

ESTHER M. VAN DIJK UND ULRICH KATTMANN

## Evolution im Unterricht: Eine Studie über fachdidaktisches Wissen von Lehrerinnen und Lehrern

### Evolution Education: A Study of Teachers' Pedagogical Content Knowledge

#### Zusammenfassung

Ausgangspunkt dieser Studie war die Entwicklung des Modells der Didaktischen Rekonstruktion für Lehrerbildung. Das Modell bildet den integrativen Rahmen für Studien zum fachdidaktischen Wissen von Lehrkräften. Die vorliegende Studie über fachdidaktisches Wissen zur Evolution gibt einen Einblick darin, welche Kenntnisse die Lehrenden von den Verständnisproblemen der Lernenden mit der Evolutionstheorie haben und wie sie auf diese Probleme reagieren. Außerdem zeigt die Studie exemplarisch, wie die fachlichen und pädagogischen Kenntnisse der Lehrenden ihr fachdidaktisches Wissen beeinflussen.

Schlüsselwörter: Evolutionstheorie, Fachdidaktisches Wissen, Lehrerbildung, Pedagogical Content Knowledge

#### Abstract

The starting point of the research project has been the development of the Model of Educational Reconstruction for Teacher Education (ERTE-Model), which constitutes the basis for studies of teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK). The PCK-study on evolution provides detailed insights into the knowledge that teachers have of the students' difficulties with understanding evolutionary theory, in relation to the teachers' ways to react to these problems. In addition, the study demonstrates how the teachers' subject matter knowledge and pedagogical knowledge influence their PCK.

Keywords: Pedagogical Content Knowledge, Teacher education, Theory of evolution

## 1 Einleitung

Die Evolutionstheorie ist die zentrale Theorie der Biologie. Ein fundiertes Verständnis dieser Theorie ist eine Voraussetzung, um an der öffentlichen Debatte zu biologischen Themen teilnehmen zu können. Evolutionstheorie ist aber auch eine komplexe Theorie, über die es viele verschiedene Vorstellungen in der breiten Öffentlichkeit gibt. Der weiterführende Unterricht an Schulen zielt darauf ab, die Schülerinnen und Schüler (SuS) bei der Entwicklung eines Verständnisses von allgemein akzeptierten wissenschaftlichen Vorstellungen zu begleiten. Die Lehrenden sind ein entscheidender Faktor in diesem Entwicklungsprozess, jedoch fehlen bisher Untersuchungen zum

sogenannten „Pedagogical Content Knowledge“ (PCK), das einen wichtigen Teil der Kenntnisse darstellt, die Lehrkräfte benötigen, um schulisches Lernen zu ermöglichen (Van Driel, Verloop & De Vos, 1998).

## 2 Pedagogical Content Knowledge

Eines der wichtigen Merkmale von Professionen, wie der Lehrberuf, ist eine spezialisierte theoretische Kenntnisbasis. Das Bild des Professionals als „Anwender“ von theoretischen Kenntnissen ist jedoch zu beschränkt. Das Handeln von Lehrkräften wird vielmehr bestimmt durch eine Vernetzung von theoretischen und Praxiskenntnissen (vgl. Schön, 1983). Diese sogenannte „wis-

dom of practice“, oder „craft knowledge“, wird daher wiederum als eine der Quellen der Kenntnisbasis für den Unterricht angesehen (Shulman, 1987; Hiebert, Gallimore & Stigler, 2002). Im Artikel „Knowledge and teaching: foundations of the new reform“ beschreibt Shulman (1987) PCK als eine spezifische Kategorie innerhalb der gesamten Kenntnisbasis von Lehrenden. In Bezug auf die Kenntnisbasis der Lehrenden erklärt Shulman:

*“pedagogical content knowledge is of special interest because it identifies the distinctive bodies of knowledge for teaching. It represents the blending of content and pedagogy into an understanding of how particular topics, problems, or issues are organized, represented, and adapted to the diverse interests and abilities of learners, and presented for instruction”* (Shulman, 1987, 8).

Seitdem dieses Konzept von Shulman in die Debatte über das professionelle Wissen von Lehrenden eingeführt wurde, ist PCK weiterentwickelt worden. Diesen Entwicklungen zufolge findet man inzwischen viele verschiedene Beschreibungen von PCK in der Literatur. Im Verlauf dieses Entwicklungsprozesses ist jedoch das wichtigste Merkmal des PCK-Konzepts, der Themenbezug, verloren gegangen (vgl. Hashweh, 2005). So wurde z. B. eine erweiterte Beschreibung des PCK-Konzepts von Magnusson, Krajcik und Borko (1999) vorgelegt, welche die Vorstellungen zum Lehren von Naturwissenschaften umfasst. Dieses PCK-Konzept ist deswegen problematisch, weil es hier allgemeine, im Gegensatz zu themenspezifischen Vorstellungen zum Lehren von Naturwissenschaften umfasst (Abell, 2007; Ball, Thames & Philips, 2008). Ein Konsens über die Elemente von PCK besteht also nicht. Allerdings sind die meisten Forscher sich über zwei miteinander im Zusammenhang stehende Kernelemente von PCK der Lehrenden einig: (1) Kenntnisse der Verständnisprobleme von SuS und (2) Kenntnisse der verschiedenen In-

struktionsformen, mit denen die Verständnisprobleme beim Unterrichtsthema behoben werden können (Van Driel et al., 1998; Shulman, 1986).

In Deutschland nimmt man sich dieser Thematik erst jüngst systematisch an (z. B. im Rahmen des COACTIV-Projekts in der Mathematikdidaktik; Brunner et al., 2006). Will man die Entwicklung der fachdidaktischen Forschung der letzten Jahrzehnte beschreiben, so kann man ab den 80er-Jahren den Übergang von der Erforschung des individuellen Verstehens der Lernenden zur aktuellen Fokussierung auf das professionelle Wissen der Lehrenden konstatieren. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) hat sich inzwischen als Entwicklungs- und Forschungsrahmen für fachdidaktische Arbeiten etabliert. Ziel dieses Modells ist es, auf der Basis von Schülervorstellungen und fachlicher Klärung Lernumgebungen zu konstruieren. Darüber hinaus bietet das Konzept der Didaktischen Rekonstruktion einen Theorierahmen, wenn es um die Erfassung von PCK der Lehrenden geht. Die Lehrenden spielen eine entscheidende Rolle, wenn es auf das Gestalten von Unterricht ankommt. Es geht dabei im Grunde darum, wie die Lehrenden ihre Kenntnisse anwenden, damit sie die verschiedenen Vorstellungen und Verständnisprobleme, die die SuS in den Unterricht einbringen, verstehen und darauf angemessen reagieren können. Die beiden vorher genannten Kernelemente von PCK befähigen die Lehrenden, bestimmte Probleme der SuS zu antizipieren und darauf angemessen zu reagieren. Dabei wird angenommen, dass die Lehrenden die Kenntnisse der beiden Kernelemente in ihrer Unterrichtspraxis weiterentwickeln. Zusätzlich wird vorausgesetzt, dass die Lehrenden über ausreichende fachliche Kenntnisse – in diesem Fall zu den Themen Evolutionstheorie und „Natur der Naturwissenschaften“ (*Nature of Science*, NOS) – und pädagogische / didaktische Kenntnisse, z. B. über Lerntheorien verfügen (Abb. 1).

