

JULIA WADOUH, ANGELA SANDMANN UND BIRGIT NEUHAUS

Vernetzung im Biologieunterricht – deskriptive Befunde einer Videostudie

Interconnecting subject matter in biology lessons – descriptive results of a video study

Zusammenfassung

Schülerinnen und Schüler¹ in Deutschland wiesen nach Ergebnissen internationaler Schulleistungsstudien vergleichsweise geringe Lernzuwächse auf. Dies legt nahe, dass der Wissenserwerb wenig kumulativ verläuft. Fachliche Inhalte werden im Unterricht kaum verknüpft und aufeinander aufbauend unterrichtet. In Bildungsstandards und Kernlehrplänen wird zunehmend gefordert, Unterrichtsinhalte unter anderem mit Hilfe von Basiskonzepten verstärkt miteinander zu vernetzen. Für den Biologieunterricht existieren jedoch bislang kaum empirische Erkenntnisse darüber, inwieweit im Unterricht fachliche Inhalte miteinander verknüpft werden. In der vorliegenden Studie wurde gymnasialer Biologieunterricht in Nordrhein-Westfalen videografiert und mit einem Kategoriensystem in Bezug auf die Vernetzung fachlicher Inhalte analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass im Biologieunterricht insgesamt wenig vernetzt wird. Der Unterricht basiert vornehmlich auf einzelnen Fakten. Zusammenhänge oder Bezüge zu zuvor vermittelten Fachinhalten werden selten hergestellt.

Schlüsselwörter: Biologieunterricht, Vernetzung, Videostudie

Abstract

Students in Germany achieved comparably low knowledge gains as revealed by international student assessment studies. This suggests that in class knowledge acquisition scarcely proceeds in a cumulative manner. It is assumed that subject matter is taught as isolated facts which are hardly build upon or interconnected with each other. In education standards and core curricula the generation of relations within the subject matter is an explicit aim. There are, however, only few empirical studies that analysed how subject matter is interconnected in the science classroom. In this study, biology lessons of secondary schools in North Rhine-Westphalia were videotaped and analysed in this regard by means of a category system. Findings show that the generation of relations between subject matter rarely takes place in biology class. The lessons are mainly based on single facts. Interconnections between these elements or connections to already learned issues are seldom made.

Keywords: biology class, inner subject linking, video study

1 Theoretischer Hintergrund**1.1 Vernetzung und kumulatives Lernen im Biologieunterricht**

In internationalen Schulleistungsvergleichsstudien wie TIMSS und PISA erzielten die Schüler in Deutschland vergleichsweise geringe Lernzuwächse (Baumert et al., 1997,

146; 2001). Dies wird unter anderem darauf zurückgeführt, dass der Wissenserwerb im Naturwissenschaftsunterricht zu wenig kumulativ verläuft (Baumert et al., 1997, 114; 1998, 122). Unterrichtsinhalte werden kaum miteinander vernetzt und in größere Zusammenhänge gestellt. Die einzelnen Fachinhalte werden vielmehr als in sich geschlossene Einheiten vermittelt, die kaum aufeinander

¹ Für eine bessere Lesbarkeit wird im Folgenden für alle Personen die männliche Form verwendet.

aufbauend unterrichtet werden und ein Wiederholen und Verknüpfen der Inhalte nicht erforderlich machen (BLK, 1997, 75). Demzufolge wird neues Wissen zwar angehäuft, aber nicht ausreichend mit bereits Gelerntem verknüpft. Kumulative Lernprozesse werden so weitgehend eingeschränkt.

Die Ergebnisse der Schüler in den internationalen Vergleichsstudien war Ausgangspunkt erneuter Diskussionen über die Umgestaltung von Lehrplänen und die Optimierung unterrichtlicher Lehr-Lernprozesse. Im Zuge dessen wurden mehrere Vorschläge zur Förderung von Vernetzung und kumulativem Lernen im Unterricht gemacht. So wurde im Rahmen des SINUS-Programms beispielsweise ein Modul zum kumulativen Lernen und Erleben von Kompetenzzuwachs im Biologieunterricht entwickelt (Harms & Bündler, 1999). Darin wird die Notwendigkeit einer kohärenten und kumulativen Sequenzierung des Lehrstoffes betont, die durch vielfältige Verknüpfungen der Unterrichtsinhalte erreicht werden soll. Die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung schlägt vor, durch vertikale Verknüpfungen zwischen früheren, aktuellen oder auch zukünftigen Lerninhalten eine stärkere Kohärenz im Unterricht zu schaffen (BLK, 1997, 89). Zudem soll auch eine horizontale Vernetzung von Inhalten, d.h. die Verknüpfung von Themen unterschiedlicher Fächer (z. B. Biologie und Chemie), im Unterricht verstärkt realisiert werden (BLK, 1997, 48). Im Biologieunterricht soll Vernetzung die Bereiche ‚Erfahren von Komplexität‘ (das Erkennen lebensweltlicher Bezüge) und das ‚Erkennen und Knüpfen von Zusammenhängen‘ (Wiederholung und Erweiterung des Gelernten unter Aufbau einer komplexen Wissensstruktur) umfassen (Kattmann, 2003; in Anlehnung an Richter, 2002). Im Projekt Biologie im Kontext (bik) wurden Unterrichtsmaterialien entwickelt, in denen biologische Basiskonzepte und lebensweltliche sowie gesellschaftlich relevante Kontexte miteinander verknüpft werden. Hierdurch soll eine Integration der Lerninhalte

