 414-430.
- Gruschka, A. (2013). *Unterrichten – eine pädagogische Theorie auf empirischer Basis*. Opladen, Berlin & Toronto: Verlag B. Budrich.
- Habermas, J. (1968). *Erkenntnis und Interesse*. Frankfurt/M.: Fischer.
- Heimann, P., Otto, G. & Schulz, W. (1969). *Unterricht, Analyse und Planung*. Hannover: Schroedel.
- Helmke, A. (2010). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett / Kallmeyer.
- Hering, D. (1959). Zur Fasslichkeit naturwissenschaftlicher und technischer Aussagen – eine Einführung in das Problem der Wissenschaftlichkeit und Fasslichkeit der Aussagen im naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht. Berlin: Volk und Wissen.
- Herrmann, F. & Job, G. (2002). *Altlasten der Physik*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Heursen, G. (1996). Das Leben erfahren. Lebensweltorientierte didaktische Ansätze. *Pädagogik*, 6, 42-46.
- Hilgard, E. R. & Bower, G. H. (1966). *Theories of learning*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Kahlert, J. & Zierer, K. (2011). Didaktische Entwicklungsorschung aus Sicht der pragmatischen Entwicklungsarbeit. In W. Einsiedler (Hrsg.), *Unterrichtsentwicklung und Didaktische Entwicklungsorschung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 71-87.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3-18.
- Kiper, H., Komorek, M. & Sjuts, J. (2010). Modellvorhaben Nordwest: Entwicklung von Diagnose und Förderkompetenz im Unterricht und in Lehr-Lern-Laboren. Verbundprojekt zur Verzahnung der Phasen in der Lehrerausbildung – prämiert vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. *SEMINAR – Lehrerbildung und Schule*, 2, 115-122.
- Kirsch, A. (1977). Aspekte des Vereinfachens im Mathematikunterricht. *Didaktik der Mathematik*, 5 (2), 87-101.
- Klafki, W. (1969). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In H. Roth & A. Blumenthal (Hrsg.), *Auswahl, Didaktische Analyse*. Hannover: Schroedel, 5-34.
- Klieme, E (2006). Empirische Unterrichtsforschung: Aktuelle Entwicklungen, theoretische Grundlagen und fachspezifische Befunde. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52 (6), 765-773.
- Knuth, R. A. & D. J. Cunningham (1993). Tools for constructivism. In T. M. Duffy, J. Lowyck & D. H. Jonassen (Hrsg.), *Designing environments for constructive learning*. Berlin: Springer, 163-188.
- Komorek, M. & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26 (5), 619-633.

- Komorek, M., Fischer, A. & Moschner, B. (2013, in diesem Band). Fachdidaktische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdesigns. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster u.a.: Waxmann, 43-62.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice*. Boston, MA: Cambridge.
- Leuders, T. (2011). Kompetenzorientierung – eine Chance für die Weiterentwicklung des Mathe- matikunterrichts? In K. Eilerts, A. H. Hilligus, G. Kaiser & P. Bender (Hrsg.), *Kompetenz- orientierung in Schule und Lehrerbildung*. Münster: LIT, 287-306.
- Leutner, D. (2010). Perspektiven pädagogischer Interventionsforschung. In T. Hascher & B. Schmitz (Hrsg.), *Pädagogische Interventionsforschung. Theoretische Grundlagen und empirisches Handlungswissen*. Weinheim: Juventa, 63-72.
- Levin A. & Arnold, K.-H. (2009). Selbstgesteuertes und selbstreguliertes Lernen. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 154-159.
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf. Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbil- dung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen – Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann, 51-72.
- Maturana, H. & Varela, F. (1987). *Der Baum der Erkenntnis*. München: Scherz.
- McKenney, S. & Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. London: Rout- ledge.
- Meyer, A. (2013, in diesem Band). Diagnose und Förderung algebraischen Denkens. Didaktische Rekonstruktion unterrichtspraktischer Indikatoren für unterrichtliche Diagnose und Förde- rung. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Be- gründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Müs- ter u.a.: Waxmann, 203-218.
- Meyer, H. (2001). Türklinkendidaktik. Aufsätze zur Didaktik, Methodik und Schulentwicklung. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Meyer, M. (2009). Bildungsgangdidaktik zwischen Lehrgang und Lernerbiografie. In K.-H. Arnold, S. Blömeke, R. Messner & J. Schrömerkemper (Hrsg.), *Didaktik und Lehr-Lern- Forschung. Kontroversen und Entwicklungsperspektive einer Wissenschaft vom Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 121-144.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und übersachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz (Zeitschrift für Pädagogik, 45. Beiheft), 176-191.
