

Schriftenreihe *F*achdidaktische *F*orschung

Nr. 3, Oktober 2010

Anke Meisert & Florian Böttcher

Indirekte Instruktionen im naturwissenschaftlichen Unterricht und ihre epistemologische Fundierung

Key words:

Lehrerbildung, Fallarbeit, Beispielhermeneutik, Reflexionskompetenz, Sportunterricht

Herausgeber der Schriftenreihe Fachdidaktische Forschung:

Peter Frei, Katrin Hauenschild, Irene Pieper, Barbara Schmidt-Thieme
Forum Fachdidaktische Forschung
Universität Hildesheim

Redaktion: Kati Buschmann, Stefanie Quedenfeld

ISSN 2193-5912

Verfügbar unter: <http://www.uni-hildesheim.de/sff>

Anke Meisert & Florian Böttcher

Indirekte Instruktionen im naturwissenschaftlichen Unterricht und ihre epistemologische Fundierung

Abstract

Sowohl die curriculare Aufwertung lernerseitiger Erkenntnisgewinnungsprozesse in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern als auch die konstruktivistische Perspektive auf das Lernen rücken u.a. die kognitiven Aktivitäten der Lernenden ins Zentrum didaktischen Handelns. Aus der Vorstellung des „aktiv konstruierenden Lerners“ leitet sich die Frage nach der Eignung unterschiedlicher Instruktionsformen ab. Diese werden als direkte vs. indirekte Instruktionen begrifflich abgegrenzt und bzgl. unterschiedlicher Argumentationsebenen diskutiert. Ausgehend von der hieraus abgeleiteten Berechtigung bzw. Notwendigkeit indirekter Instruktionen stellt sich im Kontext konstruktivistischer Ansätze des Lernens die Frage nach einer epistemologischen Fundierung indirekter Instruktionen. Auf der Grundlage einer Differenzierung des konstruktivistischen Paradigmas in unterschiedliche Bedeutungsebenen, erweist sich die epistemologische Dimension des Konstruktivismus, der mit dem moderaten Konstruktivismus kongruent ist, als ungeeignete Theoriefundierung indirekt instruierender Lehrkonzepte. Alternativ wird das kognitiv-wissenschaftstheoretische Konzept des Model-based View als vielversprechender Theorierahmen für indirekt instruierender Lehr-/Lernarrangements vorgestellt; dieser bietet auf der Grundlage einer korrespondenzbasierten Relation zwischen Modellvorstellungen und realen Daten ein Gültigkeitskriterium zur Beurteilung alternativer Modellvorstellungen als notwendige Voraussetzung indirekter Instruktionen. Entsprechende Schlussfolgerungen für die Entwicklung indirekt instruierender Lehr-/Lernarrangements werden vorgestellt.

Schlüsselwörter: direkte vs. indirekte Instruktionen, epistemologischer Konstruktivismus, Model-based view

Both curricular goals on inquiry learning and the constructivist perspective on learning focus on the learners' cognitive activities as the centre of interest when learning environments are to be designed. The concept of "active constructing learners" results in the question for suitable instructional settings. Approaches are conceptually differentiated in direct and indirect instructions und discussed with regard to different dimensions of arguments. Based on the suitability and necessity of indirect instructions its epistemological foundation has to be analysed in the context of the constructivist perspective of learning. Differentiating the constructivist paradigm into its different meanings, an epistemological constructivism (congruent to moderate constructivism) proves to be unsuitable as a theoretical foundation of indirect instructional designs. The model-based view as a concept based on approaches of the cognitive science and the philosophy of science will be presented as a promising alternative theoretical background; this theory offers a relation between models and real data enabling to evaluate alternative models based on valid-related criteria as a precondition of indirect instructions. Corresponding conclusions on the development of indirect instructing learning environments are presented.

keywords: direct vs. indirect instructions, epistemological constructivism, model-based view

1 Einleitung

Mit den Schlagworten „Erkenntnisgewinnung“ und „konstruktivistisches Lernen“ lassen sich zwei Ansätze identifizieren, die die nationale und internationale naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Lehrerbildung entscheidend prägen. Beide Ansätze stehen auf den ersten Blick unverbunden nebeneinander, da sie sich

auf unterschiedliche Ebenen der Organisation von Bildungsprozessen beziehen: Erkenntnisgewinnung fungiert als eigene Zieldimension nationaler Bildungsstandards und ist damit primär bildungspolitisch, z.B. durch entsprechende Referenzen zum Scientific Literacy-Konzept, zu rechtfertigen. Konstruktivistisches Lernen in den Naturwissenschaften stellt demgegenüber primär ein lerntheoretisches Konzept zur Optimierung der Lernwege dar und fokussiert auf die „*Vorstellung vom aktiven Lerner, der sich sein Wissen selbstständig konstruiert*“ (Gerstenmaier & Mandl 1995, S. 882). Trotz dieser Separierbarkeit beider Ansätze stoßen sie in einer zentralen Frage didaktischen Handelns unmittelbar aufeinander - der Ausrichtung von Instruktionsformen. Greifbar wird dieser Kristallisationspunkt jeweils im Konzept des aktiven Lerners, der sich Wissen selbstständig aneignet bzw. hervorbringt. Die lernerseitigen Aktivitäten im Lernprozess spielen in beiden Ansätzen eine entscheidende Rolle und fordern entsprechend ausgerichtete Instruktionsformen.

Instruktionen können übergeordnet in direkte und indirekte Formen der Lernprozessinitiierung differenziert werden. Während die direkt instruierenden Lernumgebungen die zu vermittelnden Konzepte direkt vorgeben, offerieren indirekt instruierende Lehrkonzepte mehr oder weniger ausgewählte Informationen, die ein selbstständiges Erschließen der Zielkonzepte ermöglichen. Ausgehend von der internationalen Debatte über direkte vs. indirekte Instruktionsformen, die sowohl auf konstruktivistische Theoriefundamente als auch auf intendierte Prozesse lernerseitiger Erkenntnisgewinnung als „*discovery learning*“ oder „*inquiry learning*“ Bezug nimmt (Mayer 2004; Kirschner et al. 2006; Kuhn 2007), werden im Folgenden zentrale Argumente zum Konzept indirekter Instruktion diskutiert (Frage 1: Inwieweit stellen indirekte Instruktionen einen geeigneten didaktischen Ansatz zur Konstruktion von Lernumgebungen dar?). In einem zweiten Schritt erfolgt eine kritische Analyse möglicher Theoriefundierungen (Frage 2: Welche Epistemologien bieten eine geeignete Theoriefundierung indirekter Instruktionen?). Diese theoretische Analyse wird hierbei zunächst als notwendige Fundierung überzeugender Instruktionsansätze verstanden. Darüber hinaus dient die epistemologische Analyse einer Präzisierung des Konzepts indirekt instruierender Lehr-/Lernarrangements mit unmittelbaren Schlussfolgerungen auf entsprechende Planungsstrategien.

Die hier vorgelegten Überlegungen fokussieren auf die kognitiv-rationale Dimensionen lernerseitiger Aktivitäten. Diese Einschränkung impliziert nicht, dass andere Qualitäten mentaler Aktivitäten (insbesondere motivationale Aspekte) für die Konstruktion von Lehr-/Lernarrangements von nachrangiger Bedeutung sind. Vielmehr versuchen die vorliegenden Überlegungen dem Anspruch gerecht zu werden, dass Lernumgebungen auch bezgl. ihrer rational ausgerichteten Kognitionen überzeugende, auf Gültigkeitsfragen ausgerichtete Klärungsprozesse offerieren, die durch das konstruktivistische Paradigma in Frage gestellt sind.

Der folgende Text gliedert sich einleitend in eine Abgrenzung der Konzepte direkter und indirekter Instruktionen (Kap. 2) sowie eine kurze Darstellung des hierzu geführten wissenschaftlichen Diskurses (Kap. 3). Die weiteren Überlegungen widmen sich der theoretischen Fundierung, indem zunächst das konstruktivistische Paradigma (Kap. 4-6) und in einem zweiten Schritt der Model-based View als möglicher Theorierahmen (Kap. 7) diskutiert werden. Hierbei gilt es zu zeigen, dass indirekte Instruktionen nicht vor dem Hintergrund einer konstruktivistisch ausgerichteten Erkenntnistheorie

gerechtfertigt werden können, sondern eine korrespondenzbasierte Epistemologie (vgl. Chalmers 2007), wie sie z.B. vom Model-based View offeriert wird, erfordern. Abschließend werden entsprechende Schlussfolgerungen für die Planung indirekt instruierender Lehr-/Lernarrangements vorgestellt (Kap. 8).

2 Direkte vs. indirekte Instruktionen - eine Begriffsbestimmung

Der Begriff „direkte Instruktion“ (direct instruction) als Beschreibung von Lernumgebungen, in denen das zu erschließende Zielkonzept vollständig vorgegeben wird, hat sich in der Literatur weitgehend durchgesetzt (Kuhn 2007; Kirschner, Sweller & Clark 2006; Klahr & Nigam 2004). Im Sinne der konzeptuellen und prozeduralen Ausrichtung des modernen naturwissenschaftlichen Unterrichts umfassen diese direkten Instruktionen nicht nur die finalen Theoriekonzepte selbst sondern auch die Prozesse fachspezifischer Erkenntnisgewinnung: „*Direct instructional guidance is defined as providing information that fully explains the concepts and procedures that students are required to learn*“ (Kirschner et al. 2006, S. 75). Die Ausrichtung von Lernumgebungen bezüglich ihres Instruktionsgrades ist hiernach sowohl im Hinblick auf ihre konzeptuellen als auch ihre prozeduralen Instruktionselemente hin zu prüfen. Insbesondere wenn prozedurale Elemente des Lernprozesses, z.B. in Form fachspezifischer Denk- und Arbeitsweisen, selbst als Lehr-/Lernziele fungieren, sind die entsprechenden Instruktionselemente, die diese Kompetenzen fördern sollen, zu reflektieren. Unter direkten Instruktionen verstehen wir daher jene Anweisungen an Lernende, die sowohl konzeptuale als auch prozedurale Elemente des intendierten Lernprozesses vollständig umfassen.