in Vorwissen und Alltagserfahrungen, die Anwendung des Wissens und das Interesse der Schüler gefördert werden (Bayrhuber et al., 2007; Bayrhuber et al., 2007).

Einige Vorschläge bzgl. der Vernetzung von Fachinhalten und kumulativen Lernen haben bereits Eingang in den Kernlehrplan Biologie Nordrhein-Westfalens (2008) gefunden. So sollen z. B. mit Hilfe von Basiskonzepten, die im Rahmen verbindlicher Bildungsstandards eingeführt wurden (Klieme et al., 2003; KMK, 2005), Unterrichtsinhalte stärker aufeinander bezogen werden. Die drei Basiskonzepte der Biologie (System, Struktur und Funktion, Entwicklung) sollen den gesamten Unterricht als strukturgebendes Element durchziehen, den Schülern das Einordnen unterschiedlicher biologischer Sachverhalte in größere Zusammenhänge erleichtern und ihnen helfen, ein organisiertes, anschlussfähiges Fachwissen und Systemdenken zu erreichen (vgl. MNU, 2001). Zur Einordnung biologischer Fachinhalte sollen im Unterricht zudem eine Reihe von Erschließungsfeldern Anwendung finden. Sie bezeichnen fachliche Konzepte und Prinzipien durch die biologische Sachverhalte geordnet und untereinander vernetzt werden können (Freiman, 2001; Ballmann et al., 2003). Ähnliche Entwicklungen zeichnen sich auch außerhalb Deutschlands ab (z. B. „The American Benchmark for Science Literacy“; AAAS, 1993).

1.2 Lernpsychologische Grundlagen kumulativen Lernens

Die Idee der Vernetzung von Inhaltselementen ist nicht neu. Zwei Theorien, die sich im weiteren Sinne mit Aspekten von Vernetzung befassen haben und die als ein Ausgangspunkt für die vorliegende Studie dienen, sind die Theorien des sinnvollen Lernens nach Ausubel (1974) und des generativen Lehrens und Lernens nach Wittrock (1978, 1991).

Ausubel (1963, 1968, 1974) betrachtet Lernen als einen Assimilationsprozess, bei dem neue Lerninhalte mit dem Vorwissen ver-

knüpft und in bestehende kognitive Strukturen integriert werden müssen. Dabei stellt er das *rote learning* und das *meaningful learning* gegenüber. Während beim *rote learning* einzelne, isolierte Fakten oder willkürliche Assoziationen wortwörtlich mehr oder weniger auswendig gelernt werden, werden beim *meaningful learning* neue Informationen zu bereits vorhandenem Wissen in Beziehung gesetzt und in vorhandene kognitive Strukturen integriert. Auf diese Weise wird bedeutungsvoll gelernt und eine umfangreiche Wissensstruktur ausgebildet.

Auch beim Modell des generativen Lehrens und Lernens von Wittrock (1974, 1978, 1991) steht die aktive Konstruktion von Bedeutungen für verständnisvolles Lernen im Mittelpunkt. Das Modell basiert auf einer konstruktivistischen Sichtweise von Lernen (z. B. Magoon, 1977) und den Ansätzen der Informationsverarbeitung der kognitiven Psychologie, wobei es den generativen Prozess, d. h. das Herstellen von Zusammenhängen zwischen Wissenselementen betont. Dem Vorwissen und den Erfahrungen von Lernenden wird eine essenzielle Bedeutung für nachfolgendes Lernen beigemessen. Bei der Generierung unterscheidet Wittrock zwei Arten Beziehungen herzustellen: zum einen innerhalb der neuen Informationen selbst, zum anderen zwischen dem neuen Lerninhalt und dem fachlichen Vorwissen (Wittrock, 1986). Dieses aktive und dynamische Konstruieren führt zu einer Reorganisation und Elaboration des Wissens und damit zu einem besseren Verständnis des Lerninhalts (Wittrock, 1990, 1992). Wittrock sieht es daher in der Praxis als eine wichtige Aufgabe des Lehrers an, diese beiden Arten der Verknüpfung bei Schülern anzuregen und zu fördern. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Lehrer den Schülern relevante Aspekte der vorigen Stunde und ihre Bedeutung für die aktuelle Stunde verdeutlicht, herausstellt, in welcher Beziehung der neue Lerninhalt zum Vorwissen der Schüler steht oder allgemeine Konzepte und Definitionen aufzeigt (Osborne & Wittrock,