- Nawrath, D. & Komorek, M. (2013, in diesem Band). Strukturierung von Physikunterricht – die Rolle der Kontextorientierung: Prozesse der Designentwicklung in der Sekundarstufe I. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster u.a.: Waxmann, 219-236.
- Pahl, E. & Komorek, M. (2013, in diesem Band). „Energie“ im Sach- und Physikunterricht: Vor- stellungen von Lehrpersonen vom Konzept der Energie und seiner Vermittlung im Unterricht. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begrün- dung und Umsetzung genuin fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster u.a.: Waxmann, 237-255.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. & Ralle, B. (2006). „Chemie im Kontext“: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 1041-1062.
- Prediger, S. & Link, M. (2012). Fachdidaktische Entwicklungsforschung – Ein lernprozessfokus- sierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer &

- H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate Fachdidaktischer Forschung. Empirische Projekte – historische Analysen – theoretische Grundlegungen*. Münster: Waxmann, 29-46.
- Prediger, S. & Zwetzschler, L. (2013, im Druck). Topic-specific design research with a focus on learning processes: The case of understanding algebraic equivalence in Grade 8. In T. Plomp & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design Research: Illustrative Cases*. Enschede: SLO, Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Rehm, M. (2006). Allgemeine naturwissenschaftliche Bildung – Entwicklung eines vom Begriff Verstehen ausgehenden Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 23-43.
- Richter, V. & Hußmann, S. (2013, in diesem Band). Design-Experimente mit sinnstiftenden Kontexten und differenzierter Verwendung von Darstellungen: Am Beispiel des Lerngegenstandes lineare Funktionen. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster u.a.: Waxmann, 79-93.
- Rost, J., Carstensen, C. H., Bieber, G., Neubrand, M. & Prenzel, M. (2003). Naturwissenschaftliche Teilkompetenzen im Ländervergleich. In Deutsches Pisa-Konsortium (Hrsg.), *PISA 2000. Ein differenzierter Blick auf die Länder der Bundesrepublik Deutschland*. Opladen: Leske und Budrich, 109-129.
- Scherler, K. (1989). Elementare Didaktik. Vorgestellt an Beispielen aus dem Sportunterricht. Studien zur Schulpädagogik und Didaktik, Band 2. Weinheim: Beltz.
- Schierz, M. (1995). Das schulpädagogische Prinzip der Lebensnähe und seine Bedeutung für den Schulsport. In F. Borkenhagen & K. Scherler (Hrsg.), *Inhalte und Themen des Schulsports*. St. Augustin: Richartz, 13-33.
- Swan, M. (2005). Standards Unit. Improving learning in mathematics: challenges and strategies. University of Nottingham.
- Schoenfeld, A. H. (2006). Design experiments. In P. B. Elmore, G. Camilli, & J. Green (Hrsg.), *Handbook of Complementary Methods in Education Research*. Washington, DC & Mahwah, NJ: American Educational Research Association and Lawrence Erlbaum Associates, 193-206.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieveen, N. (2006) (Hrsg.). *Educational Design Research: The design, development and evaluation of programs, processes and products*. Routledge, London.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2005). Can scientific research answer the ‘what’ question of mathematics education? *Cambridge Journal of Education*, 35 (1), 35-53.
- Vollständt, W., Tillmann, K.-J., Rauin, U. & Höhmann, K. (1999). Lehrpläne im Schulalltag. Eine empirische Studie zur Akzeptanz und Wirkung von Lehrplänen in der Sekundarstufe I. Opladen: Leske+Budrich.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society*. London: Harvard University Press.
- Weinert, F. E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Serie I, Band 2*. Göttingen: Hogrefe, 1-48.
- Wille, R. (1995). Allgemeine Mathematik als Bildungskonzept für die Schule. In R. Biehler, H.-W. Heymann, B. Winkelmann (Hrsg.), *Mathematik allgemeinbildend unterrichten*. Köln: Aulis, 41-55.
- Zander, B. (2013, in diesem Band). Lebensweltorientierung im Sportunterricht der Hauptschule. Entwicklung und Erforschung einer Projekttaufgabe. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster u.a.: Waxmann, 125-140.
- Zwetzschler, L. & Prediger, S. (2013, in diesem Band). Der lange Weg zum Herstellen von Beziehungen: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zur Gleichwertigkeit algebraischer Terme. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster u.a.: Waxmann, 141-156.