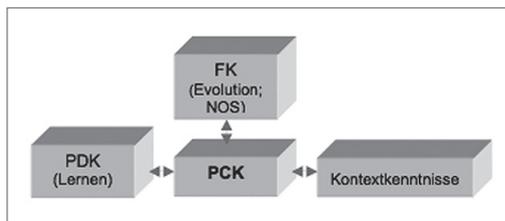


Abb. 1: Für die Entwicklung von PCK sind pädagogische/didaktische (PDK) und fachliche Kenntnisse (FK) eine Voraussetzung. (vgl. Gess-Newsome, 1999; Grossman, 1990).

Darüber hinaus, sollen Lehrende angemessen reagieren können, wenn sich während des Unterrichts unerwartete Verstehensprobleme ereignen. Hierfür brauchen sie nicht nur ausreichende Fachkenntnisse, sie müssen die fachlichen Kenntnisse auch lernfördernd in ihrem Unterricht einsetzen können. Ein drittes Schlüsselement von PCK sollte daher zu den zwei von Shulman unterschiedenen hinzugefügt werden: „Fachliche Kenntnisse für das Lehren“ ermöglichen den Lehrenden, in unerwarteten Situationen angemessen auf die SuS zu reagieren (vgl. Ball & Bass, 2000).

Zusammenfassend können die drei Elemente von PCK im Deutschen als „fachdidaktisches Wissen“ bezeichnet werden. Es muss dabei betont werden, dass sich das PCK-Konzept ausschließlich auf das persönliche, individuelle Wissen der Lehrenden und auf bestimmte Themen bezieht. Außerdem sollte PCK nicht als die Summe von Pädagogik und Fachkenntnissen betrachtet werden. Die Entwicklung von PCK erfordert die Verschmelzung (*blending*) von fachlichem und pädagogischem Wissen im Unterrichten (*teaching*). Es ist dieses transformierte Wissen, das in der Klasse beobachtet werden kann (Van Dijk, 2009).

### 3 Fragenstellung und Forschungsmodell

Die Studie über das fachdidaktische Wissen von Lehrenden zur Evolution zielt darauf ab, drei Fragen zu beantworten, welche die

genannten drei Schlüsselemente von PCK betreffen:

- (1) Über welche „fachlichen Kenntnisse für das Lehren“ von Evolution verfügen die Lehrenden?
- (2) Welche Kenntnisse von Schülervorstellungen haben Lehrende zum Thema Evolution?
- (3) Welche Kenntnisse von den verschiedenen Instruktionsformen des Unterrichtsthemas haben Lehrenden zum Thema Evolution?

Das primäre Ziel der Beschreibung und Analyse des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften ist es, Grundlagen zu ermitteln, die bei der Entwicklung von Aus- und Fortbildungsmaßnahmen für Lehrkräfte verwendet werden können. Dazu ist ein entsprechendes Forschungsmodell entwickelt worden: das Modell der Didaktischen Rekonstruktion für Lehrerbildung (Abb. 2: ERTE-Modell; Van Dijk & Kattmann, 2007).

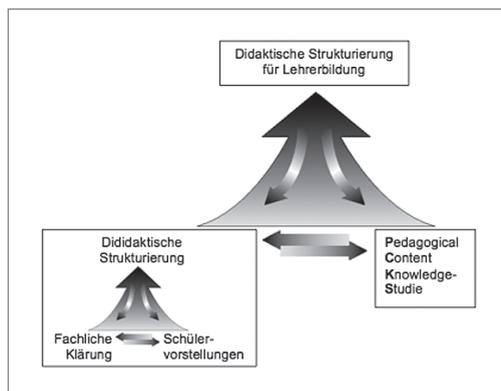


Abb. 2: Das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion für Lehrerbildung.

Das ERTE-Modell bildet den Rahmen für einen integrativen Ansatz für Studien zum fachdidaktischen Wissen von Lehrenden: Das Modell kann dazu verwendet werden, (1) die „fachlichen Kenntnisse für das Lehren“, (2) die Kenntnisse von Schülervorstellungen und (3) die Kenntnisse der Lehrenden von den verschiedenen Instruktionsfor-

men des Unterrichtsthemas zu erfassen, und zwar in Bezug auf die fachliche Klärung und die empirische Literatur über Schülervorstellungen und Unterrichtseinheiten (Didaktische Strukturierung). Ein wichtiges Merkmal des Modells ist, dass mit ihm explizit gemacht wird, dass die Elemente des Modells sich immer gegenseitig beeinflussen. Das fachdidaktische Wissen der Lehrenden wird in der Auseinandersetzung mit der Literatur über Evolutionstheorie, Schülervorstellungen und Unterrichtseinheiten empirisch erhoben, um die Lehrerausbildung bezüglich der Evolutionsbiologie zu verbessern.

## 4 Methodik

Die qualitative Studie über PCK zum Thema Evolution besteht aus einer Reihe von neun halbstrukturierten Interviews mit Fachleiterinnen und Fachleitern (I bis IX) für Biologie in Niedersachsen. Weil Fachleiter für die Ausbildung von angehenden Lehrkräften (Referendaren) zuständig sind, wurde erwartet, dass diese aufgrund ihrer beruflichen Erfahrung die Fähigkeit besitzen, ihr fachdidaktisches Wissen reflektiert zu formulieren. Zur Entwicklung des eigenen Leitfadens für die Interviews wurden die bereits verfügbaren Leitfäden bezüglich PCK (z. B. Loughran, Mulhall & Berry, 2004) analysiert. Anhand der drei genannten Forschungsfragen wurden sechs Teilfragen mit offener Antwortmöglichkeit formuliert.

### I Fachliche Kenntnisse für das Lehren:

(1) Welchen Stellenwert hat der Evolutionsunterricht innerhalb des Biologieunterrichts für Sie? (2) Was sind die wichtigsten Konzepte, die im Evolutionsunterricht vermittelt werden sollten? (3) Warum ist es wichtig, dass die SuS diese Konzepte lernen? (4) Welche Schwierigkeiten oder auch Lernchancen sind mit dem Unterrichten dieses Konzepts verbunden?

### II Kenntnisse von Schülervorstellungen:

(5) Wie beeinflussen die Vorstellungen der SuS das Unterrichten dieses Konzepts?

### III Kenntnisse von Instruktionsformen des Unterrichtsthemas:

(6) Welche Beispiele, Experimente, Ereignisse, Aufgaben, Situationen können das Unterrichten dieses Konzepts interessant und begreifbar machen?

Die Teilfrage 2 wurde auch dazu eingesetzt, die Themen für die nachfolgenden Fragen zu bestimmen und das Interview zu strukturieren.

In den Leitfäden wurden außerdem 6 Szenariofragen mit dem Ziel aufgenommen, die Befragten mit hypothetischen Unterrichtssituationen zu konfrontieren: Die Lehrenden wurden gefragt, wie sie auf bestimmte bekannte Schülervorstellungen reagieren würden. Verfügbare Fragenbögen zur Erhebung von Schülervorstellungen bezüglich Evolutionstheorie lieferten die Vorlage für vier der Szenariofragen (Anderson, Fischer & Norman, 2002; Bishop & Anderson, 1990). In den Studien zu Schülervorstellungen stehen meistens die mikroevolutionären Prozesse im Mittelpunkt. Um diese Einseitigkeit hinsichtlich der Wahrnehmung von Schwierigkeiten beim Lernen von Evolution zu vermeiden, wurden deshalb zwei weitere Szenariofragen hinzugefügt, die sich auf stammesgeschichtliche Verwandtschaft beziehen.