Als Gegenbegriffe zur direkten Instruktion werden in der Regel didaktisch konkretisiertere Konzepte wie „*discovery learning*“, „*problem-based learning*“, „*inquiry learning*“ und „*constructivist learning*“ genannt (Mayer 2004; Kirschner et al., 2006). All diesen Konzepten ist gemein, dass die entsprechenden Lernumgebungen unvollständige An- bzw. Einweisungen zu den intendierten Zielkonzepten aufweisen. Da das entsprechende Maß an Unvollständigkeit stark variieren kann, lässt sich das Konzept indirekter Instruktionen nur schwer begrifflich vereinheitlichen und wird in der Literatur häufig als ein Fehlen direkter Instruktionen umschrieben.

Abstrahierend lässt sich das Spektrum indirekter Instruktionen als eine Skala aus abnehmender An- bzw. Einweisungen durch den Lehrenden bzw. die Lernumgebung und parallel zunehmender Erkenntnisleistung der Lernenden selbst verstehen (Abb. 1). Je weniger An- und Einweisungen erfolgen, umso größer wird die Lücke zwischen den gegebenen Informationen und den Zielkonzepten, die durch die Lernenden mittels eigenständiger Erkenntnisleistungen geschlossen werden muss. Als bekanntestes Unterrichtskonzept mit deutlich indirekter Instruktionausrichtung ist der problemorientierte bzw. forschend-entwickelnde Unterricht einzuordnen, in dem ausgehend von einem Phänomen eine Fragestellung sowie der hierzu erforderliche Lösungsweg von den Lernenden selbstständig entwickelt werden (Lawson 2005). Dennoch treten auch innerhalb dieses oder ähnlicher Unterrichtskonzepte Elemente direkten Instruierens hinzu, indem z.B. bestimmte Methoden erläutert werden, deren eigenständige Entwicklung nicht möglich oder zu zeitaufwändig wäre. Diese Elemente direkten Instruierens mindern zwar graduell den Anteil eigenständiger

Erkenntnisleistung, sichern jedoch andererseits die Umsetzbarkeit indirekt instruierender Lernumgebungen und damit deren Effizienz: „*offering the students a modest initial suggestion might make their inquiry activity more productive*“ (Kuhn & Dean 2005, S. 867). Elemente direkten Instruierens sind somit nicht als Widerlegung des Ansatzes indirekter Instruktionen zu verstehen, sondern markieren die Notwendigkeit der komplexen Abstimmung eines erfolgreichen Instruktionsdesigns, das dem Ziel verpflichtet ist, eigenständige Erkenntnisprozesse der Lernenden zu initiieren: „*good instruction is never without structure*“ (Kuhn 2007, S. 112).

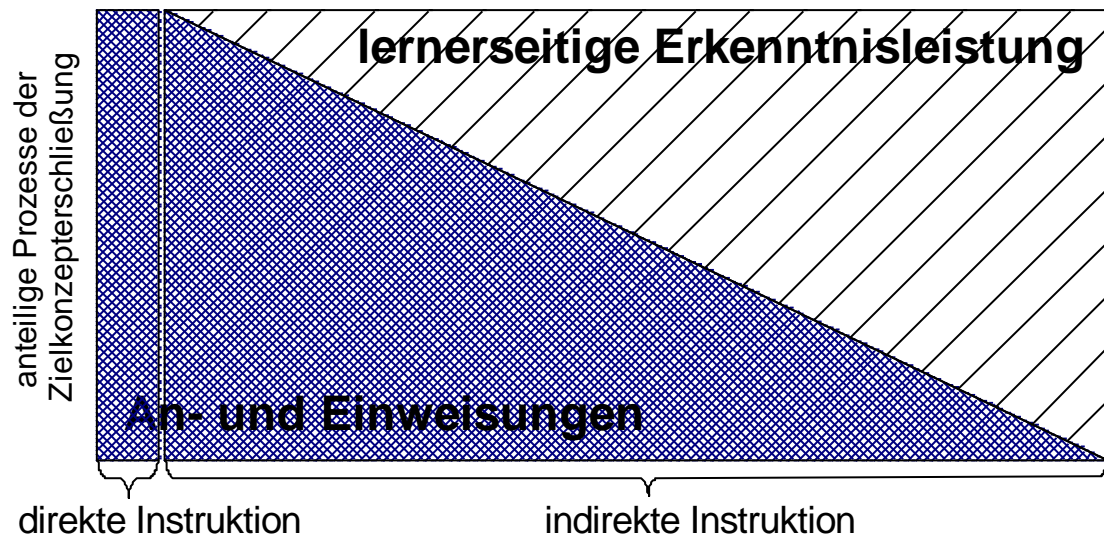


Abb. 1: Das Verhältnis direkter und indirekter Instruktionen als Skala aus An- bzw. Einweisungen durch die Lernumgebung und lernerseitigen Erkenntnisleistungen im Sinne anteiliger Prozesse der Zielkonzepterschließung

Als indirekte Instruktionen sind Lernumgebungen einzuordnen, die die zu erschließenden Lehrinhalte den Lernenden gar nicht oder nur teilweise zur Verfügung stellen; hierdurch eröffnen sie den Lernenden die Möglichkeit, das/die Zielkonzept/e vollständig oder teilweise durch eigenständige Erkenntnisleistungen zu erschließen. Die Planung entsprechender Lernumgebungen erfordert hierbei eine gezielte Auswahl von Informationen (z.B. Phänomene oder Datenmodelle), von denen ausgehend die Lernenden die Zielkonzepte entwickeln können. Die Komplexität derartiger Planungs- und Antizipationsüberlegungen stellt eine entsprechend hohe Hürde für die Implementierung indirekter Instruktionen in den schulischen Alltag dar: „*Indeed, designing the structure of problem-based instructional activities may require the most complex and demanding instructional design of all*“ (Kuhn 2007, S. 112).

Die Ausweitung des Konzeptes indirekter Instruktionen auf prozedurale Instruktionselemente kann leicht zu Missverständnissen führen. Die oben definierte Öffnung für fachspezifische lernerseitige Erkenntnisprozesse (z.B. Konzeption eines Experiments) ist deutlich von jenen Lernumgebungen zu unterscheiden, die eine Öffnung Lernprozess begleitender bzw. fördernder Operationen (z.B. Organisation

eines Gruppenarbeitsprozesses) bieten. Indirekte Instruktionen im oben vorgestellten Sinne beziehen sich somit neben den konzeptualen Zielebenen nur auf jene prozeduralen Kompetenzen, die fachspezifische Zielrelevanz aufweisen, indem z.B. von den Lernenden im naturwissenschaftlichen Unterricht eigenständig Untersuchungsansätze entwickelt und durchgeführt werden. Clement unterscheidet hierzu klärend zwischen Lernumgebungen mit einer „*student directed agenda*“ einerseits und „*student generated ideas*“ andererseits (Clement 2008, S. 15f), wobei letztere als indirekt instruierendes Lehr-/Lernarrangement im oben beschriebenen Sinne einzuordnen ist.

3 Direkte vs. indirekte Instruktionen – die Kontroverse

Die Kontroverse um indirekt vs. direkt instruierende Lehrformen wird auf vielen Ebenen geführt und weist eine entsprechende Vielfalt von Argumenten auf. Kernideen dieser Debatte sollen im Folgenden kurz skizziert werden. Zur Strukturierung der Argumente lassen sich drei wesentliche Ebenen unterscheiden, die sich auf die Möglichkeit, die Effizienz und die Qualität der Wissensaneignung beziehen.

Bezüglich der Möglichkeit der Wissensaneignung gilt als notwendige Grundannahme indirekten Instruierens die Fähigkeit der Lernenden, sich Konzepte selbstständig zu erschließen. Dies wird z.B. angezweifelt, wenn der Erkenntnisweg eine umfangreiche fachliche bzw. fachmethodische Expertise erfordert, über die die Lernenden nicht verfügen. Zweitens bestehen Zweifel an der Fähigkeit der Lernenden, sich komplexe bzw. abstrakte Konzepte selbstständig zu erschließen. So formulierten Freiman, Niederweis und Ludwig im Kontext kumulativen Lernens mit Hilfe übergeordneter Basiskonzepte: „*Wir glauben nicht, dass sich Schülern/-innen dieses anspruchsvolle kognitive Schema [...] auf induktivem Weg erschließt. Eher ist es so, und die Erfahrung bestätigt uns darin, dass dies nur unter sorgfältiger Anleitung durch uns, die Lehrer/-innen erfolgt*“ (Freiman et al. 2001, S. 9). Zwei aktuelle Vergleichsstudien zur indirekt vs. direkt instruierten „controlling-variables strategy“ als zentrales Kompetenzelement des Experimentierens markieren die Aktualität der Debatte (Klahr & Nigam 2004; Dean & Kuhn 2007). Klahr und Nigam belegen die höhere Aneignungsfrequenz durch direkte Instruktionen nach einer Kurzzeitintervention „*We found not only that many more children learned from direct instruction than from discovery learning, but also that when asked to make broader, richer scientific judgments, the many children who learned about experimental design from direct instruction performed as well as those few children who discovered the method on their own*“ (Klahr & Nigam 2004, S. 661). Eine Folgeuntersuchung von Dean und Kuhn (2007) zum selben Zielkonzept zeigt darüber hinaus Effekte langfristig angelegter Lernprozesse auf, die sich über einen Zeitraum von sechs Monaten erstrecken. Die Studie belegt, dass durch die direkte Instruktion kurzfristig gute, aber keine langfristig stabilen Lernergebnisse erzielt werden (Dean & Kuhn 2007). Die indirekte Instruktion zeigt hingegen auch langfristig ohne weitere Instruktionselemente gute Lernergebnisse, sodass die Autoren schlussfolgern: „*DI [direct instruction, Anmerk. d. Verf.] is not a necessary component*“ (Dean & Kuhn 2007, S. 395). Wittwer und Renkl konstatieren entsprechend im Rahmen einer Analyse zur Wirksamkeit direkt instruierter Erklärungen die Möglichkeit eigenständiger Konzeptentwicklung auf der Grundlage passender Lernvoraussetzungen: „*In many*

educational settings, however, learners already bring some understanding to the learning situation and might be able to engage in knowledge-construction activities—at least to some extent—without any help from others” (Wittwer & Renkl 2008, S. 56).