1985). Er macht darauf aufmerksam, dass naturwissenschaftliche Ideen zudem lebensweltliche, historische, philosophische und mathematische Aspekte beinhalten, zu denen Bezüge hergestellt und dadurch Vernetzungen geschaffen werden können. Beide dargestellten Theorien gründen auf der Annahme, dass das semantische Wissensgedächtnis in Form von Begriffen und Begriffsstrukturen organisiert ist. Sowohl bei Ausubel als auch bei Wittrock stehen die Verknüpfung der einzelnen Wissensselemente und das Vorwissen der Schüler im Vordergrund sinnvoller Lehr-Lernprozesse. Auch Gerstenmaier und Mandl (1995) betonen, dass das Vorwissen Ausgangspunkt der weiteren Wissensentwicklung sein sollte. Für erfolgreiche Lehr-Lernprozesse müssen vorhandene Wissensstrukturen aktiviert und neue Informationen in vorhandene Wissensbestände integriert und mit diesen verknüpft werden. Sollen Lerninhalte längerfristig behalten und ein tiefgehendes Verständnis erreicht werden, ist es zudem notwendig, dass sie vom Lernenden intensiv elaboriert werden. Dies beinhaltet, dass Konzepte verknüpft und Zusammenhänge hergestellt werden (Craik & Tulving, 1975; Einsiedler, 1996).

1.3 Stand der Forschung zu Vernetzung im Biologieunterricht

Der Vernetzung von Fachinhalten wird für kumulative Lernprozesse eine besondere Bedeutung beigemessen (Klieme et al, 2003, 27). Das mittelmäßige Abschneiden deutscher Schüler in internationalen Vergleichsstudien legte jedoch nahe, dass es an einer praktischen Umsetzung von Vernetzung im Unterricht mangelt. Während sich einige Studien bereits mit Vernetzungsaspekten von Unterricht befassen haben, z. B. die TIMSS Videostudie zum Mathematikunterricht (Stigler et al., 1999) oder eine Studie zum Physikunterricht (Müller & Duit, 2004), liegen empirische Analysen über inhaltliche Vernetzung für deutschen Biologieunterricht bisher kaum vor.

In der TIMSS Videostudie wurde Mathematikunterricht (8. Jahrgangsstufe) an US-amerikanischen, deutschen und japanischen Schulen untersucht und hinsichtlich seiner Vernetzung verglichen. Vernetzung wurde dabei definiert als „explicit verbal reference by the teacher to ideas or events from another lesson or part of the lesson“ (Stigler et al., 1999, 117). Die Autoren haben festgestellt, dass im japanischen Mathematikunterricht die Lehrer häufiger Vernetzungen hergestellt haben als die Lehrer im deutschen oder US-amerikanischen Unterricht. Bezüge zu einem vergangenen Unterricht wurden in Japan in 91 % der Unterrichtsstunden hergestellt, im Vergleich zu 55 % der Unterrichtsstunden in Deutschland (Stigler et al., 1999).

In der Untersuchung zum Physikunterricht (7. und 8. Jahrgangsstufe) wurden von videografierten Unterrichtsstunden Sachstrukturenⁱⁱ angefertigt und diese unter anderem hinsichtlich der Vernetztheit seiner Inhalte und des Einbezugs von Vorwissen (aus dem Unterricht und dem Alltag) analysiert. Dabei zeigte sich, dass beim Thema Elektrizitätslehre eine hohe Vernetztheit der unterrichtlichen Inhalte und ein häufiger Einbezug von Vorwissen mit einem höheren Lernerfolg zusammenhing (Müller & Duit, 2004). Allerdings wurde die Studie mit einer kleinen Stichprobe durchgeführt.