Die Tonbandaufzeichnungen der Interviews sind mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse analysiert worden (Mayring, 2003): (1) Die Aufnahmen der Interviews wurden transkribiert, (2) und anhand der Forschungsfragen reduziert und redigiert. (3) Danach wurden die Textpassagen kategorisiert. Die Kategorien wurden hauptsächlich vorab durch theoretische Überlegungen und Angaben in der einschlägigen Literatur über die Evolutionstheorie und Schülervorstellungen zur Evolution bestimmt. Übereinstimmende Aussagen in den Interviews wurden zu einer Textpassage zusammengefasst und redigiert. (4) In einem letzten Analyseschritt wurden die Kategorien der verschiedenen Interviews zusammengeführt, sodass die Hauptkategorien ermittelt werden konnten.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Überblick

Zuerst werden in diesem Abschnitt die zentralen Ergebnisse der Studie dargestellt. Die Detailergebnisse zu den Forschungsfragen werden danach in den Abschnitten 5.2 und 5.3, wie es das ERTE-Modell vorgibt, in Bezug auf die Literatur über Evolutionstheorie und Schülervorstellungen diskutiert. In Abschnitt 5.4 werden die Vorstellungen der Lehrenden zum Lehren und Lernen behandelt.

#### Ergebnisse zu Forschungsfrage 1

Hinsichtlich der fachlichen Kenntnisse hat die Auswertung der Interviews ergeben, dass die Lehrenden bezüglich des Stellenwerts der Evolution im Biologieunterricht die Evolutionstheorie meistens als eine Art Leitgedanke der Biologie verstehen. Als wichtigste Konzepte, die sie im Evolutionsunterricht vermitteln wollen, nennen die Lehrenden vor allem die Mikroprozesse. Als Schwierigkeiten für den Unterricht werden meist die Vorstellungen, die die SuS im Unterricht einbringen, genannt. Lernchancen werden vor allem in Zusammenhang mit dem Unterrichten der historischen Entwicklung der Evolutionstheorie beschrieben. Die Geschichte der Evolutionstheorie bietet nach den Befragten die Möglichkeit, jeweils die Theorieentwicklung [I], den Theoriecharakter [II] und die gesellschaftliche Zusammenhänge [V, VI] zu besprechen.<sup>1</sup> Die Datenanalyse hat einige interessante Hinweise dafür ergeben, dass die Befragten unterschiedliche und teilweise inadäquate Vorstellungen von der Natur der Evolutionstheorie haben, die wiederum ihr PCK beeinflussen können. Es können zwei Kategorien unterschieden werden:

- Belege für die Evolutionstheorie: Die Befragten sprechen von „verschiedenen

Erklärungsansätzen“ [I, II], „nur Geschichten“ [IV], „vielen Zeugnissen“ [VII], „verschiedenen Möglichkeiten, aber keinen Beweisbare“ [VIII], und „Indizien“ [IX].

- Der Charakter naturwissenschaftlicher Theorien: Die Befragten sprechen von „nur eine Theorie“ [VIII], einem „Erklärungsmodell“ [III] oder „Wissenschaft und Glaube sind unterschiedliche Betrachtungsweisen“ [VI, VII].

Da die Erforschung von Vorstellungen zur Natur der Evolutionstheorie im Rahmen der Studie nicht intendiert war, wurden diese Vorstellungen nicht systematisch in den Interviews abgefragt. Es liegen also keine Aussagen der Lehrenden vor, in denen sie ihre diesbezüglichen Vorstellungen ausführlich darstellen. Dennoch konnten aus mehreren beispielhaften Aussagen der Befragten die zwei oben genannten Kategorien hergeleitet werden. Der Einfluss dieser Vorstellungen auf das fachdidaktische Wissen der Lehrende ist jedoch nur in einigen wenigen Aussagen zu finden, kann aber im Abschnitt 5.2 mittels zweier exemplarischer Zitate dargestellt werden.

#### Ergebnisse zu Forschungsfrage 2

Die Auswertung hinsichtlich der Kenntnisse der Schülervorstellungen hat gezeigt, dass die Lehrenden aufgrund ihrer Beobachtungen im Unterricht viele unterschiedliche Verständnisprobleme in Bezug auf die Evolutionstheorie formulieren können. Dieses Wissen um Schülervorstellungen stimmt weitgehend mit empirisch erhobenen Vorstellungen überein.

#### Ergebnisse zu Forschungsfrage 3

In den Antworten auf die dritte Forschungsfrage, Kenntnisse von Instruktionsformen,

<sup>1</sup> Römische Zahlen in eckigen Klammern geben den jeweiligen Interviewpartner an.

werden verschiedene Beispiele – bekannte Lehrbuchbeispiele, Metaphern und Analogien – von Instruktionsformen des Unterrichtsthemas aufgeführt, mit denen die Lehrenden die Verständnisprobleme der SuS zu beheben versuchen. Vor allem bei den Szenariofragen wurden interessante Beispiele genannt, wie die Lehrenden auf bestimmte Schülervorstellung zur Adaptation, Variation und Abstammung reagieren würden. In den Antworten auf die offenen Fragen ist hingegen die Verbindung zwischen den Verständnisproblemen der SuS und die von den Lehrern gewählte Darbietung des Unterrichtsthemas nicht immer erkennbar. Im Abschnitt 5.3 wird deshalb vor allem auf die Szenariofragen eingegangen. Die zweite und dritte Forschungsfrage hängen eng miteinander zusammen und werden daher dort zusammen besprochen.

Zusätzlich hat die Datenanalyse noch einige interessante Beispiele von der sogenannten Vorstellung „naturwissenschaftliches Lehren und Lernen als Veränderung bestehender Konzepte der Schüler“ ergeben, die die PCK der Lehrende beeinflussen könnten (vgl. Möller, Hardy, Jonek, Kleickmann & Blumberg, 2006). Die Befragten sprechen davon, dass „eine Vorstellung sich ohne Widerlegung nicht ersetzen“ [II] lasse, „schwer zu revidieren“ [III] oder „schwer rauszukriegen“ [V] sei, bzw. „Vorstellungen bleiben ganz stark verhaftet“ [VI] oder „Wegkommen ist nicht zu erreichen“ [IV]. Da die Erforschung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Rahmen der Studie nicht intendiert war, wurden diese Vorstellungen nicht systematisch in den Interviews abgefragt. Es liegen also keine Aussagen der Lehrenden vor, in denen sie ihre diesbezüglichen Vorstellungen explizit darstellen. Dennoch können aus mehreren beispielhaften Aussagen der Befragten die Kategorie zu Lehrvorstellungen abgeleitet werden. Die möglichen Konsequenzen solcher Vorstellungen für das fachdidaktisches Wissen werden im Abschnitt 5.4 diskutiert.

## 5.2 Fachliche Kenntnisse für das Lehren: Ergebnisse zu Forschungsfrage 1

### Evolution als Leitgedanke

In ihren Antworten auf die Frage bezüglich des Stellenwertes der Evolution innerhalb ihres Biologieunterrichtes assoziieren die Befragten zur Evolution, dass sie „der Leitgedanke“ [I, VII], „die einzige Theorie“ [IV] und „die Basis“ [VI] sei. Auch „Erklärungen auf ultimativer Ebene“ [III] werde genannt.