Bezogen auf die Effizienz argumentieren Vertreter direkter Instruktionen mit der hohen Wirksamkeit des Lernens durch direkte Vermittlung der Zielkonzepte bei geringem Zeitaufwand und stützen ihre Thesen häufig mit der Cognitive Load Theory (Sweller 1994; Kirschner 2002); hiernach belasten eigenständige Erkenntniswege die Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses umfangreich, sodass für die Aneignung der Zielkonzepte nur noch begrenzte Ressourcen zur Verfügung stehen: *„Inquiry-based instruction requires the learner to search a problem space for problem-relevant information. All problem-based searching makes heavy demands on working memory. Furthermore, that working memory load does not contribute to the accumulation of knowledge in long-term memory because while working memory is being used to search for problem solutions, it is not available and cannot be used to learn” (Kirschner et al. 2006, S. 77).* Dem gegenüber stehen Befunde, die auf die verminderte mentale Aktivität der Lernenden angesichts vollständiger, direkt instruierter Erklärungen aufmerksam machen: *„In particular, it was found that the availability of instructional explanations reduced the learners’ self-explanation efforts and, thereby, learning outcomes” (Wittwer & Renkl 2008, S. 56).*

Die Frage nach der Qualität des Lernens durch direkte vs. indirekte Instruktionen bezieht sich auf unterschiedliche Aspekte von Wissensqualitäten und kann entsprechend differenziert werden. Als eine Grundidee indirekten Instruierens gilt die Annahme, dass Lernende sich Zielkonzepte vertiefter erschließen, wenn sie hierbei eigenständige Erkenntnisprozesse durchlaufen: *„each time one prematurely teaches a child something he could have discovered for himself, that child is kept from inventing it and consequently from understanding it completely“ (Piaget 1970, S. 715).* Die weitergehende These, *„that knowledge can best be learned or only learned through experience that is based primarily on the procedures of the discipline” (Kirschner et al. 2006, S. 78),* wird hierbei umfangreich kritisiert und als Fehlschluss in Form einer Gleichsetzung von *“epistemology”* und *“pedagogy”* (Kirschner 1992) oder *“cognitive”* und *“behavioral activity”* (Mayer 2004) eingestuft. Insbesondere der letztere Vorwurf verbindet sich mit der Kritik, dass eine konstruktivistische Sicht des Lernens, die häufig mit indirekt instruierenden Lehrkonzepten gleichgesetzt wird, keine direkten Schlussfolgerungen bezüglich eines entsprechend geeigneten Instruktionsdesigns erlaubt und somit auch nicht als Rechtfertigung für indirekte Instruktionen überzeugt (Mayer 2004). Dieser Vorwurf ist gerechtfertigt, da aus der Notwendigkeit der individuellen mentalen Wissenskonstruktion keineswegs abgeleitet werden kann, dass es für den Lernprozess förderlich ist, wenn das entsprechende Wissen durch eigenständige Erkenntnisgewinnung hervorgebracht werden muss. Gerade angesichts der Notwendigkeit individueller mentaler Konstruktionsprozesse könnte eine solche Vorgabe der zu erlernenden Zielkonzepte in Form direkter Instruktionen eine Orientierungshilfe darstellen. Eine konstruktivistische Sicht auf das Lernen ist somit kein hinreichendes Argument für indirekte Instruktionen und steht diesen, wie in Kapitel 6 gezeigt wird, sogar entgegen. Diese Überlegungen markieren deutlich die Notwendigkeit, die epistemologischen Grundlagen indirekter Instruktionen explizit auszuweisen und kritisch zu prüfen (siehe Abschnitt 6 und 7).

Von diesen Argumenten zu separieren sind jene Überlegungen, die indirekte Instruktionen favorisieren, da die entsprechend eigenständigen Erkenntniswege selbst als wertvolle Lernprozesse zur Förderung eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses (nature of science) oder eines generellen Metastrategiewissens fungieren. Sofern diese weiterführenden Lerneffekte in die Erhebungen einbezogen werden, ist eine direkte Vergleichbarkeit im Sinne einer Effizienzanalyse zwischen direkten und indirekten Instruktionen nicht mehr ohne weiteres gegeben. Die Prozesse der indirekten Instruktion sind dann selbst zielrelevant und können dementsprechend nicht als Cognitive Load-Ballast eliminiert werden. Ein Vergleich der unterschiedlichen Instruktionsformen unter dieser Perspektive zeigt dann vor allem die Effekte auf den unterschiedlichen Zielebenen auf. Kuhn plädiert daher für eine stärkere Ausrichtung der Debatte auf die Ebene der Bildungsziele und argumentiert „for the need to contemplate instructional methods within the broader context of instructional goals“ (Kuhn 2007, S. 112). Besondere Aufmerksamkeit verdient hierbei das Konzept des Metastrategiewissens, das ein prozessbezogenes Meta-Verstehen beschreibt (Kuhn & Pearsall 1998) und damit eine zentrale Idee indirekt instruierender Lehrkonzepte erfasst: „*Metastrategic competence— the ability to reflect on and manage strategic knowledge and to relate it to task goals. [...] The challenge, then, is not to teach students how to execute the strategy, but rather to help them understand why to use it—knowledge that is metastrategic in nature*“ (Kuhn & Dean 2005, S. 867).

Zusammenfassend kann aus den bisherigen Überlegungen zur Möglichkeit, zur Effizienz und zur Qualität bzw. Zielebene des Lernens geschlussfolgert werden, dass indirektes Instruieren trotz vielfältiger Einwände als geeigneter bzw. notwendiger Instruktionsansatz einzustufen ist. Dies erfordert dessen epistemologische Fundierung, die in den folgenden Kapiteln diskutiert wird.

4 Konstruktivismus als Theoriefundament für indirekte Instruktionen

Die Ausrichtung von Instruktionen bedarf sowohl empirischer als auch theoretischer Fundierungen. Letztere beziehen sich vornehmlich auf lern- und erkenntnistheoretische Überlegungen, um sowohl die Möglichkeiten und Grenzen der intendierten Erkenntnisse als auch die entsprechenden Lernprozesse theoriegeleitet reflektieren bzw. rechtfertigen zu können: „*Instructional designers are expected to be familiar with the epistemological underpinnings of instructional design and the consequences on the process of instruction*“ (Karagiorgi & Symeou 2005, S. 17). Trotz der weit in philosophische Argumentationsgänge vordringenden epistemologischen Theoriefundierung sind diese Überlegungen eng verknüpft mit didaktischen Handlungsfeldern. Wesentlich sind hierbei die jeweils unterschiedlichen Wahrheits- bzw. Gültigkeitsbegriffe. Der Kohärenz-Begriff der Wahrheit fordert für die Gültigkeit einer Aussage, deren Kohärenz mit bestehenden individuellen bzw. sozial ausgehandelten Konzepten. Der Korrespondenz-Begriff bindet die Gültigkeit von Erkenntnissen hingegen an deren Korrespondenz zu einer physischen Realität. Je nach zugrunde gelegtem Konzept kommt vorhandenen Vorstellungen einerseits und Messdaten bzw. beobachteten Phänomenen andererseits eine jeweils unterschiedliche

Bedeutung mit entsprechenden Implikationen für die Entwicklung von Lehr-/Lernarrangements zu.

Als wohl meistzitiertes Theoriefundament didaktischer Konzepte hat sich in den letzten Jahrzehnten der Konstruktivismus durchgesetzt, der in seiner Universalität auch als „konstruktivistische Sichtweise“ (Gerstenmaier & Mandl 1995, S. 868) oder „Paradigma“ (Riemeier 2007, S. 70) bezeichnet und als höchst bedeutsam - wenn auch nicht unkritisch - eingestuft wird: „*Constructivism has become education's version of the 'grand unified theory', plus a bit more*“ (Matthews 2002, S. 121). Wie bereits in der Einleitung erwähnt, weisen indirekte Instruktionen und konstruktivistische Ansätze des Lernens in Form der aktiven Rolle des Lerners eingängige Parallelen auf, sodass z.B. Kirschner et al. (2006) und Mayer (2004) sowie Klahr und Nigam (2004) indirekt instruierende Ansätze fraglos mit einer konstruktivistischen Sichtweise verknüpfen: „*A widely accepted claim in the science- and mathematics-education community is the constructivist idea that discovery learning, as opposed to direct instruction, is the best way to get deep and lasting understanding of scientific phenomena and procedures*“ (Klahr & Nigam 2004, S. 661). Angesichts derartiger Thesen, wird die Kritik an indirekt instruierenden Lernumgebungen auch bezüglich ihres konstruktivistischen Theoriefundaments geführt, sodass eine generelle Analyse der Eignung des Konstruktivismus als theoretische Fundierung indirekt instruierender Lehrkonzepte einen wichtigen Beitrag zur kontroversen Debatte zwischen Befürwortern direkter vs. indirekter Instruktionen leisten kann.

5 Die vielen Gesichter des Konstruktivismus

Verschiedene Autoren (Gerstenmaier & Mandl 1995; Grandy 1997) konnten bereits aufzeigen, dass das konstruktivistische Paradigma aus sehr unterschiedlichen theoretischen Ansätzen besteht, die angesichts ihrer Eignungen als Theoriefundament für indirekte Instruktionen separat diskutiert werden müssen. Trotz der Vielzahl unterschiedlicher konstruktivistisch ausgerichteter Theorieansätze lassen sich aus philosophischer Perspektive nach Giere (1999) zunächst zwei Bedeutungsbereiche unterscheiden: epistemologischer (A) und ontologischer (B) Konstruktivismus.