1.4 Zielstellung der vorliegenden Studie

Es wurden zwar erste Schritte gemacht, Vernetzung und damit kumulatives Lernen im Biologieunterricht zu befördern (Abschnitt 1.1). Empirische Untersuchungen, die sich mit inhaltlicher Vernetzung im deutschen Biologieunterricht und ihrer praktischen Umsetzung befassen, liegen bisher jedoch kaum vor. In der vorliegenden Studie standen daher die Analyse und Beschrei-

bung derzeitigen Biologieunterrichts hinsichtlich seiner Vernetzung im Mittelpunkt. Unter Vernetzung wird in dieser Studie das zueinander in Beziehung setzen einzelner fachlicher Inhaltelemente und das Herstellen inhaltlicher Zusammenhänge und Bezüge zwischen dem Vorwissen und aktuellen Unterrichtsinhalten sowie innerhalb der aktuellen Fachinhalte während des Biologieunterrichts verstanden. Anhand der Ergebnisse werden Empfehlungen zur Förderung von Vernetzung im Biologieunterricht gegeben.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Stichprobe und Durchführung der videobasierten Unterrichtsanalyse

Für die Analyse von Biologieunterricht wurden 49 Unterrichtsstunden von 49 Klassen der Jahrgangsstufe 9 an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen videografiert. Die Schulen wurden zufällig gezogen; die Teilnahme an der Studie war jedoch freiwillig. Die unterrichtenden Biologielehrer waren durchschnittlich 46 Jahre alt (SD = 10; N = 47) und hatten eine mittlere Berufserfahrung von 18 Jahren (SD = 11; N = 47).

Es wurde je eine Unterrichtsstunde pro Klasse nach festgelegten Richtlinien mit zwei Kameras und vier Funkmikrofonen aufgezeichnet (vgl. Stigler et al., 1999, Seidel, 2003). Die Aufnahme fand innerhalb der Unterrichtseinheit Blut und Blutkreislauf statt, damit eine Vergleichbarkeit der Klassen gewährleistet werden konnte.

In einer weiteren Videostudie zum Biologieunterricht wurden an den erhobenen Daten darüber hinaus Analysen zum Aufgabeneinsatz im Biologieunterricht durchgeführt (s. dazu Jatzwauk, 2007; Jatzwauk, Rumann & Sandmann, 2008).

ii Mit Sachstruktur wird hier die Struktur der Inhalte, die im Unterricht vermittelt wurden und ihre Beziehungen untereinander bezeichnet.

2.2 Kategoriensystem zur Analyse von Vernetzung

Die Untersuchung des Biologieunterrichts erfolgte mit Hilfe von zwei Kategoriensystemen. Ein Kategoriensystem wurde in Kooperation mit dem Projekt „Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ der DFG-Forschergruppe und des Graduiertenkollegs „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ Essen entwickelt. Es beschreibt vertikale Vernetzung im Naturwissenschaftsunterricht (Kategoriensystem zur Analyse vertikaler Vernetzung) und wurde auch im Chemie- und Physikunterricht eingesetzt (Sumfleth et al., 2006; Glemnitz, 2007; Kauertz, 2007). Es wurde um ein zweites System erweitert, mit dem Vernetzung speziell für den Biologieunterricht untersucht wurde (Kategoriensystem zur Analyse biologiespezifischer Vernetzung) (Wadouh, 2007). Die Kategoriensysteme umfassten mehrere Variablen, die in verschiedene Kategorien, welche unterschiedliche Aspekte von Vernetzung beschreiben, unterteilt waren. Die Entwicklung der Kategoriensysteme vollzog sich in einem zyklischen Prozess (vgl. Bos & Tarnai, 1999; Jacobs et al., 1999). Zunächst wurden aus der Theorie heraus Kategorien erarbeitet, die Aspekte von Vernetzung darstellen. Die einzelnen Kategorien wurden näher definiert, durch Beispiele erläutert und voneinander abgegrenzt, um eine eindeutige Zuordnung zu ermöglichen. Sie wurden auf das Videomaterial angewandt und ggf. konkretisiert, bis eine ausreichende

Beobachterübereinstimmung erzielt wurde. Kodiert wurden alle fachlichen Lehrer- und Schüleräußerungen des Unterrichts.

2.2.1 Kategoriensystem zur Analyse vertikaler Vernetzung

Das Kategoriensystem zur Analyse vertikaler Vernetzung (Sumfleth et al., 2006) umfasst drei Variablen: *Form der Äußerung*, *Vernetzungsniveau* und *Vernetzungsaktivität*.

Die Variable *Form der Äußerung* besteht aus zwei Kategorien. Sie bezeichnen eine Aussage oder Aufforderung des Lehrers bzw. eine Antwort oder Frage des Schülers. Lehrer- und Schüleräußerungen wurden weiterhin hinsichtlich ihres Vernetzungsniveaus und ihrer Vernetzungsaktivität ausgewertet.