Diese Vorstellungen stimmen mit den Bildungsstandards (KMK, 2005) und dem Kerncurriculum (Niedersächsisches Kultusministerium, 2007) überein, worin verstärkt auf die Evolution als durchgehendes Prinzip des Biologieunterrichts Bezug genommen wird. In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, dass mehrere Befragte [III, V-VII, XI] auch ihre Überlegungen darüber äußern, wie die Evolution in den Unterricht zu integrieren sei. Folgendes Zitat [VI] zeigt die Bedenken einer Befragten gegen das in ihrer Schule übliche Verfahren:

*„Die Evolutionstheorie läuft im Hintergrund als roter Faden mit. Aber er wird vielleicht für die Schüler erstmals deutlich, wenn der erarbeitete Stoff zusammengeführt wird, wenn man eine Einheit ‚Evolutionenbelege‘ macht. Die Zusammenführung kommt häufig zu spät, man hat häufig so ein schubladenartiges Denken. Wenn es dann nicht schon immer mal ein bisschen über die Grenzen hinausgeht, zum Beispiel mit Übungsaufgaben oder mit kleinen weiteren Informationen, dann fällt es den Schülern schwer, aus diesen einzelnen Bereichen ihr Wissen herauszupicken und miteinander in Beziehung zu setzen.“*

Dieses Zitat zeigt, wie wichtig es ist, dass Evolution im Unterricht nicht nur im Hintergrund bleibt. Der Leitfaden Evolution muss vermehrt explizit gemacht werden, damit die Lernenden die einzelnen Themenbereiche von Anfang an miteinander in Beziehung setzen können. Wie die Vorstellung von Evolution als durchgehendes Prinzip des Biologieunterrichts in der Schulpraxis um-

gesetzt werden könnte, scheint jedoch eine andauernde kontroverse Diskussion zu sein. Trotz aller Bemühungen, den Biologieunterricht zu strukturieren, zum Beispiel in den 1960er Jahren mit Hilfe der einflussreichen BSCS-Unterrichtsmaterialien (BSCS, 1963), erweist sich die Umsetzung in der Praxis als sehr schwierig. Die Evolutionstheorie wird oft immer noch als nur eines unter vielen Themen unterrichtet (USA: National Academy of Sciences, 1998; Niederlande: KNAW, 2003; Deutschland: Baalman et al., 1999).

### Mikroevolution und Stammesgeschichte

In ihren Antworten auf die Frage nach den wichtigsten Konzepten, die sie im Evolutionsunterricht vermitteln wollen, benennen die Befragten mit den Schlagworten „Mutation“ [I- III, VII-IX] und „Selektion“ [I-IV, VII-IX], „Variation“ [I, IV, V], „Rekombination“ [I], „Homologien“ [III], „Artaufspaltung“ [II, IX], „Wandel der Denkweise“ [III, V, VI, IX], „Zeitrahmen“ [VI], „Überproduktion“ [VII], „Zeugnissen“ [VII, IX] und „stammesgeschichtliche Verwandtschaft“ [VIII] vielfältige Aspekte. Es fällt auf, dass viele Vorschläge vor allem Mikroprozesse der Evolution betreffen. Auch wenn von den Befragten die Evolutionstheorie als Leitgedanke der Biologie angesehen wird, betonen sie dennoch die Bedeutung der Mikroprozesse für den Evolutionsunterricht (Mutation & Selektion). Diese einseitige Betrachtung der Evolution kann die Integration der Evolution als Leitfaden behindern. Die Evolutionsbiologie erklärt nicht nur die Anpasstheit der Organismen an ihre Lebensbedingungen, sondern auch die Vielfalt der Lebewesen. Der Evolutionsbegriff verweist nicht nur auf die Prozesse der Evolution, sondern auch auf den Verlauf und die (bisherigen) Ergebnisse der Evolution – den Stammbaum des Lebens (Hull, 1989). Es ist diese Geschichte des Lebens auf der Erde, die zeigt, wie die natürlichen Phänomene, mit denen sich die Biologie beschäftigt, miteinander zusammenhängen (Kattmann, 1995; Van Dijk &

Kattmann, 2008a, b). Folgendes Zitat [VI] ist ein Beispiel dafür, wie einer der Befragten versucht hat, die historischen Zusammenhänge im Biologieunterricht dazustellen:

*„Ich benutze häufig eine Zeittafel, das ist sehr anschaulich, weil es diese Trennung zwischen Wasser und Land deutlich macht. Man sieht diese allmähliche Besiedlung, dass nach den Pflanzen auch Tiere an Land existieren konnten. Das leitet auch hin zur Frage nach der Veränderung der Atmosphäre und das spreche ich auch gerne mit den Schülern an. Was dann wieder eine Zusammenführung bedeutet, dass die Schüler die Bedeutung von Fotosyntheseprozessen auch begreifen lernen und das bedeutet auch einen ganz anderen Blick auf die Welt von heute, aktuelle Klimaproblematik, was auch immer. Das sehe ich natürlich so, für die Schüler ist es häufig sehr schwer, diese Zusammenhänge überhaupt herzustellen.“*

### Belege für die Evolution

Die Studie liefert einige mögliche Hinweise, dafür, dass der einseitigen Betrachtung der Evolution inadäquate Vorstellungen der Natur der Evolutionstheorie zugrunde liegen könnten. Nachfolgendes Zitat [IV] ist ein klares Beispiel dafür, wie die verschiedenen Belege für die Evolutionstheorie vom Befragten bewertet werden:

*„Ich habe große Schwierigkeiten mit Paläontologie im Unterricht, weil es häufig nur Geschichten sind, dass das sozusagen sehr hypothetisch ist und, dass es durchaus sehr viele andere Denkmöglichkeiten gäbe. Die Gefahr ist, dass in dem Moment, wo Evolution zu weich wird, sie von Schülern leichter abgewertet wird. Deshalb ist es mir so wichtig, die harten Aspekte raus zu greifen. Also die Frage, wie kann ich Lamarck und Darwin experimentell überprüfen.“*

Im Zitat wird ein Unterschied zwischen weichen historischen und harten aktuellen Aspekten der Evolutionstheorie gemacht. Nach diesen Vorstellungen des Lehrers wird den SuS verwehrt, sich mit den historischen

Aspekten der Evolutionstheorie auseinander zu setzen, weil diese nicht experimentell überprüft werden können. Dass eine solche Auffassung Evolution unzureichend erfasst, lässt sich mit Hilfe eines Beispiels, der Rückkehr der Wale ins Wasser, am besten erläutern: In Körperform und Physiologie sind Wale dem Wasserleben hervorragend angepasst (durch Selektion erklärbar), aber die Tatsache, dass sie ein rudimentäres Becken besitzen, kann nur durch die historischen Details ihrer Abstammung von landlebenden Säugetieren historisch erklärt werden. Solche narrativen oder historischen Erklärungen beziehen sich einerseits auf Gesetzmäßigkeiten, die prinzipiell auch aktuell gelten und daher experimentell überprüfbar sind, wie insbesondere die natürliche Selektion, andererseits aber vor allem auf geschichtliche (singuläre) Ereignisse und historisches Geschehen (Goudge, 1961; Gould, 1989). Diese narrativen Erklärungen sind nicht „nur Geschichten“ (*just so stories*), sondern anhand von z. B. Fossilien und DNA-Vergleichen rekonstruierte Naturgeschichte.