- A. Die epistemologische Variante des Konstruktivismus beschreibt das Verhältnis zwischen Wissen und Realität und damit die Erkenntnisfähigkeit des Menschen und wird als Kernkonzept des Konstruktivismus eingestuft, denn „*epistemology [...] is the defining feature of serious constructivism*“ (Matthews 2002, S. 124). Das menschliche Wissen über die Welt stellt demnach keine Repräsentation einer vom Betrachter unabhängigen Welt dar, sondern wird weitgehend unabhängig von dieser in Referenz zu den individuellen Erfahrungen und kognitiven Strukturen bzw. Interessen und sozialen Interaktionen „konstruiert“.
- B. Der ontologische bzw. metaphysische Konstruktivismus postuliert, dass Objekte, die wir betrachten, nicht unabhängig von unseren individuellen oder sozialen Konstruktionsprozessen existieren. Insbesondere Prozesse wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung werden als Produktion der Realität eingestuft, die sie beschreiben: „*science secrets an unending stream of entities and relations that make up the world*“ (Knorr-Cetina 1993, S. 557). Knorr-Cetina

und andere Vertreter eines ontologischen Konstruktivismus gestehen zwar die Prä-Existenz einer materiellen Welt, aber keiner sich darin befindenden Objekte zu, denn erst „*representations create their objects*“ (van den Belt 2003, S. 209).

Die Differenzierung des Konstruktivismus in epistemologische und ontologische Varianten können mit Hilfe zweier Thesen von Papineau (1996) verdichtet werden: der „*independence thesis*“ und der „*knowledge thesis*“. Die „*independence thesis*“ besagt, dass die Welt unabhängig von menschlichen Erkenntnissen existiert und die Wissensthese postuliert die Erkennbarkeit derselben. Epistemologisch ausgerichtete Ansätze des Konstruktivismus lehnen die Wissensthese ab, sind aber durchaus vereinbar mit der Unabhängigkeitsthese; wird auch letztere verworfen, handelt es sich um einen ontologischen Konstruktivismus.

Aus lernpsychologischer Perspektive tritt noch eine weitere Variante des Konstruktivismus hinzu, die Grandy als kognitiven Konstruktivismus (C) bezeichnet (Grandy 1997); ähnliche Abgrenzungen nehmen auch andere Autoren vor (Gerstenmaier & Mandl 1995; Irzik 2000; van den Belt 2003; Matthews 2002).

- C. Der kognitive bzw. lernpsychologische Konstruktivismus beschreibt den individuellen Konstruktionsprozess und postuliert entsprechend, dass Lernen als individuelle Konstruktion mentaler Repräsentationen bzw. Modelle zu verstehen ist und nicht als „Übernahme“ angebotener Konzepte oder realer Objekte bzw. Phänomene. Hierbei ist der Konstruktionsprozess abhängig und beeinflusst von individuellen Voraussetzungen wie Interessen und Vorerfahrungen sowie von entsprechend individuellen Bedeutungszuschreibungen (Gerstenmaier & Mandl 1995). Die Thesen Papineaus werden von dieser Variante des konstruktivistischen Paradigmas nicht berührt, da sie zwar intrapersonale Merkmale als Einflussfaktoren auf das Lernen postuliert, aber eine Erkennbarkeit der Wirklichkeit („*knowledge thesis*“) damit nicht ausschließt. Eine kognitiv konstruktivistische Position ist somit widerspruchsfrei vereinbar mit einer realistischen Epistemologie.

Auf der Basis dieser drei möglichen Bedeutungsebenen des Konstruktivismus lässt sich eine weitere begriffliche Differenzierung des konstruktivistischen Paradigmas diskutieren, die als radikal und vor allem moderat konstruktivistische Position in die pädagogisch-didaktische Literatur Eingang gefunden hat. Van den Belt charakterisiert den moderaten Konstruktivismus als epistemologischen Ansatz, der die Existenz einer Realität nicht in Frage stellt: „*Moderate constructivists take a relativist stance with regard to scientific knowledge [...] With regard to natural reality, the proponents of the Strong Program profess to be ontological realist*“ (van den Belt 2003, S. 203). Innerhalb des moderaten Konstruktivismus existieren feine Abstufungen bezüglich des Einflusses der postulierten Realität auf Prozesse der Wissenskonstruktion. Während die Vertreter des „Strong Program“ der Realität eine ursächliche Bedeutung für die Wissensentwicklung zubilligen und „*acknowledge the causal relevance of the physical environment in the formation of knowledge and beliefs*“ (van den Belt 2003, S. 203), wird dies von den „*empirical relativists*“ abgelehnt: „*the natural world has a small or non-existent role in the construction of scientific knowledge*“ (Collins 1981, S. 3). Neben diesen graduellen Differenzen kann jedoch zusammengefasst werden, dass moderater Konstruktivismus die „*knowledge thesis*“ ablehnt, aber durchaus mit der „*independence thesis*“ vereinbar ist und somit dem Bereich des epistemologischen

Konstruktivismus zugeordnet werden kann: *„Moderate constructivists do not directly challenge the first thesis of Papineau’s conjunction but only take issue with the second thesis“* (van den Belt 2003, S. 203f). Trotz des Zugeständnisses einer existierenden Realität und deren Einfluss auf Erkenntnisprozesse bleibt im moderaten Konstruktivismus ein Wissen über die Realität unmöglich. Nach van den Belt zeichnet sich der radikale Konstruktivismus durch eine Ausweitung des konstruktivistischen Ansatzes auf die ontologischen Bedeutungsbereiche aus, denn *„the position of radical constructivism directly conflicts with the independence thesis, the first thesis of Papineau’s conjunction“* (van den Belt 2003, S. 205). Grandy charakterisiert diesen ontologischen Relativismus wie folgt, *„the furniture of the world is constructed by us“* (Grandy 1997, S. 44), und ordnet ihn dem metaphysischen Konstruktivismus zu. Als bekanntester Vertreter des radikalen Konstruktivismus gilt von Glasersfeld, wobei dessen Äußerungen zum ontologischen Bedeutungsbereich des Konstruktivismus variieren. Seine Ausführungen zur Bedeutung der radikalen Variante des Konstruktivismus beschreiben jedoch deutlich die Annahme, dass menschliche Erkenntnisprozesse die Objekte und Prozesse, die als Realität wahrgenommen werden, selbst konstituieren: *„Radical constructivism, thus, is radical because it breaks with convention and develops a theory of knowledge in which knowledge does not reflect an “objective” ontological reality, but exclusively an ordering and organization of a world constituted by our experience. The radical constructivist has relinquished ‘metaphysical realism’ once and for all“* (von Glasersfeld 1987, S. 199). Eine weiter reichende Position nimmt hierzu Knorr-Cetina ein, indem sie als Beobachter unabhängige Realität lediglich ein indifferentes Material postuliert, das erst durch menschliche Repräsentationsprozesse als Objekt erscheint: *„representations create their objects“* (van den Belt 2003, S. 209); *„some part of a preexisting material world becomes specified and thereby real as something to be reckoned with, accounted for, and inserted in manifold ways into scientific and everyday life“* (Knorr-Cetina 1995, S. 161).

Die Charakterisierung des moderaten Konstruktivismus divergiert in der fachdidaktischen Literatur. Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek umreißen als Grundlage des Modells der didaktischen Rekonstruktion den moderaten Konstruktivismus im oben beschriebenen Sinne und nehmen auf der Grundlage einer konstruktivistisch-relativistischen Epistemologie entsprechend eine ontologisch realistische Position ein: *„Diese moderate Sicht vermeidet extreme Ausdeutungen, indem sie z.B. explizit davon ausgeht, dass eine konstruktivistisch epistemologische Sicht durchaus kompatibel ist mit einer kritisch realistischen ontologischen Position“* (Kattmann et al. 1997, S. 7). Riemeier nimmt eine andere Abgrenzung zwischen radikalem und moderatem Konstruktivismus vor, indem sie den radikalen Konstruktivismus als Erkenntnistheorie und den moderaten Konstruktivismus als Sichtweise des Lernens einordnet: *„Ursprung dieser Position ist der radikale Konstruktivismus (z.B. v. Glasersfeldt 1997), eine Erkenntnistheorie, die davon ausgeht, dass eine direkte Erfassung einer außen liegenden Wirklichkeit unmöglich ist. [...] Von dieser erkenntnistheoretischen Position wurde schließlich auch eine Auffassung über das Lernen, der moderate Konstruktivismus abgeleitet. Während der Konstruktivismus als Erkenntnistheorie also Antworten auf die Frage gibt, wie Erkenntnis beim Menschen entsteht, beschäftigt sich die konstruktivistische Sichtweise vom Lernen mit der Frage, wie sich entstandene Erkenntnisse (Wissen) individuell*

verändern“ (Riemeier 2007, S. 70). Obwohl diese Abgrenzung kritisch zu diskutieren ist, da sie neben den Differenzen zur internationalen Literatur (van den Belt 2003) keine Kongruenz zur Semantik der Begriffe radikal/moderat aufweist, verdeutlicht diese Charakterisierung die häufige Unschärfe des Verhältnisses von Lern- und Erkenntnistheorie innerhalb der konstruktivistischen Pädagogik bzw. Didaktik und markiert hierdurch entsprechenden Diskussionsbedarf.

6 Indirekte Instruktionen in ihrem Verhältnis zum epistemologischen Konstruktivismus

Der Anspruch, didaktisch-pädagogische Konzepte erkenntnistheoretisch zu fundieren, hat eine lange Tradition und zu einer Vielzahl von interdisziplinären Arbeiten aus philosophischer und pädagogischer Perspektive geführt (Osborne 1996; Matthews 2002; Izquierdo-Aymerich & Aduriz-Bravo 2003; Sutinen, 2008). Konzepte, die indirekt instruierendes Lehren vorsehen, stehen hierbei in besonderer Argumentationspflicht, da die durch die Lernumgebungen intendierten lernerseitigen Erkenntnisprozesse epistemologisch fundiert werden müssen. Die Ansätze des kognitiven Konstruktivismus, der in vielfältiger Weise durch neurologische und kognitionspsychologische Hinweise gestützt werden, lassen zudem eine grundlegende Unterscheidung zwischen Erkennen und Lernen fraglich erscheinen, da beide Prozesse auf der Grundlage vorhandenen Wissens eine Veränderung der mentalen Repräsentationen bzw. Modelle darstellen (Seel 2006).