Die Variable *Vernetzungsniveau* (Tab. 1) bezeichnet die Komplexität der Inhaltsstruktur. Sie besteht aus sechs Kategorien, die unterschiedliche Grade inhaltlicher Komplexität beschreiben und daher im Folgenden als Niveaustufen bezeichnet werden. Sie werden im Folgenden erläutert.

Auf den Niveaustufen I bzw. II wurde *ein einzelner* bzw. *mehrere Fakten* (Wissenselemente, Begriffe, Objekte) genannt oder gefordert, welche unverbunden nebeneinander stehen („Wie heißen die festen Bestandteile des Blutes?“). Wurden Fakten explizit zueinander in Beziehung gesetzt, besteht zwischen ihnen eine Wechselwirkung, Abhängigkeit, Bedingung oder Ursache-Wirkungsrelation wurde Niveaustufe III (ein *Zusammenhang*) erreicht. Dies konnte sich beispielsweise in

Tab. 1: Unterteilung der Variablen *Vernetzungsniveau* des Kategoriensystems zur Analyse vertikaler Vernetzung in sechs Kategorien (Niveaustufen I-VI).

Niveaustufe I	einzelner Fakt
Niveaustufe II	mehrere Fakten
Niveaustufe III	einzelner Zusammenhang
Niveaustufe IV	mehrere unverbundene Zusammenhänge
Niveaustufe V	mehrere verbundene Zusammenhänge
Niveaustufe VI	übergeordnetes Konzept

einer wenn-dann, deshalb, folglich, also oder weil Beziehung äußern („Was geschieht, wenn sich in einem Blutgefäß ein Blutgerinnsel bildet, das den Blutfluss verhindert?“). Niveaustufe IV wurde kodiert, wenn mehrere Zusammenhänge oder Abhängigkeiten zwischen Begriffen, Objekten oder Inhalten genannt oder gefordert wurden. Dabei stellten die geäußerten Beziehungen jedoch einen unvollständigen oder unzulänglichen Beschreibungs- oder Erklärungsversuch des Sachverhaltes dar (*mehrere unverbundene Zusammenhänge*). Niveaustufe V wurde erzielt, wenn *mehrere verbundene Zusammenhänge* oder Abhängigkeiten von Inhalten geäußert und diese aufeinander bezogen wurden („Nennt und begründet anhand des Versuchs und eurer Kenntnisse, welche Blutgruppen die einzelnen Personen haben müssen.“). Es konnte sich dabei um eine vollständige Argumentation, Schlussfolgerung oder Erklärung komplexer Sachverhalte handeln. Niveaustufe VI wurde bei Verwendung eines *übergeordneten Konzeptes* kodiert. Ein übergeordnetes Konzept zeichnet sich dadurch aus, dass durch dieses der konkrete Unterrichtsinhalt Beispiel eines abstrakten, allgemeingültigen oder wiederkehrenden Prinzips darstellt. Durch Verwendung eines übergeordneten Konzeptes werden viele einzelne, zusammenhängende Informationen in einem umfassenden Begriff verdichtet („In der Lunge finden wir am Ende der Bronchiolen eine große Anzahl an Lungenbläschen. Durch diese starke Vergrößerung der Oberfläche wird die Sauerstoffaufnahme und Kohlenstoffdioxidabgabe erleichtert. Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung ist ein immer wiederkehrendes Prinzip in der Biologie. Wir finden es z. B. auch im Darm in Form von Darmzotten.“).

Die Variable *Vernetzungsaktivität* besteht aus den drei Kategorien *erinnern*, *strukturieren* und *explorieren* (in Anlehnung an Wild, Hofer & Pekrun, 2001, 248ff; Mielke, 2001; Gläser-Zikuda, 2001). *Erinnern* bezeichnet den Abruf von Vorwissen. Im Mittelpunkt steht die Reproduktion des Gelernten („Welche Gefahren von Bluthochdruck

haben wir besprochen?“). Die Vernetzungsaktivität *Strukturieren* wurde kodiert, wenn fachliche Inhalte geordnet oder hervorgehoben wurden („Wichtig ist, dass ihr die Begriffe Blutgerinnung und Blutverklumpung auseinander haltet.“). Wurde eine Vermutung oder Schlussfolgerung abgegeben, wurde *exploriert* (Einführung eines neuen Themas, z. B. Agglutination von Blutgruppen: „Was meint ihr, warum ist das Kind nach der Bluttransfusion gestorben?“).