Den Vorstellungen des Lehrers zufolge wird den SuS verwehrt, die Evolutionsbiologie als eine historische Wissenschaft zu verstehen. Eine an allgemeinen Gesetzmäßigkeiten ausgerichtete enge Wissenschaftsvorstellung, die einem physikbasierten Empirismus entspringt, wird von Rudolph und Steward (1998) als einer der Gründe für die Schwierigkeiten der SuS mit Evolution angesehen. Sie merken dazu an, dass die Fokussierung der Lehrenden auf Gesetzmäßigkeiten bei den SuS zu unangemessen Vorstellungen bezüglich wissenschaftlicher Methoden führen und damit das Lernen von Evolutionsbiologie behindern können. Obwohl es einige Hinweise dafür gibt, dass die Evolutionsgeschichte den Kontext für die Entwicklung eines Verständnisses der Mikroprozesse der Evolution bilden kann, ist darüber hinaus weitere Forschung erforderlich (Van Dijk & Kattmann, 2009).

Die Einführung von historischen Erklärungen im Unterricht könnte hingegen

nicht nur das Verständnis der Evolutionstheorie, das Verständnis der Evolutionsbiologie als historische Wissenschaft und die Integration der Evolution in den Unterricht fördern, sondern auch das Interesse der SuS an Biologie steigern. Ein Befragter [I] bemerkte dazu:

*„Das Sauriersterben interessiert die Schüler. Man kann zeigen, dass dieser Aspekt stattgefunden hat und wie wir heute versuchen, verschiedene Erklärungsansätze zu finden, weil niemand dabei war: Meteoriteneinschlag, Kältewelle, Verdrängungs-Prozess durch die Säugetiere oder Ähnliches.“*

### Der Charakter naturwissenschaftlicher Theorien

In Bezug auf die Natur der Evolutionstheorie zeigen unsere Ergebnisse außerdem, dass die Befragten unterschiedliche Vorstellungen von dem haben, was eine Theorie ist. Folgendes Zitat [VIII] zeigt, wie das Verständnis des Theoriekonzepts das fachdidaktische Wissen beeinflusst.

*„Da hat mein Unterricht noch Mängel, dass das im Prinzip nur eine Theorie ist. Das haben wir in der Biologie eigentlich überall, dass die im Prinzip noch abgelöst werden kann durch was anderes. Das mache ich zu wenig. Was zunehmend mehr Gewicht bekommt, sind die Kreationisten. Wenn man sich mit den kreationistischen Argumenten auseinandersetzt, dann haben die für fast jedes evolutionäre Argument auch ein kreationistisches Gegenargument, und da gibt es Schwierigkeiten, und da habe ich mich noch nicht daran getraut.“*

Die Vorstellung davon, was eine Theorie ist, hindert die Lehrerin daran, sich im Unterricht mit kreationistischen Argumenten angemessen auseinander zu setzen. Sie verwendet den Theoriebegriff in einer alltäglichen Bedeutung, womit eine bloße Vermutung gemeint ist. Eine wissenschaftliche Theorie ist dagegen als ein Erklärungsmodell zu beschreiben, das aus mehreren zusammenhängenden Hypothesen besteht.

### 5.3 Kenntnisse von Schülervorstellungen und Darstellungen des Unterrichtsthemas: Ergebnisse zu den Forschungsfragen 2 und 3

#### *Beispiel 1: Szenariofrage zur Variation*

Eine Population von Eidechsen besteht aus hundert Einzeltieren. Welche Antwort beschreibt am besten die Ähnlichkeiten, die zwischen den Tieren der Population bestehen?

- A. Alle Eidechsen der Population sind fast identisch.
- B. Alle Eidechsen der Population sind äußerlich identisch, aber ihre inneren Organen sind sehr verschieden.
- C. Alle Eidechsen der Population haben Gemeinsamkeiten, aber einige Merkmale wie Körpergröße sind verschieden.
- D. Alle Eidechsen der Population sind ganz verschieden und haben nicht viele Gemeinsamkeiten.

– Welche Antwort erwarten Sie von den SuS, vorausgesetzt, dass er/sie das Thema Evolution noch nicht richtig verstanden hat?

Folgendes Beispiel zeigt, wie einer der Befragten [V] auf die Szenariofrage bezüglich Variation reagiert hat:

*„Die Schüler sagen fast identisch.“*

– Wie würden Sie auf die Antwort des Schülers reagieren?

*„Wenn die Eidechsen zu uns in den Klassenraum kämen, würden die dann auch sagen, „sehen alle gleich aus“, „sind alle identisch“, und dann mal gucken was kommt. Wenn wir nach Asien fahren, sehen wir auch die unterschiedlichen Menschen nicht.“*

Dieses Zitat ist ein Beispiel dafür, dass die Befragten [III-IV] von den SuS erwarten, dass sie die Variation innerhalb einer Population ignorieren, sowie es auch in der Forschungsliteratur beschrieben worden ist (Bishop & Anderson, 1990; Deadman & Kelly, 1978). Die Vernachlässigung des Phänomens der Variation wird mit einer Prädisposition zu typologischem Denken erklärt (Gelman, 2003). In Reaktion auf diese Schülervorstellung versuchen die Befragten, den Lernenden die Variation innerhalb einer Population mit Hilfe

von Analogien und Bildern bewusst zu machen. Mehrere Befragte [II, VII, VIII, IV] merken jedoch an, dass die Probleme der SuS mit dem Populationsbegriff hier eine Rolle spielen könnten. Statt zu zeigen, welche Variationen es in einer bestimmten Population gibt, soll daher an erster Stelle klargemacht werden, wie der Begriff „Population“ in der Biologie definiert ist. Ein Lehrer [VII] erklärt dazu, dass man bei der Population ansetzen und klären müsste, was die SuS unter einer Population verstehen, „dass das Tiere sind, die eine Fortpflanzungsgemeinschaft einer Art bilden.“ Es müssten also Ansatzpunkte für folgenden Sachverhalt gefunden werden: Eine biologische Population ist keine Gemeinschaft von identischen Organismen, es ist eine Gemeinschaft von in ihren Merkmalen variierenden Tieren, deren Unterschiedlichkeit die Grundlage für Selektion bildet.

#### *Beispiel 2: Szenariofrage zur Adaptation*

Geparde können, wenn sie einem Beutetier hinterher jagen, schneller laufen als 100 Kilometer pro Stunde. Wie würde ein Biologe die Fähigkeit des Gepards, so schnell zu laufen, erklären, angenommen, dass die Vorfahren des Gepards nur 30 Kilometer pro Stunde laufen konnten?

– Welche Antwort erwarten Sie von den SuS, vorausgesetzt, dass er/sie das Thema Evolution noch nicht richtig verstanden hat?

Ein Beispiel zeigt wie einer der Befragten [III] auf die Szenariofrage bezüglich Adaptation reagiert hat:

*„Also dieses Präkonzept geht stark in die Richtung des Lamarckismus. Die Vorstellung, dass Bemühung, die Übung, dazu führt, dass bestimmte Eigenschaften oder Merkmale geändert werden. Das heißt, ein Trainingseffekt wird über die Generationen immer stärker ausgebildet, sodass sie letztendlich ganz schnell laufen können.“*

– Wie würden Sie auf die Antwort des Schülers reagieren?