Indirekte Instruktionen basieren bzgl. der kognitiven Dimension auf der Annahme, dass Lernende z.B. auf der Grundlage von Phänomenen oder Datenmodellen weitergehende Schlussfolgerungen ziehen können, um sich die intendierten Zielkonzepte selbstständig zu erschließen. Genauer betrachtet liegen indirekten Instruktionen, wie sie in Abschnitt 2 charakterisiert wurden, somit zwei Prämissen zugrunde:

1. Lernende sind fähig, zu Originaldaten oder Datenmodellen abstrahierte Konzepte bzw. Modelle zu entwickeln.
2. Unterschiedliche Konzeptvarianten können unter der Voraussetzung einer entsprechend zugänglichen Verfügbarkeit der notwendigen Daten und Hintergrundinformationen dahingehend reflektiert werden, dass das wissenschaftlich adäquate Konzept auf der Grundlage entsprechender Evidenzen lernerseitig identifiziert wird.

Während Prämisse 1) zwar bestimmten entwicklungspsychologischen Einschränkungen unterliegt, ist diese generelle Annahme weitgehend unstrittig. Aktuelle Vorstellungen zur mentalen Modellierung legen sogar nahe, dass bei der Konstruktion mentaler Repräsentationen bzw. Modelle stets generalisierende Abstraktionen vorgenommen werden, indem z.B. Objektrepräsentationen durch eine Aufgliederung der Merkmale in verschiedene Repräsentationsebenen erfolgen (Tsien 2007).

Prämisse 2) stellt die epistemologisch brisantere Behauptung dar, da sie voraussetzt, dass Daten oder Datenmodelle im Sinne eines empirischen Korrektivs eine

hinreichende Grundlage bieten, um über die relative Gültigkeit theoretischer Aussagen bezüglich des verfügbaren Realitätsausschnitts urteilen zu können. Dies entspricht der Notwendigkeit einer realistischen Epistemologie, die dem menschlichen Erkenntnisvermögen einen relevanten Zugang zur Realität zugesteht, um evidenzbasiert zwischen mehr oder weniger adäquaten Modellen unterscheiden zu können. Nur wenn Erkenntnisprozesse potenziell über ein derartiges Korrektiv verfügen, das selbst als Instanz betrachterunabhängig ist, ist gewährleistet, dass unterschiedliche Individuen mit unterschiedlichen Voraussetzungen zu vergleichbaren, wenn auch nicht gänzlich identischen Ergebnissen kommen können. Ein epistemologischer Konstruktivismus hingegen sieht keinen relevanten Zugang zur Realität vor, so das Matthews zutreffend konstatiert, dass *„constructivism creates an in principle barrier between evidence and theory“* (Matthews 2002, S. 128). Damit kann gefolgert werden, dass ein epistemologischer Konstruktivismus keine theoretische Fundierung indirekt instruierender Lehr-/Lernkonzepte leistet.

Zwei mögliche Einwände gegen diese Schlussfolgerung und die vorausgehende Argumentation sollen hier noch diskutiert werden:

1. Ein solches Korrektiv ist nicht nötig;
2. Es existiert ein anderes Korrektiv.

Zu 1) Indirekt instruierende Lernumgebungen öffnen den Lernprozess für das lernerseitige Konstruieren fachlich relevanter Konzepte. Aufgrund unterschiedlicher individueller Voraussetzungen wie Expertisegrad, Relevanzerleben, etc. entstehen bei einer angemessenen Niveausetzung hierbei verschiedene Kognitionen, die in unterschiedlichem Maße dem Zielkonzept entsprechen. Hätten die Lernenden angesichts ihrer unterschiedlich entwickelten Lösungsansätze kein Instrument, um über deren unterschiedlichen Grad an Gültigkeit entscheiden zu können, wäre das Konzept indirekter Instruktionen hinfällig, da die kognitiven Anstrengungen der Lernenden als vergeblich erlebt werden, wenn in letzter Konsequenz das Zielkonzept wiederum vorgegeben wird. Wenn indirekt instruierende Lernumgebungen eine ernsthafte Alternative zu direkten Instruktionen darstellen sollen, dann ist dies sowohl im Sinne eines konsequenten und kohärenten Konzepts sowie unter motivationalen Gesichtspunkten nur denkbar, wenn die von den Lernenden geleisteten Anstrengungen bei der Entwicklung unterschiedlicher Ansätze sie auch befähigen, zu adäquaten Schlussfolgerungen zu kommen.

Zu 2) Insbesondere die sozialkonstruktivistische Variante des epistemologischen Konstruktivismus bietet in Erkenntnisprozessen eine andere Form des Korrektivs in Form sozialer Aushandlungsprozesse an. Für Lerngruppen kann entsprechend postuliert werden, dass diese analog als Wissenschaftsgemeinschaft fungieren und durch entsprechende Aushandlungsprozesse zu begründeten Schlussfolgerungen kommen können. Driver, Asoko, Leach, Mortimer und Scott (1994), die selbst einen Sozialkonstruktivismus voraussetzen und gruppenbasierte Diskurse als zentrales didaktisches Mittel zur Vermittlung eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses beschreiben, betonen jedoch, dass sich Lerngruppen in wesentlichen Merkmalen von Wissenschaftsgemeinschaften unterscheiden: *„The discursive practices of science classrooms differ substantially from the practices of scientific argument and enquiry that takes place within various communities of professional scientists“* (Driver et al.

1994, S. 9). Somit können Lerngruppendifkurse nicht als Korrektiv fungieren, das partizipierbare Erkenntniswege zu wissenschaftlich adäquaten Zielkonzepten ermöglicht. Die Gruppendiskurse haben hierbei vielmehr die Aufgabe, den Lernenden über kommunikative Prozesse die zu erschließenden Zielkonzepte zugänglicher zu machen. Die eigentliche Einführung der Konzepte erfolgt aber hierbei direkt instruktiv „and learning is seen as the process by which individuals are introduced to a culture by more skilled members“ (Driver et al. 1994, S. 7). An dieser Stelle offenbart sich schließlich exemplarisch, dass die aktivierenden Elemente konstruktivistischer Lernumgebungen nicht dem Konzept der indirekten Instruktionen entsprechen, sondern eine Aktivierung der kognitiven Prozesse bei der Erschließung der zur Verfügung gestellten Zielkonzepte darstellen: „Although we may assume the existence of an external world we do not have direct access to it; science as public knowledge is not so much a discovery as a carefully checked construction“ (Driver & Oldham 1986, S. 109). Ein konkretes Unterrichtsbeispiel von Riemeier (2007) unterstreicht noch klarer den Unterschied zwischen konstruktivistischen Lernumgebungen und indirekten Instruktionen: Um der fachlich inadäquaten Alltagsvorstellung entgegenzuwirken, dass rezente Arten in eine Stammbaumabfolge eingeordnet werden können, wie dies häufig für die Abstammung des Menschen erfolgt, schlägt Riemeier vor, den Lernenden einen Stammbaum der Unpaarhufer zur Verfügung zu stellen, in dem deutlich wird, dass rezente Arten im Stammbaum auf einer Ebene dargestellt werden müssen. Durch vergleichendes Betrachten gelangen die Lernenden dann zu der Vorstellung, dass auch heutige Primaten mit dem Menschen auf einer Ebene dargestellt werden müssen (Riemeier 2007, S. 76f). Das Beispiel zeigt überzeugend, wie die Lernenden in einen Konflikt geführt werden, der die Akzeptanz ihres bisherigen Konzepts vermindert und den Vorstellungswechsel zu dem angebotenen Alternativkonzept vorbereitet. Dieser Wechsel wird zudem durch das eigenständige Übertragen des Konzepts von dem einen auf den anderen Stammbaum im Sinne einer kognitiven Aktivierung unterstützt. Das Zielkonzept in Form des zeitlichen Nebeneinanders rezenter Arten in Kombination mit potenziellen früheren gemeinsamen Vorfahren wird hierbei direkt instruierend vorgegeben. Eine indirekt instruierende Lernumgebung würde hingegen z.B. Daten zum Vorkommen von rezenten und früheren Arten entlang einer Zeitskala anbieten, und die Lernenden hieraus einen Stammbaum entwickeln lassen. Diese indirekt instruierende Lernumgebung ginge somit davon aus, dass Lernende anhand der zeitlichen Daten die Widersprüche einer abfolgenden Anordnung rezenter Arten und die höhere Plausibilität einer Anordnung auf gleicher Ebene erkennen und somit das Zielkonzept selbstständig erschließen können.

Zusammenfassend lässt sich hiernach konstatieren, dass eine konstruktivistische Epistemologie nicht geeignet ist, um indirekt instruierende Lernumgebungen erkenntnistheoretisch zu fundieren. Darüber hinaus verdeutlichen verschiedene Konkretisierungen der aus der konstruktivistischen Epistemologie abgeleiteten Sichtweise des Lernens, dass hierbei auch keine indirekt instruierenden Lernwege intendiert sind (Driver et al. 1994; Riemeier 2007): „Constructivism is different from discovery learning“ (Matthews 2002, S. 130). Die Aktivierung der Lernenden in konstruktivistischen Lernumgebungen zielt primär auf die Förderung der individuellen Konstruktionsprozesse angesichts angebotener Zielkonzepte, während der Lerner in indirekt instruierenden Lernumgebungen bei der eigenständigen Entwicklung dieser Zielkonzepte unterstützt werden soll.