2.2.2 Kategoriensystem zur Analyse biologiespezifischer Vernetzung

Im Fach Biologie spielen neben den Variablen der vertikalen Vernetzung weitere Aspekte von Vernetzung eine Rolle, die sich aus dem Inhaltsbereich bzw. Unterrichtsprozess ableiten lassen. Biologische Unterrichtsinhalte zeichnen sich insbesondere durch ihren fachimmanenten Lebensweltbezug sowie durch einen hohen Anteil an fachübergreifenden Aspekten aus. Auf der Ebene des Unterrichtsgesprächs ist neben den kognitiven Voraussetzungen und Aktivitäten der Schüler auch eine Vernetzung von Inhalten in Form von Rückmeldungen auf Schülerbeiträge denkbar. Daher wurden zur Analyse biologiespezifischer Vernetzung zusätzlich fünf Variablen entwickelt: *Herkunft des fachlichen Vorwissens*, *inhaltliche* und *lebensweltliche Bezüge herstellen*, *Bezug zu einem anderen Fach herstellen*, *weitergebende Denkprozesse* und *Umgang mit Schülerbeiträgen*. Die Operationalisierung erfolgte zum Teil angelehnt an vorhandene Kategoriensysteme, die für den Biologieunterricht verändert und weiterentwickelt wurden (Stigler et al., 1999; Widodo, 2004; Kobarg & Seidel, 2003; Lind & Sandmann, 2003; Rakoczy & Pauli, 2006). Die Variablen des Kategoriensystems (Abb. 1) zur biologiespezifischen Vernetzung werden im Folgenden näher dargestellt.

Mit der Variablen *Herkunft des fachlichen Vorwissens* wurde untersucht, woher das

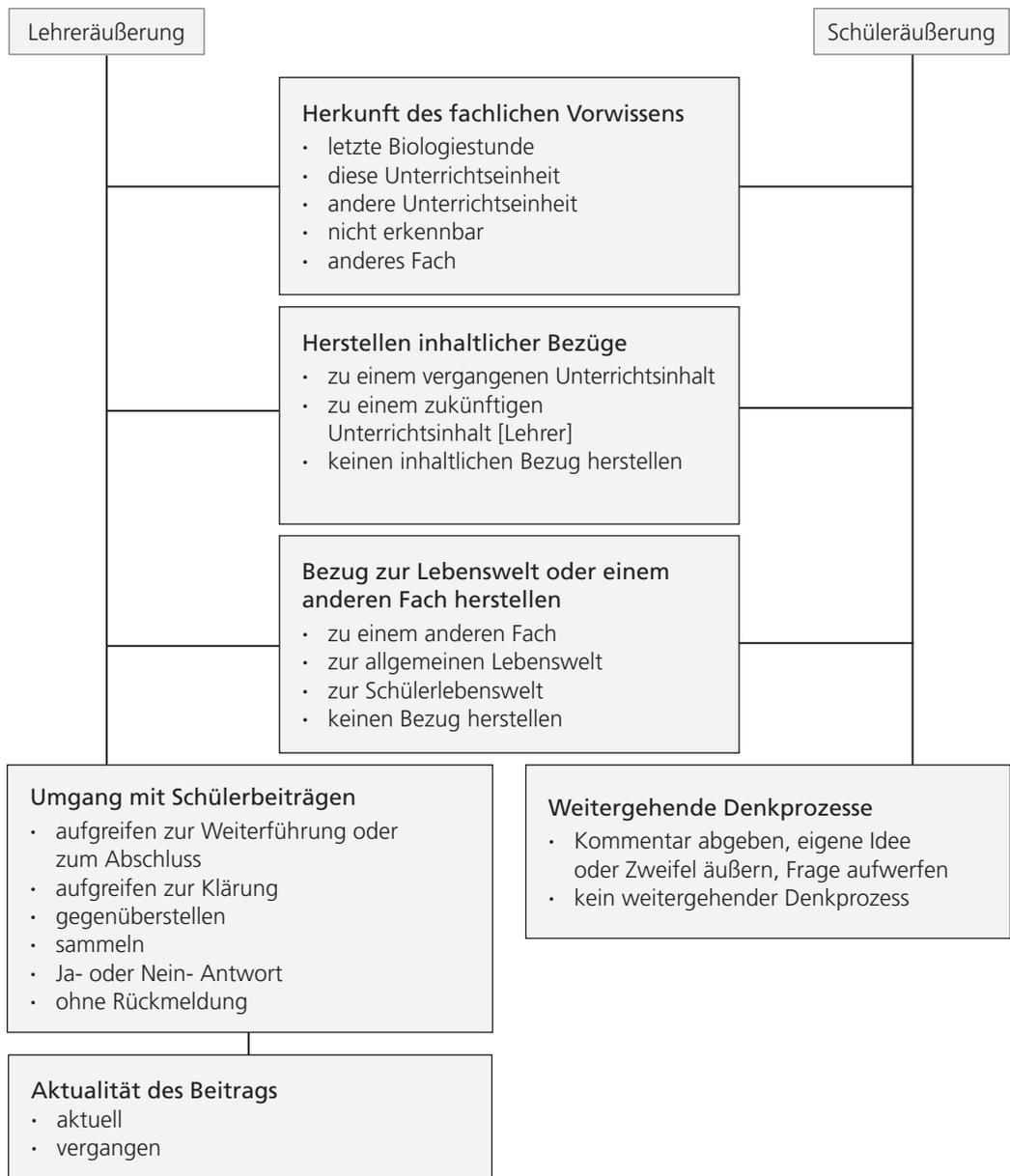


Abb. 1: Kategoriensystem zur Analyse biologiespezifischer Vernetzung.