*„Ich würde sagen: Wenn ein Mann ins Fitnessstudio gehen würde, und er würde sich Muskeln antrainieren, und dieser Mann*

*würde sich fortpflanzen, würdest du erwarten, dass dann das Kind auch gleich mit starken Muskeln zur Welt kommt? Dann wird deutlich, dass es so nicht weitergegeben werden kann.“*

In Übereinstimmung mit der Forschungsliteratur (vgl. Baalmann, Frerichs, Weitzel, Gropengießer & Kattmann, 2004; Bishop & Anderson, 1990; Kampourakis & Zogza, 2007, 2008; Kelemen, 1999, 2003) sprechen die Befragten über zielgerichtete [I, II, V, VII] oder lamarckistische [II-VI, IX] Vorstellungen zur Adaptation. Die Befragten erwarten, dass die Lernenden über Trainingseffekte („der Gebrauch von Muskeln stärkt diese“ [II; III, IV, VI, VIII, IX]) oder Bedürfnisse („den Schwanz brauchen wir Menschen nicht mehr und darum haben wir ihn abgeschafft“ [V; III, IV, VI-IX]) reden würden. Die Befragten erwarten außerdem, dass die SuS davon ausgehen, dass diese geänderten Merkmale vererbt werden [III-V, IX].

Was genau die Befragten mit dem Verweis auf Lamarck meinen, ist nicht immer klar oder korrekt. Die Verwirrung bezüglich des Begriffs „lamarckistisch“ findet man auch in die Forschungsliteratur wieder (Kampourakis & Zogza, 2007). Der Begriff wird assoziiert mit zwei Konzepten Lamarcks: „Gebrauch und Nicht-Gebrauch“ sowie „Vererbung erworbener Eigenschaften“. Der Begriff wird aber auch mit zwei Konzepten verbunden, die nicht von Lamarck stammen, nämlich mit „zielgerichteter Veränderung“ und „Veränderung aufgrund von spontanen, inneren Bedürfnissen“. Lamarck's Theorie besagt, dass Umweltveränderungen neue Bedürfnisse zur Folge haben und diese dann bewirken, wie Organe des Körpers gebraucht werden. Dieser Gebrauch oder Nicht-Gebrauch der Organe bestimmt, welche Körperteile sich entwickeln oder zurückgebildet werden. Lamarck's Theorie beschreibt daher keine von inneren Bedürfnissen geleitete zielgerichtete Veränderung (Bowler, 2003).

Das oben stehende Zitat ist ein Hinweis dafür, dass die Befragten in ihrer Reaktion auf die Schülervorstellungen versucht haben, die Vorstellung von der Vererbung erwor-

bener Eigenschaften zu korrigieren [III, V, VI, IX]. Aber Analogien wie „der Mann im Fitnessstudio“ berücksichtigen nicht, dass SuS nur über individuelle Anpassung sprechen. Dies wurde auch von einer der Befragten angemerkt: „Die Schüler würden es auf den einzelnen Geparde beziehen, was er da für einen Vorteil hat“ [VII]. Studien von Schülervorstellungen haben gezeigt, dass SuS den Anpassungsbegriff oft in seiner alltäglichen Bedeutung in Bezug auf individuelle Veränderung statt in Bezug auf Populationsebene benutzen (Bishop & Anderson, 1990; Brumby, 1984; Halldén, 1988). Dass die unterschiedlichen evolutionären Prozesse auf unterschiedlichen Organisationsebenen stattfinden, ist für SuS häufig schwierig zu verstehen und muss daher besonders beachtet werden.

### **Beispiel 3: Szenariofrage zur Abstammung**

Die zwei folgenden Zitate zeigen, wie die Befragten [II, III] auf die Szenariofrage zur Einordnung (d.h. Klassifizierung) der Wale reagiert haben:

*„Also es würden sicherlich viele Fisch sagen. Dank Fernsehen würden einige Säugetiere sagen. Auf die Frage bin, warum Fisch: der lebt im Wasser.“*

*Ich würde weitere Informationen den Kindern geben zur Lebensweise des Wals.“*

*„Ab der fünften Klasse kann ich mir den Walfisch nicht mehr vorstellen.“*

*Man unterrichtet, dass Tiere nicht nach ihrem Lebensraum klassifizierbar sind, sondern letztlich nach ihrem Körperbau, dass man das mit Verwandtschaften von Familien vergleicht.“*

In Reaktion auf die Alltagsvorstellungen, denen zufolge die großen Gruppen der Tiere von den Lernenden gern nach Lebensräumen und Fortbewegung geordnet werden (Kattmann, 2007), sprechen die Befragten [I-III, VIII, IX] von den Merkmalen der Organismen als Kriterien für Klassifikation. Aus dieser Reaktionen der Befragten auf die Schülervorstellungen geht jedoch nicht hervor, dass Merkmale bei der Rekonstruktion der stammesgeschichtlichen Verwandt-

schaft nur Hilfskriterien sind. Das wissenschaftliche Kriterium für die Klassifikation der Organismen ist das Konzept des letzten gemeinsamen Vorfahren (Most Recent Common Ancestor, MRCA). Die Klassifikation der Organismen wird also nicht anhand von Merkmalen durchgeführt, sondern aufgrund der Geschichte der Organismen. Brüder oder Schwestern sind nicht deshalb Geschwister, weil sie sich ähnlich sehen, sondern sie sehen sich ähnlich, weil sie Geschwister sind. Der Schluss von Ähnlichkeit auf Verwandtschaft ist evolutionsbiologisch gesehen ein Fehlschluss und wird als typologische Inversion bezeichnet (Kattmann, 1995). Dieser Fehlschluss liegt implizit bei der Klassifikation der Organismen anhand von Merkmalen vor. Was für Familienähnlichkeit gilt, lässt sich auf Baupläne der Organismen übertragen: Säugetiere sind nicht deshalb Säugetiere, weil sie bestimmte Merkmale, wie zum Beispiel Haare haben, sondern sie besitzen Haare, weil sie Säugetiere sind.

Das fachliche Konzept des MRCA ist besonders im Hinblick auf die Alltagsvorstellungen zur Affenabstammung des Menschen bedeutsam, da es hier den Alltagsvorstellungen der SuS widerspricht: In Übereinstimmung mit empirischen Ergebnissen (z. B. Alters & Nelson, 2002) erwarten die Befragten, dass „die Schüler die Vorläufer der Affen und Menschen nicht von heutigen Affen differenzieren würden“ [II; IV-IX]. Das Konzept des letzten gemeinsamen Vorfahren stellt vor Augen, dass die Menschenaffen eine eigene Evolution durchgemacht haben und insofern mit der Art „Mensch“ auf derselben Stufe stehen. Die Beschreibung der Ähnlichkeit und Verschiedenheit der Organismen muss also mit der Frage, wie es zu dieser Ähnlichkeit bzw. Verschiedenheit gekommen ist, verknüpft werden, um die Vorstellungen zur Abstammung zu differenzieren.

### Unvorstellbarkeit der Tiefenzeit

*„Der Zeitrahmen ist die größte Schwierigkeit. Die Schüler denken, heutzutage passiert*

*nichts mehr, da findet keine Evolution statt. Aus der Schülersicht, wo man einen kleinen Zeitraum wahrnehmen kann, ist das, als ob sich gar nicht viel verändert. Sehr lange Zeiträume müssen in Betracht gezogen werden, und das ist, glaub ich, für jeden sehr schwer vorstellbar. [...] Da gibt es die visuellen Veranschaulichungen, die Zeituhr oder diese Zeitschnur. Das Umdenken aus dieser visuellen Dimension in die zeitliche Dimension, ob die das hinkriegen, ist eine andere Frage.“ [VII]*