In letzter Konsequenz sind Konzepte indirekten Instruierens abhängig von der Verfügbarkeit differenzierender Kriterien, die es den Lernenden ermöglichen, zwischen mehr oder weniger adäquaten Konzepten, die von ihnen entwickelt werden, unterscheiden zu können. Dies kann das Viabilitätskriterium nicht leisten, wie Osborne überzeugend ausgeführt hat, denn „*it fails to elaborate any criteria that determine the concept of ,viability*“ (Osborne 1996, S. 58). Im Sinne des Fehlens eines Kriteriums, das über den Status individueller oder sozialer Viabilität eine Referenz zur repräsentierten Realität ausweist, lehnen Vertreter des moderaten Konstruktivismus konsequenterweise eine bewertende Unterscheidung zwischen Alltagskonzepten und wissenschaftlichen Konzepten ab, was Grandy zu der weitreichenden Schlussfolgerung kommen lässt, „*if we are unwilling to evaluate representations and understandings as more accurate, more general, more consistent than others, then there is no reason to teach ‘science*“ (Grandy 1997, S. 46). Als Konsequenz der Überlegungen zur Eignung einer konstruktivistischen Epistemologie als Theoriefundament für indirekte Instruktionen steht somit grundsätzlich in Frage, inwieweit das konstruktivistische Paradigma in den Naturwissenschaftsdidaktiken noch als tragfähig gelten kann, da „*most versions of it create more problems than they solve*“ (Irzik 2000, S. 621). Ohne die fraglose Gültigkeit eines kognitiven Konstruktivismus für Forschung und Unterricht in Frage stellen zu wollen, wird daher im Folgenden der „*model-based view*“ als eine alternative Theorieofferte diskutiert, die bereits viel versprechenden Eingang in den naturwissenschaftsdidaktischen Diskurs gefunden hat (Izquierdo-Aymerich & Aduriz-Bravo 2003; Develaki 2007; Tamayo & Sanmarti 2007).

7 Der Model-based View als Theoriefundament für indirekte Instruktionen

In den vorangehenden Abschnitten konnte gezeigt werden, dass der epistemologische Konstruktivismus kein tragfähiges Theoriefundament für indirekte Instruktion darstellt, dieser sogar, nach dem hier dargestellten Verständnis, entgegensteht (Kap. 6). Vielmehr bedarf es einer epistemologischen Position, die empirische Bezüge als Korrektiv im Sinne einer Korrespondenz vorsieht, von der ausgehend indirekt instruierte Lernprozesse konzipiert werden können. Eine überzeugende Theorieofferte hierzu stellt der Model-based View (MBV) (Giere 1988; van Fraassen 1980a) dar, der auf die wissenschaftsphilosophische Position des Semantic View of Theories (Suppe 2000) zurückgeht. Einer der prominentesten Vertreter eines realistischen MBV ist Giere, dessen erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Position sich an den Prozessen wissenschaftlicher Praxis orientiert (Giere 1988, 1999, 2004) und hierbei kognitionswissenschaftliche Theorieelemente einbezieht: „*The cognitive model of science focuses on how scientists work and communicate [...] and highlights the semantic aspects of theories: their goal is not to reach truth but to make sense of the world*“ (Hacking 1983: In Izquierdo-Aymerich & Aduriz-Bravo 2003, S. 31).

Für Giere stehen Modelle verschiedener Abstraktionsebenen im Zentrum wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Giere 1988, 1992, 2004). Sie werden von Wissenschaftlern verwendet, um Merkmale der Realität zu repräsentieren. Da es sich bei Modellen nicht um sprachliche Entitäten handelt, kann die Beziehung zwischen ihnen und der Realität nicht als wahr oder falsch bezeichnet werden. Vielmehr stehen sie in einem Ähnlichkeitsverhältnis (similarity) zur Realität, das im Zuge

wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Sinne einer Korrespondenz empirisch untersucht werden kann.

Hieraus ergibt sich eine entscheidende Abgrenzung gegenüber relativistischen, erkenntnistheoretischen Positionen, da sich aus dem Abgleich mit empirischen Daten das Verhältnis von Modell und Realität näher bestimmen lässt, was die Entwicklung adäquater Modelle ermöglicht: *„The question for a model is how well it "fits" various real-world systems one is trying to represent. One can admit that no model fits the world perfectly in all respects while insisting that, for specified real-world-systems, some models clearly fit better than others. The better fitting model may represent more aspects of the real world or fit in some aspects more accurately, or both”* (Giere 1999, S. 93). Ein solch realistisches Verständnis wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung überwindet die zentrale Kritik an der Korrespondenztheorie früherer realistischer Positionen (z.B. van Fraassen 1980b), denn es handelt sich um *„[...] a conception of realism that is not dependent in any important way on the concept of truth as direct correspondence between a statement and reality. With intended irony, I call this view 'constructive realism'. Models are human constructs, but some may provide a better fit with the world than others, and be known to do so”* (Giere 1992, S. 97). Es vollzieht sich so die Loslösung von einem problematischen, „naiven“ Wahrheitsbegriff, der innerhalb eines weithin überholten Verständnisses von Wissenschaft als System axiomatischer Sätze beispielsweise die Grundlage für die Festlegung von Naturgesetzen bildete.

Gieres Position ist als Synthese eines wissenschaftlichen Realismus und eines kognitiven Konstruktivismus (Grandy 1997; vgl. Kap. 5) zu verstehen, da das Verhältnis von Modellen zur Realität näher bestimmt werden kann, die Modelle selbst Ergebnisse kognitiver Prozesse darstellen und auch im Zentrum dieser stehen. Der MBV beschreibt wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung somit als Prozess des Konzipierens und Evaluierens von Modellen in einer Ähnlichkeitsrelation zur Realität: *„One possibility is to define science as a process of constructing predictive conceptual models. This definition unites both the processes and products of science, and identifies model building as a superordinate process skill. Within this framework, the purpose of research is to produce models which represent consistent, predictive relationships”* (Gilbert 1991, S.73).

Eine solche Position macht zudem den Rückgriff auf das innerhalb des Konstruktivismus prominente, jedoch unscharfe Konzept der Viabilität (Irzik 2000) überflüssig, das keine belastbaren Kriterien liefert, um zwischen konkurrierenden Theorien begründet entscheiden zu können: *„Notions of truth have simply been replaced by the concept of "viability", and the failure to examine how one idea could be considered to be more "viable" than another is at heart a denial of objectivity and the rationality of science”* (Osborne 1996, S. 54). Dem gegenüber kann aus Sicht des MBV durch die Überprüfung der aus konkurrierenden theoretischen Modellen abgeleiteten Hypothesen entschieden werden, welches Modell angesichts der aktuellen Datenlage über das bessere *„fitting“* verfügt.

Aus dieser epistemologischen Kritik am Viabilitätsbegriff ergeben sich zentrale Konsequenzen für das Verständnis von Lehr- und Lernprozessen. Osborne fragt zurecht: *„But how is the child to judge that the scientist's description is more viable? How is the child to know that there are entities for which we have well-established*

arguments for their existence and reliable theories that have superior explanatory power than those of common-sense reasoning?“ (Osborne 1996, S. 58). Vor dem Hintergrund des MBV kann diese Problematik aufgelöst werden, da alternative Modellentwürfe auf der Grundlage der Ähnlichkeitsrelation von Lernenden mit Hilfe selbst erhobener oder zur Verfügung gestellter Daten als mehr oder weniger geeignet bzw. „fit“ eingestuft werden können. Die epistemologisch schlüssige Fundierung indirekter Instruktionen durch den MBV bietet somit rückwirkend für Instruktionkonzepte einen plausiblen Bezugspunkt für die Planung indirekt instruierender Lernumgebungen, in denen die Lernenden durch Prüfung der Ähnlichkeitsrelationen plausible Argumentationen zur (vorläufigen) Gültigkeit konstruierter Modelle entwickeln können (vgl. Böttcher & Meisert 2011).

Lernen ist vor diesem Hintergrund als das kognitive Konstruieren (Grandy 1997) mentaler Modelle zu verstehen, welches im Unterricht durch die Auseinandersetzung mit Modellen unterschiedlicher Abstraktionsgrade bzw. durch Modellkonstruktions- und -revisionsprozesse abläuft (Greca & Moreira 2000; Seel 2006; Meisert 2008). „*The cognitive model of science and the semantic model of scientific theories lead to a school science which presents theoretical models to interpret the world, and which makes them develop in a reasonable way as new phenomena appear and need to be interpreted*“ (Izquierdo-Aymerich & Aduriz-Bravo 2003, S. 37). Der MBV eignet sich somit in überzeugender Weise als Theoriefundament für das Verständnis und die Beschreibung von indirekt instruierenden Lernprozessen, verstanden als eine mindestens anteilig eigenständige, lernerseitige Konzeptentwicklung auf der Grundlage von Phänomenen bzw. Datenmodellen.

Als theoretischer Ausgangspunkt eröffnet der MBV ein darüber hinaus reichendes Erklärungspotential. Er ermöglicht ein differenziertes Verständnis lernerseitiger Konzeptstrukturen und Konzeptwechselprozesse, wie Tamayo und Sanmarti (2007) es in ihrer Untersuchung zur Entwicklung von Lernervorstellungen zum Thema Atmung zeigen konnten.

Konzeptwechselprozesse können aus Sicht des MBV einerseits als Ausdifferenzierungen allgemeiner Vorstellungen zu differenzierteren, erklärenden Modellen verstanden werden, und andererseits laufen sie ab, wenn verschiedene, erklärende Modelle im Hinblick auf ihre Erklärungskraft (*“fitting”*) hinsichtlich der betreffenden realen Kontexte stetig miteinander verglichen werden (Tamayo & Sanmarti 2007). Somit gehen wesentliche Theorieelemente des Konzeptwechsels im MBV nicht nur auf, sondern sind als zentrale Aspekte wie der Vernetzungsgrad von Modellen bzw. Konzepten bereits konstituierender Bestandteil des MBV als Bezugsrahmen.

Alternativ zu Gieres Ansatz sind auch andere erkenntnistheoretische Ansätze möglich, die z.B. lediglich eine Korrespondenz zu der von uns als Phänomene wahrgenommenen Realität bieten (vgl. van Fraassen 1980a). Ein systematischer Vergleich unterschiedlicher Ansätze geht über den Rahmen der hier aufgezeigten Überlegungen hinaus; wesentlich bleibt die Forderung, dass eine epistemologische Fundierung indirekter Instruktionen im Gegensatz zum epistemologischen Konstruktivismus ein korrespondenzbezogenes Korrektiv bieten muss, dass Lernenden als Instanz zur Prüfung alternativer Modelle verfügbar gemacht werden kann.

Unabhängig von entsprechenden Alternativtheorien bestätigen Weiterentwicklungen didaktischer Konzepte auf der Grundlage des MBV dessen Eignung als Rahmentheorie. Rea-Ramirez u.a. entwickeln mit dem Konzept der „*model evolution*“ ein model-basiertes Unterrichtskonzept (Rea-Ramirez, Clement & Núñez-Oviedo 2008), während Böttcher und Meisert hierauf Bezug nehmend und in Anlehnung an Gieres Struktur modellbasierten Argumentierens (Giere 2001) einen Ansatz zur Strukturierung und Erhebung unterrichtlichen Argumentierens offerieren (Böttcher & Meisert 2011).