im Biologieunterricht abgerufene Vorwissen stammte. Sie besteht aus 5 Kategorien. Es wurde zwischen Vorwissen, das aus einem vorangegangenen Unterricht herrührte und Vorwissen, das die Schüler bereits vor Erarbeitung des neuen Unterrichtsinhalts zum Thema besaßen unterschieden. Handelte es

sich um Vorwissen aus dem Unterricht wurde weiterhin bestimmt, ob es aus der *letzten Biologiestunde*, aus der *aktuellen* oder einer *vergangenen Unterrichtseinheit* stammte (Beispiel für die Kategorie Vorwissen aus einer *vergangenen Unterrichtseinheit* „Welche Arten der Fortpflanzung hatten wir im Rah-

men der Genetik besprochen?“). Der Abruf von Vorwissen aus *anderen Fächern*, wie Chemie, Physik, Religion etc., wurde ebenfalls kodiert.

Ein vernetzender Biologieunterricht sollte sich insbesondere dadurch auszeichnen, dass Bezüge zwischen den einzelnen Fachinhalten geschaffen werden. Mit der Variablen *Herstellen inhaltlicher Bezüge* wurde erfasst, ob während des Unterrichts explizit Bezüge zwischen den einzelnen Unterrichtsthemen hergestellt und dadurch neue Inhalte und bereits besprochene Themen in Beziehung zueinander gebracht wurden. Die Variable umfasst zwei Kategorien. Inhaltliche *Bezüge zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt* konnten dadurch geschaffen werden, dass bekanntes Wissen genutzt oder angewendet wird, um kognitive Wissensstrukturen zu erweitern und neues Wissen aufzubauen. Gleichwohl konnten Gemeinsamkeiten der Inhalte verdeutlicht oder diese inhaltlich gegeneinander abgegrenzt werden (Beispiel „Wie ihr seht, haben wir es hier nun mit einem Lungen- und einem Körperkreislauf zu tun. Welche Unterschiede bestehen zum Blutkreislauf der Fische, den wir bereits behandelt haben?“). Die Kategorie *inhaltliche Bezüge zu einem zukünftigen Unterrichtsinhalt herstellen* wurde kodiert, wenn der Lehrer zukünftige Lerninhalte in die aktuelle Diskussion mit einbezog. Inhaltliche Bezüge zu *übergeordneten Konzepten* wurden bereits beim Kategoriensystem zur vertikalen Vernetzung (Kategorie: *übergeordnetes Konzept*) erläutert.

Bezüge zur allgemeinen Lebenswelt, der direkten *Lebenswelt der Schüler* oder einem *anderen Fach* wurden als weitere Möglichkeiten angesehen, im Biologieunterricht zu vernetzen (Beispiel für die Kategorie *Bezug zur allgemeinen Lebenswelt* herstellen: „Beim Brotbacken benutzt der Bäcker etwas, das den Teig gehen lässt. Was ist das? Kennt ihr bestimmt von zu Hause.“).

Die Variable *Weitergehende Denkprozesse* bezeichnet eine aktive, eigenständige Verarbeitung und Elaboration von Lerninhalten durch die Schüler. Hierbei wird aktueller

Unterrichtsstoff mit bereits besprochenen Fachinhalten (fachliches Vorwissen), Alltagswissen oder vorunterrichtlichen Erfahrungen verknüpft und basierend darauf eigene Ideen, Zweifel oder Fragen aufgeworfen oder eigeninitiativ sachbezogene Kommentare abgegeben. Diese Äußerungen hatten dabei einen über die eigentliche Frage des Lehrers hinausgehenden, weiterführenden Charakter bzw. wurden unabhängig von einer Frage des Lehrers geäußert (Beispiel „Ich kann mir nicht vorstellen, dass man Blut künstlich herstellen kann. Wie soll man denn Stoffe entwickeln, die Sauerstoff transportieren oder Krankheitserreger erkennen können?“).