Obwohl nur einer der Befragten den Zeitrahmen als eines der wichtigsten Konzepte im Evolutionsunterricht bezeichnet hat, wird es von mehreren Befragten [I, II, VI, VII] angesprochen. Die Befragten sehen den Umstand, dass die großen geologischen Zeiträume von den Lernenden nicht erfasst werden können als ein wichtiges Problem für das Verstehen der Evolution an. Die Tiefenzeit ermöglicht die Annahme von allmählichen Veränderungen in der Natur und damit auch den Wandel der Arten. Die Dimensionen der geologischen Zeiträume hingegen übersteigen das Vorstellungsvermögen jedes Menschen und können nicht real, sondern nur als Metapher vorgestellt werden (Gould, 1987). Die Befragten bemühen sich, die Tiefenzeit entweder mit Hilfe einer Zeitschnur bzw. Uhr [VI, VII] zu veranschaulichen, wobei in der letzten Minute des auf 24 Stunden projizierten Erdzeitalters zuletzt auch der Mensch auftaucht, oder mit Hilfe einer Zeitleiste bzw. Zeittafel [I, VI], mit der man Abschnitte der Erdgeschichte thematisieren kann. Für die Vermittlung von Tiefenzeit ist vielmehr die Einordnung von markanten Ereignissen der Erdgeschichte in ihren Abfolgen, d.h. in ihrem zeitlichen Verhältnis zueinander (relative Zeit) wesentlich. Die Lernenden können nämlich (wie alle Menschen) besser mit einer relativen Abfolge von Ereignissen umgehen als mit der absoluten Dauer von Epochen und genauen Daten der Ereignisse (Trend, 2001).

## 5.4 Vorstellungen zum Lehren und Lernen

Die Studie hat einige interessante Ergebnisse zu Vorstellungen zum Lehren und Lernen ergeben. Hier sind möglichen Konsequenzen dieser Vorstellungen für das fachdidaktische Wissen der Lehrenden zu diskutieren.

*„Schüler bringen ein Präkonzept mit, und dieses Vorwissen ist schwer zu revidieren. Dieses Vorwissen resultiert aus gesundem Menschenverstand, Hörensagen und Fernsehen. Schüler gucken solche Fernsehsendungen mit Begeisterung und das ist einerseits auch ganz gut, aber auf der anderen Seite bringen sie von daher viel Halbwissen mit, das sich zum Teil in Form von Präkonzepten verfestigt hat, die trotz aller Erläuterungen, trotz aller Belege, die man bringt, ganz schwer nachhaltig umzustossen sind“ [III].*

Dieses Zitat ist ein Beispiel für Überzeugungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen im Sinne eines Austausches der Vorstellungen (*conceptual change*), die eine entscheidende Bedeutung für den Unterricht zugesprochen werden. In einer Studie im Bereich der Primarstufe wurde gezeigt, dass ein Verständnis von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen als Veränderung bereits vorhandener Wissensstrukturen von besondere Bedeutung zu sein scheint in Bezug auf die gefundene Zusammenhänge zwischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen bei Lehrkräften und Lernfortschritten der Schüler (Möller et al., 2006).

Vor diesem Hintergrund ist zu bemerken, dass mehrere Befragte ihre Frustration über die Hartnäckigkeit der SuS hinsichtlich des Festhaltens an deren Vorstellungen äußern. Aus dieser Reaktionen der Befragten auf die Schülervorstellungen geht hervor, dass sie davon ausgehen, dass sich bereits vorhandene Vorstellungen während des Unterrichts ersetzen lassen. Diese Annahme stimmt jedoch nicht mit den Ergebnissen der Forschung überein: *„There appears to be no study which found that a particular student's conception could be completely extinguished and then replaced by the science*

*view“* (Duit & Treagust, 2003, 673). Es wurde gezeigt, dass bestimmte Prädispositionen der Lernenden eine wichtige Ursache für die Verständnisprobleme der SuS darstellen. Schülervorstellungen zur Adaptation und Variation entspringen danach der Neigung der Lernenden zu typologischen und teleologischen Denkweisen (Gelman, 2003; Kelemen, 1999, 2003). Das Festhalten an Alltagsvorstellungen wird damit begründet, dass sie auf primäre frühkindliche Erfahrungen mit dem eigenen Körper und der Umwelt beruhen (Gropengießer, 2003; Helldén & Solomon, 2004) oder sogar, weil Prädispositionen im kognitiven System genetisch verankert sind (Gelman, 2003). Außerdem behalten beispielsweise der Fitness- und der Adaptationsbegriff in ihrer alltägliche Bedeutung ihren Wert im Alltag der SuS bei (vgl. Helldén & Solomon, 2004).

Diese Überlegungen werfen ein neues Licht auf die Frage wie mit Schülervorstellungen zur Evolution gelernt werden kann. Statt zu versuchen diese Vorstellungen zu ersetzen, wäre eine Differenzierung des vorhandenen Wissens angemessen. Es wäre daher angebracht, die Ideen der SuS zu aktivieren und in den verschiedenen Kontexten zu reflektieren, wie einer der Befragten vorschlägt: *„Dieses „Wegkommen von“ ist nicht zu erreichen, [wohl] aber die Reflexion über dieses typologische Denken“ [IV].* Auf diese Weise können Alltagsvorstellungen fruchtbare Anknüpfungspunkte für das Revidieren der vorhandenen Wissensstrukturen und das Aufbauen eines naturwissenschaftlichen Verständnisses bieten. Hierzu ist eine Differenzierung der radikalen *conceptual change* Vorstellungen der Befragten in der Lehrerbildung erforderlich, die auch dazu beitragen könnte, Frustrationen bei Lehrkräften über die Hartnäckigkeit der Schülervorstellungen zu vermeiden.

## 6 Schlussfolgerungen

In der internationalen Literatur zum PCK ist festgestellt worden, dass „*Overall it appears that teachers lack knowledge of student science conceptions, but that this knowledge improves with teaching experience*“ (Abell, 2007). Die Analyse des fachdidaktischen Wissens der Befragten hat dementsprechend aufgezeigt, dass die erfahrenen Lehrkräfte viele unterschiedliche Verständnisprobleme mit Bezug zur Evolutionstheorie bei ihren SuS beobachtet haben.

Außerdem ist in der internationalen Literatur zum PCK beschrieben, dass „*although teachers have some knowledge of students' difficulties, they commonly lack important knowledge necessary to help students overcome those difficulties*“ (Magnusson et al., 1999). Die detaillierten themenspezifischen Beispiele, die im Abschnitt 5.2 beschrieben worden sind, zeigen die Verbindung zwischen den zwei Kernelementen des fachdidaktischen Wissens: erstens, die Kenntnisse der Lehrenden von Verständnisproblemen der SuS in Bezug auf bestimmte Themen und zweitens, die Kenntnisse der Lehrenden von verschiedenen Instruktionsformen der bestimmten Themen – Beispiele, Metaphern und Analogien – mit denen die Verständnisprobleme behoben werden könnten. Diese Beispiele lassen jedoch auch erkennen, welche Schwierigkeiten die befragten Fachleiter und Fachleiterinnen, trotz langjähriger Unterrichtserfahrung damit haben, die unterschiedlichen Vorstellungen, die SuS im Unterricht einbringen, zu beachten, zu verstehen und adäquat für fruchtbare Lernangebote zu nutzen. Zum Beispiel wären in Bezug zum Konzept der Adaptation nicht nur die Schülervorstellungen bezüglich der Vererbung erworbener Eigenschaften sondern auch das Problem der unterschiedlichen Organisationsebenen zu beachten. Um die Schülervorstellungen verstehen und darauf angemessen reagieren zu können, brauchen Lehrende ein tief gehendes Verständnis aktuell akzeptierter Konzepte der Evolutionstheorie. (hierzu wurde eine

begriffliche Analyse für den Unterricht vorgelegt, s. Van Dijk & Reydon, 2010.)