Weiterer Forschungsbedarf besteht unter anderem hinsichtlich der genaueren Bestimmung von Instruktionsformen, die Schülerinnen und Schüler zur Entwicklung adäquater mentaler Modelle befähigen: „[...] *and perhaps the most far-fetched [possibility, Anmerk. d. Verf.], would be to construct mental models in consistency with information the students get. Nevertheless, the modelling process through which it would be possible to facilitate the construction of these mental models, and, thus, the comprehension of the conceptual models presented, has not been explicitly emphasized*“ (Greca & Moreira 2000, S. 8).

An dieser Stelle soll es ausreichen, die prinzipielle Vereinbarkeit der erkenntnis- bzw. wissenschaftstheoretischen Position und des Verständnisses von Lehr- und Lernprozessen im Rahmen des MBV aufzuzeigen, die durch Erkenntnisse aus den Kognitionswissenschaften gestützt wird (Nersessian 1992, 2002; Held, Knauff & Vosgerau 2006). Hierdurch kann dem MBV ein großes Potential als Rahmentheorie für die Erforschung und das Verständnis von Lehr- und Lernprozessen zugeschrieben werden (Snyder 2000; Izquierdo-Aymerich & Aduriz-Bravo 2003; Koponen 2007). Mitbegründet wird dies durch die Tatsache, dass es dem MBV gelingt, wissenschaftliche Praxis und naturwissenschaftlichen Unterricht stärker zu verknüpfen (Koponen 2007), indem das Konzept des Modellierens als Grundlage aller Kognitionen identifiziert wird und somit sowohl wissenschaftliche Erkenntnis- als auch Lernprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht konstituiert (Nersessian 2002). Diese enge Verknüpfung steht auch im Einklang mit aktuellen Vorstellungen zur Charakterisierung von Wissenschaft, nach der sich wissenschaftliches Denken und Alltagsdenken nur in ihrem Grad an Systematizität unterscheiden (Hoyningen-Huene 2001).

8 Schlussfolgerungen zur Entwicklung indirekt instruierender Lehr-/Lernarrangements

Die Entwicklung indirekt instruierender Lehr-/Lernarrangements stellt eine komplexe Aufgabe dar, da hierbei vielfältige didaktische Passungsaspekte zu berücksichtigen sind. Die zentrale Herausforderung der didaktischen Konstruktion besteht darin, einen intendierten Lernschritt dadurch zu initiieren und zu unterstützen, dass dieser aufgrund der lernerseitigen Voraussetzungen und der angebotenen Lernumgebung als eigenständiger Erkenntnisschritt vollzogen werden kann. Die erforderlichen Passungen zwischen Lernvoraussetzungen, intendiertem Lernschritt und Lernangeboten lassen sich auf der Grundlage des Model-based View konkretisieren. Clement stellt in Form einer sukzessiven Entwicklung von Modellvorstellungen („*model evolution*“, Clement 2008, S. 13) hierzu einen ersten Ansatz vor, der auf der Grundlage der oben

ausgeführten epistemologischen Überlegungen präzisiert werden kann; Abbildung 2 zeigt einen entsprechend indirekt instruierten Lernweg bestehend aus einer Initiierungs-, einer Konstruktions- und einer Evaluationsphase, um unter Einbeziehung der lernerseitigen Vorstellungen und ausgewählter Komponenten der Lernumgebung (theorie- und datenbezogene Elemente) die notwendigen Passungen zwischen diesen Elementen zu verdeutlichen. In der Initiierungsphase werden die vorhandenen Vorstellungen der Lernenden expliziert (Abb. 2, ①), um diese für die folgenden Reflexionsprozesse verfügbar zu machen. Durch Konfrontation mit einem Phänomen wird die vorhandene Modellvorstellung im Sinne einer Modellevaluation als begrenzt gültiger Erklärungsansatz erkennbar (Abb. 2, ②). Dies initiiert eine Weiterentwicklung der bisherigen Modellvorstellungen (Abb. 2, ③+④). Entsprechend entwickelte Alternativmodelle werden wiederum expliziert (Abb. 2, ⑤), um aus ihnen ableitbare Prognosen bzw. Hypothesen im Sinne einer Ähnlichkeitsanalyse mit relevanten empirischen Daten zu vergleichen; dies fundiert schließlich Schlussfolgerungen zur Gültigkeit der Modelle (Abb. 2, ⑦), sodass bei entsprechend gegebener Ähnlichkeit eines der Modelle dies als vorläufig gültig bzw. „fit“ eingestuft werden kann (Abb. 2, ⑧), um es abschließend u.U. nochmals zu den vorangegangenen Modellvorstellungen in Bezug zu setzen (Abb. 2, ⑨). Damit nimmt dieser Ansatz zentrale Elemente etablierter Lehr-/Lernkonzepte auf (vgl. Lawson, Abraham & Renner 1989; Meisert 2004) und setzt als zentralen Bezugspunkt des Lehr-/Lernprozesses eine Modellentwicklung, bei der explizierte Modelle bzw. Modellobjekte das weiter zu entwickelnde bzw. zu evaluierende Theorieelement als Bestandteil der Lernumgebung repräsentieren. Diese Lernumgebung begleitet die Entwicklung der entsprechenden Modellvorstellungen der Lernenden und bietet neben den wissenschaftstheoretischen Bezügen auf der Grundlage des kognitionstheoretischen Ansatzes des MBV eine Zugänglichkeit erhöhende Wechselwirkung zwischen Vorstellungen und Lernumgebung.

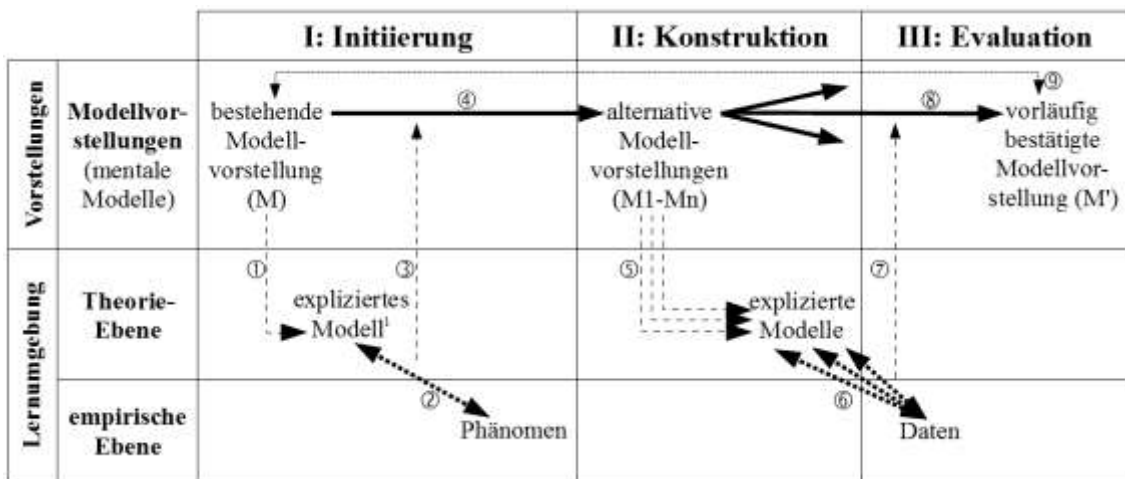


Abb. 2: Darstellung eines indirekt instruierten Lernwegs aus der Perspektive des Model-based View bestehend aus einer Initiierungs-, einer Konstruktions- und einer Evaluationsphase unter Einbeziehung der lernerseitigen Vorstellungen und ausgewählter Komponenten der Lernumgebung in Form theoriebezogener und datenbezogener Elemente. Teilschritte des Lernprozesses: ① Explizieren vorhandener Modellvorstellungen (optional); ② Konfrontation mit einem Phänomen, das die begrenzte Gültigkeit des

bisherigen Modells aufzeigt; ③ + ④ Initiierung einer Weiterentwicklung der vorhandenen Modellvorstellung; ⑤ Explizieren hypothetisch entwickelter Alternativmodelle; ⑥ Ähnlichkeitsanalyse durch einen prognosevermittelten Modell-Daten-Vergleich; ⑦ Schlussfolgerungen zur Gültigkeit der alternativen Modelle; ⑧ u.U. vorläufige Bestätigung einer Modellvorstellung; ⑨ vergleichender Rückbezug zu M1.

Die verschiedenen Relationen zwischen den lernerseitigen Vorstellungen und den Elementen der Lernumgebung verdeutlichen, welche didaktischen Passungen bei der Entwicklung von indirekt instruierenden Lernumgebungen beachtet bzw. konstruiert werden müssen, um die intendierte Vorstellungsentwicklung initiieren zu können: Die Konfrontation mit einem Phänomen in der Initiierungsphase muss auf die vorhandenen Vorstellungen abgestimmt sein, damit diese einerseits als nur begrenzt gültig identifiziert werden können, aber andererseits auch eine ausreichende Basis für eine Weiterentwicklung der Modellvorstellung bieten. Dieser Weiterentwicklungsschritt muss soweit antizipiert und u.U. unterstützt werden, dass hierdurch eine zumindest schrittweise Annäherung an das Zielmodell erfolgen kann. Die Evaluation der weiter entwickelten Modelle erfordert wiederum eine passende Datenbasis, die eine evidenzbasierte Auswahl eines als vorläufig gültig einzustufenden Modells (Zielmodell) ermöglicht.

Passungen, die bei der Entwicklung eines indirekt instruierenden Lehr-/Lernarrangements zentral berücksichtigt werden müssen, sind demnach:

- Lernvoraussetzungen zu dem Phänomen in der Initiierungsphase
- Lernvoraussetzungen zur Modellentwicklung in der Konstruktionsphase
- weiter entwickeltes (bzw. alternative) Modell(e) zu den Daten in der Evaluationsphase

9 Fazit

Die Kontroverse um direkte vs. indirekte Instruktionen lässt sich nur begrenzt durch empirische Effizienzvergleiche auflösen, da mit den unterschiedlichen Instruktionsformen unterschiedliche Lernergebnisse intendiert und damit einhergehend unterschiedliche Bildungskonzepte verbunden sind, die im Wesentlichen aus normativer Perspektive diskutiert werden müssen. Eine theoretische Fundierung indirekter Instruktionen durch einen epistemologischen Konstruktivismus scheitert an dessen unterbestimmtem Verhältnis zwischen (Modell-) Vorstellungen und Realität, das keine kriterienorientierte Entscheidung zwischen mehr oder weniger adäquaten Erklärungsansätzen auf der Grundlage von Phänomenen oder Datenmodellen erlaubt. Indirekte Instruktionen, die als Lernarrangements evidenzbasierte Erkenntnisprozesse der Lernenden intendieren, erfordern eine korrespondenzbasierte epistemologische Position; der MBV stellt hierzu ein viel versprechendes Theorieangebot dar, aus dem weiterführend zentrale didaktische Passungen zur Konstruktion indirekt instruierender Lehr-/Lernarrangements abgeleitet werden können. Entsprechende

Wirksamkeitsstudien haben zu zeigen, dass modellbasierte Repräsentationen in indirekt instruierenden Lernumgebungen eine höhere Lernwirksamkeit aufweisen als Lehr-/Lernarrangements mit primär versprachlichten Elementen.

Literatur

- Böttcher, F. & Meisert, A. (2011). Argumentation in science education: a model-based framework. In: *Science & Education* 20(2), 103-140.
- Clement, J. J. (2008). Student/Teacher Co-construction of Visualizable Models in Large Group Discussion. In: Clement, J. J. & Rea-Ramirez, M. A. (Hrsg.), *Model Based Learning and Instruction in Science* (S. 11-22). Dordrecht: Springer.
- Collins, H. (1981). Stages in the Empirical Programme of Relativism. In: *Social Studies of Science* 11, 3–10.
- Dean, D. & Kuhn, D. (2007). Direct Instruction vs. Discovery: The Long View. In: *Science Education* 91, 384-397.
- Develaki, M. (2007). The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School Science Programmes. In: *Science & Education* 16, 725-749.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. In: *Studies in Science Education* 13, 105–122.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. In: *Educational Researcher* 23, 5–12.
- Freiman, T., Niederweis, B. & Ludwig, J. (2001). Kumulatives lernen mithilfe schematischer Darstellungen. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule* 50(7), 7-13.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 41(6), 867 – 888.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Giere, R. (1992). *The Cognitive Construction of Scientific Knowledge*. In: *Social Studies of Science* 22, 95-107.
- Giere, R. (1999). *Science without Laws*. Chicago: University of Chicago Press.
- Giere, R. (2001). A New Framework for Teaching Scientific Reasoning. In: *Argumentation* 15, 21-33.
- Giere, R. (2004). How Models Are Used To Represent Reality. In: *Philosophy of Science* 71, 742-752.
- Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. In: *Journal of Research in Science Teaching* 28(1), 73-79.
- Glaserfeld, E. von (1987). *Construction of Knowledge*. Salinas: Intersystems.
- Grandy, R. E. (1997). Constructivisms and Objectivity: Disentangling Metaphysics from Pedagogy. In: *Science & Education* 6, 43-53.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. In: *International Journal of Science Education* 22(1), 1-11.
- Held, C., Knauß, M. & Vosgerau, G. (2006). Mental Models and the Mind - Current Developments in Cognitive Psychology. In: *Advances in Psychology* 138, 1-279.
- Hoyningen-Huene, P. (2001). Die Systematizität von Wissenschaft. In: Franz, H., Kogge, W., Möller, T. (Hrsg.). *Wissensgesellschaft*. IWT-Paper 25, Universität Bielefeld.
- Irzik, G. (2000). Back to Basics: A Philosophical Critique of Constructivism. In: *Science and Education* 9, 621-639.
- Izquierdo-Aymerich, M. & Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. In: *Science & Education* 12, 27-43.

- Karagiorgi, Y. & Symeou, L. (2005). Translating Constructivism into Instructional design: Potential and Limitations. In: *Educational Technology & Society* 8(1), 17-27.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3(3), 3-18.
- Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. In: *Science and Education* 1, 273-299.
- Kirschner, P.A. (2002). Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. In: *Learning and Instruction* 12, 1-10.
- Kirschner, P., Sweller, J. & Clark, R. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. In: *Educational Psychologist* 41, 75–86.
- Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. In: *Psychological Science* 15, 661–667.
- Knorr-Cetina, K. (1993). Social Constructivism – from a Sociologist’s Point of View: A Personal Addendum to Sismondo’s Paper. In: *Social Studies of Science* 23, 555–563.
- Knorr-Cetina, K. (1995). Laboratory Studies: The Cultural Approach to the Study of Science. In: Jasanoff, S., Markle, G.E., Petersen, J.C. & Pinch, T. (Hrsg.), *Handbook of Science and Technology Studies* (S. 140–166). London, New Delhi: Sage, Thousand Oaks.
- Koponen, I. T. (2007). Models and Modelling in Physics Education: A Critical Re-analysis of Philosophical Underpinnings and Suggestions for Revisions. In: *Science & Education* 16, 751-773.
- Kuhn, D. & Pearsall, S. (1998). Relations between metastrategic knowledge and strategic performance. In: *Cognitive Development* 13, 227-247.
- Kuhn, D. (2007). Is direct Instruction an Answer to the right Question. In: *Educational Psychologist* 42(2), 109-113.
- Kuhn, D. & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? In: *Psychological Science* 16, 866–870.
- Lawson, A.E., Abraham, M.R. & Renner, J.W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. Ohio: NARST (Monograph 1).
- Lawson, A.E. (2005). What Is the Role of Induction and Deduction in Reasoning and scientific Inquiry? In: *Journal of Research in Science Teaching* 42(6), 716-740.
- Matthews, M.R. (2002). Constructivism and Science Education: A further Appraisal. In: *Journal of Science Education and Technology* 11(2), 121-134.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? In: *American Psychologist* 59, 14–19.
- Meisert, A. (2004). Wie kann Biologieunterricht geplant werden. In: Spoerhase-Eichmann, U. & Ruppert, W. (Hrsg.) *Biologiedidaktik* (S. 241-274). Berlin: Cornelsen.
- Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Identifikation von Modellen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 14, 243-261.
- Nersessian, N. J. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In: Giere, R. N. (Hrsg.), *Cognitive Models of Science* (S. 3-45). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Nersessian, N. J. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. In Carruthers, P., Stich, S. & Siegal, M. (Hrsg.), *The Cognitive Basis of Science* (S. 133-153). Cambridge: Cambridge University Press.
- Osborne, J. (1996). Beyond constructivism. In: *Science Education* 80, 53–82.
- Papineau, D. (1996). Introduction. In: D. Papineau (Hrsg.), *The Philosophy of Science*. Oxford: Oxford University Press.
- Piaget, J. (1970). Piaget’s theory. In: P. Mussen (Hrsg.), *Carmichael’s manual of child psychology* (Vol. 1) (S. 703–772). New York: Wiley.

- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J. & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). An Instructional Model Derived from Model Construction and Criticism Theory. In: Clement, J. J. & Rea-Ramírez, M. A. (Hrsg.), *Model Based Learning and Instruction in Science* (S. 23-43). Dordrecht: Springer.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In: Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 69-79). Berlin: Springer.
- Seel, N. M. (2006). Mental Models in Learning Situations. In: Held, C., Knauff, M. & Vosgerau, G. (Hrsg.), *Mental Models and the Mind* (S. 85-107). Amsterdam: Elsevier.
- Snyder, J. L. (2000). An Investigation of the Knowledge Structures of Experts, Intermediates and novices in Physics. In: *International Journal of Science Education* 22(9), 979-992.
- Suppe, F. (2000). Understanding Scientific Theories: An Assessment of Developments, 1969-1998. In: *Philosophy of Science* 67, 102-115.
- Sutinen, A. (2008). Constructivism and Education: education as an interpretative transformational process. In: *Studies in Philosophy of Education* 27, 1-14.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. In: *Learning and Instruction* 4, 295-312.
- Tamayo, A. O. & Sanmarti, N. (2007). High-school Students' Conceptual Evolution of the Respiration Concept from the Perspective of Giere's Cognitive Science Model. In: *International Journal of Science Education* 29(2), 215-248.
- Tsien, J.Z. (2007). Der Gedächtniscode. In: *Spektrum der Wissenschaft* 10, 46-53.
- van den Belt, H. (2003). How to engage with experimental practices? Moderate versus radical constructivism. In: *Journal for general Philosophy of Science* 34, 201-219.
- van Fraassen, B. (1980a). *The Scientific Image*. Oxford: Oxford University Press.
- van Fraassen, B. (1980b). Theory Construction and Experiment: An Empiricist View. In: *Proceedings of Philosophy of Science Association* 2, 663-678.
- Wittwer, J. & Renkl, A. (2008). Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanations. In: *Educational Psychologist* 43(1), 49-64.

Zu den Autoren

Prof. Dr. rer. nat. Anke Meisert, StD¹
Universität Hildesheim
Institut für Biologie und Chemie
Marienburger Platz 22
31141 Hildesheim

E-Mail: meisert@uni-hildesheim.de

Florian Böttcher
Universität Hildesheim
Institut für Biologie und Chemie
Marienburger Platz 22
31141 Hildesheim

E-Mail: florian.boettcher@uni-
hildesheim.de

Zitation

Bitte zitieren Sie diesen Beitrag wie folgt:

Anke Meisert & Florian Böttcher

Meisert, Anke & Böttcher, Florian (2011). Indirekte Instruktionen im naturwissenschaftlichen Unterricht und ihre epistemologische Fundierung. In: Schriftenreihe Fachdidaktische Forschung, Nr. 03, Oktober 2011. Online verfügbar: [Internet-Link:<https://www.uni->

hildesheim.de/media/forschung/fff/PDFs/Schriftenreihe/Meisert_Boettcher_2011_12_06.pdf].