Dabei sollte nicht übersehen werden, dass die Entwicklung des Verständnisses von naturwissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien eng mit der Entwicklung des Verständnisses der NOS verbunden ist. Die Vorstellungen von der Natur der Evolutionstheorie, die im Abschnitt 5.2 beschrieben worden sind, zeigen wie solche Vorstellungen den Unterricht der Evolutionstheorie beeinflussen können. Eine inadäquate Vorstellungen davon, was eine wissenschaftliche Theorie ist, hindert z.B. eine Interviewpartnerin daran, sich im Unterricht mit Kreationismus auseinander zu setzen.

Für die Ausbildung und die weiteren Professionalisierung von Lehrkräften sind daher Fragen in Bezug auf den Entwicklungsprozess von PCK besonders relevant. Die Erforschung der Aneignung von und des Umgangs mit Fachdidaktischem Wissen sollte daher weiter vorangetrieben werden.

## Literatur

- Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Alters, B.J., & Nelson, G.E. (2002). Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56, 1891-1901.
- Anderson, D.L., Fisher, K.M. & Norman, G.L. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 952-978.
- Baalmann, W., Frerichs, V. & Kattmann, U. (1999). How the gorillas became dark – research in students' conceptions leads to a rearrangement of teaching genetics and evolution. In O. de Jong, K. Kortland, A.J. Waarlo & J. Buddingh (Eds.), *Bridging the gap between theory and practice: What research says to the science teacher* (pp. 171-189). Hong Kong: ICASE.

- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2004). Schüler- vorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7-28.
- Ball, D.L. & Bass, H. (2000). Interweaving content and pedagogy in teaching and learning to teach: Knowing and using mathematics. In J. Boaler (Ed.), *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning* (pp. 83-104). Westport, CT: Ablex.
- Ball, D.L., Thames, M.H. & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching. What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59, 389-407.
- Bishop, B.A. & Anderson, C.W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415-427.
- Bowler, P.J. (2003). *Evolution: The history of an idea*. Berkeley: University of California Press.
- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68, 493-503.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., et al. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (pp. 54-82). Münster: Waxmann.
- BSCS (1963). *Biology teachers' handbook*. New York: Wiley.
- Deadman, J.A. & Kelly, P.J. (1978). What do secondary school boys understand about Evolution and heredity Before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12, 7-15.
- Duit, R. & Treagust, D.F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Gelman, S.A. (2003). *The essential child: Origins of essentialism in everyday thought*. Oxford: Oxford University Press.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer.
- Goudge, T.A. (1961). *The Ascent of life*. Toronto: The University of Toronto Press.
- Gould, S.J. (1987). *Time's arrow, time's cycle: Myth and metaphor in the discovery of geologic time*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gould, S.J. (1989). *Wonderful life: The Burgess Shale and the nature of history*. New York: Norton.
- Gropengießer, H. (2003). *Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten: Wie man Schülervorstellungen verstehen kann*. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion 4. Oldenburg: Didaktisches Zentrum Universität Oldenburg.
- Grossman, P.L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Halldén, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10, 541-552.
- Hashweh, M.Z. (2005). Teacher Pedagogical Constructions: a reconfiguration of Pedagogical Content Knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11, 273-292.
- Helldén, G.F. & Solomon, J. (2004). The persistence of personal and social themes in context: long- and short-term studies of students' scientific ideas. *Science Education*, 88, 885-900.
- Hiebert, J., Gallimore, R. & Stigler, J.W. (2002) A Knowledge Base for the Teaching Profession: What Would It Look Like and How Can We Get One? *Educational Researcher*, 31(5), 3-15.
- Hull, D.L. (1989). Conceptual evolution and the eye of the octopus. Reprinted in Hull, D.L., *The metaphysics of evolution* (pp. 221-240). Albany, NY: SUNY Press.
- Kampourakis, K. & Zogza, V. (2007). Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought. *Science & Education*, 16, 393-422.
- Kampourakis, K. & Zogza, V. (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17, 27-47.
- Kattmann, U. (1995). Konzeption eines naturgeschichtlichen Biologieunterrichts: Wie Evolution Sinn macht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1(1), 29-42.
- Kattmann, U. (2007). Ordnen und Bestimmen. *Unterricht Biologie*, 31(323), 3-7.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktische Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3-18.
- Kelemen, D. (1999). Function, goals and intention: Children's teleological reasoning about objects. *Trends in Cognitive Science*, 3, 461-468.

- Kelemen, D. (2003). British and American children's preferences for teleo-functional explanations of the natural world. *Cognition*, 88, 201-221.
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. München, Neuwied: Wolters Kluwer.
- KNAW (2003). *Biologieonderwijs: een vitaal belang*. Amsterdam: KNAW.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of Pedagogical Content Knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 370-391.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of PCK. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer.
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T. & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrervorbildung. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (pp. 161-193). Münster: Waxmann.
- National Academy of Sciences (1998). *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington, DC: National Academy Press.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2007). *Kerncurriculum für das Gymnasium: Naturwissenschaften*. Hannover: Niedersächsisches Kultusministerium.
- Rudolph, J.L. & Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1069-1089.
- Schön, D.A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-21.
- Trend, R.D. (2001). Deep Time Framework: A preliminary study of U.K. primary teachers' conceptions of geologic time and perceptions of geoscience. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 191-221.
- Van Dijk, E.M. (2009). Pedagogical content knowledge in sight? A comment on Kansanen. *Orbis Scholae*, 3(2), 19-26.
- Van Dijk, E.M. & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23, 885-897.
- Van Dijk, E.M. & Kattmann, U. (2008a). Biologieunterricht in naturgeschichtlicher Perspektive: Zur Reform auf der Sekundarstufe I, Teil I: Grundlagen. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 61 (1), 12-15. (Reprint in 'Sonderausgabe Evolution' (pp. 56-60), *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht*).
- Van Dijk, E.M. & Kattmann, U. (2008b). Biologieunterricht in naturgeschichtlicher Perspektive: Zur Reform auf der Sekundarstufe I, Teil II: Umsetzung. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 61 (2), 107-114. (Reprint in 'Sonderausgabe Evolution' (pp. 60-66), *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht*).
- Van Dijk, E.M. & Kattmann, U. (2009). Teaching evolution with historical narratives. *Evolution: Education and Outreach*, 2, 479-489.
- Van Dijk, E.M. & Reydon, T.A.C. (2010). A conceptual analysis of evolutionary theory for teacher education. *Science & Education*, 19 (6-7).
- Van Driel, J.H., Verloop, N. & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673-695.

## Kontakt

Dr. Esther M. Van Dijk  
 Universität Hildesheim  
 Institut für Biologie und Chemie  
 Marienburger Platz 22  
 31141 Hildesheim  
 e.van.dijk@uni-oldenburg.de

## Autoreninformation

Dr. Esther M. Van Dijk ist assoziiertes Mitglied der Arbeitsgruppe Biologiedidaktik am Institut für Biologie und Chemie der Universität Hildesheim. Sie ist vor kurzem promoviert worden im Graduiertenprogramm Fachdidaktische Lehr- und Lernforschung – Didaktische Rekonstruktion (ProDid).

Dr. Ulrich Kattmann ist Professor i. R. für Biologiedidaktik, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften der Universität Oldenburg. Von 2001 bis 2004 war er Leiter des Graduiertenkollegs „Fachdidaktische Lehr- und Lernforschung – Didaktische Rekonstruktion“.