Mit der Variablen *Umgang mit Schülerbeiträgen* und *Aktualität des Beitrags* wurde der Umgang des Lehrers mit Schülerbeiträgen als eine Möglichkeit der Vernetzung im Biologieunterricht erfasst. Der Lehrer kann auf Schülerbeiträge lediglich mit „Ja“ oder „Nein“ reagieren oder aber diese aufgreifen und weiterführen. Durch kontinuierliches Aufgreifen und Aufeinanderbeziehen von Schülerbeiträgen kann ein in sich zusammenhängendes Geflecht fachbezogener Äußerungen entwickelt und Lerninhalte verstärkt erarbeitet, verknüpft und erweitert werden. Die Variable besteht aus den sechs Kategorien *Aufgreifen zur Weiterführung oder zum Abschluss*, *Aufgreifen zur Klärung*, *Gegenüberstellen von Beiträgen*, *Sammeln von Beiträgen*, *Ja- oder Nein- Antwort* und *Ohne Rückmeldung*. Bei der *Aktualität des Beitrages* wurde unterschieden, ob auf einen *aktuellen* oder einen *vergangenen* Beitrag reagiert wurde. Bei Kodierung eines vergangenen Beitrags konnte davon ausgegangen werden, dass ein zuvor thematisierter Inhalt erneut aufgegriffen und so ein Rückbezug hergestellt wurde.

2.3 Kodierung

Es wurde eine zeitbasierte Kodierung mit Hilfe des Programms Videograph (Rimmele, 2002) angewandt, wobei jedes 10-Sekunden-Intervall entschieden wurde, ob eine oder mehrere der beschriebenen Va-

riablen auftraten. Zur Überprüfung der Beobachterübereinstimmung wurden 10% der Unterrichtsvideos doppelt kodiert. Die Beobachterübereinstimmung der Kodierung der vertikalen Vernetzung ($0,52 \leq \kappa \leq 0,77$) und der biologiespezifischen Vernetzung ($0,41 \leq \kappa \leq 0,92$) kann als akzeptabel bis gut angesehen werden. Die Auswertung der Kodierung erfolgte über Häufigkeitsanalysen (im Ergebnisteil aufgeführte Angaben in Minuten sind als eine Annäherung zu werten).

3 Ergebnisse der Videoanalyse

Beschreibung von Biologieunterricht hinsichtlich seiner Vernetzung

Es wurden 47 der 49 Klassen in die Untersuchung einbezogenⁱⁱⁱ. Insgesamt wurden in den videografierten Unterrichtsstunden ($N = 47$) in 5536 Intervallen fachliche Äußerungen kodiert. Dies sind im Mittel 118 Intervalle pro Unterrichtsstunde, was einem zeitlichen Anteil von etwa 20 Minuten pro Unterrichtsstunde entspricht. In den restlichen 25 Minuten war der Inhalt der Äußerungen im Zeitintervall noch nicht erkennbar oder es handelte sich um nicht-fachliche Äußerungen bzw. Geschehnisse. Lehreräußerungen hatten einen prozentualen Anteil von 52% an den Gesamtäußerungen, während 48% der Äußerungen von den Schülern stammten. In 48% der Äußerungen machte die Lehrkraft eine Aussage, in 52% stellte sie Fragen. Bei den Schüleräußerungen machten Aussagen 95% der kodierten Intervalle aus. In lediglich 5% der Äußerungen stellten die Schüler Fragen.

3.1 Vertikale Vernetzung

Das Vernetzungsniveau, das im Biologieunterricht beobachtet werden konnte, war

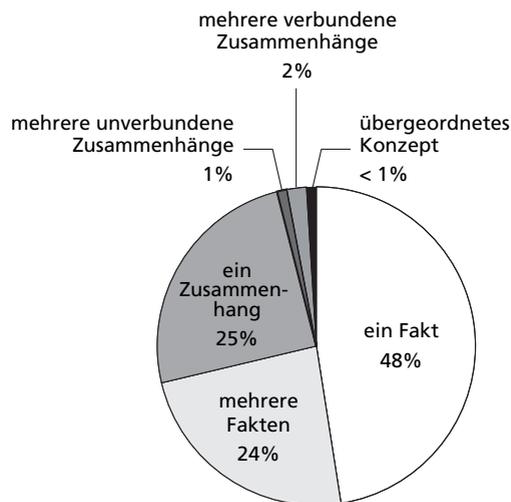


Abb. 2: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Vernetzungsniveau* im Biologieunterricht ($N = 5536$ Intervalle, 47 Klassen).

vornehmlich auf den Niveaustufen *ein Fakt* bzw. *mehrere Fakten* einzuordnen. Zusammengekommen machten diese beiden unteren Niveaustufen 72% der fachlichen Gesamtäußerungen aus. Bezogen auf die einzelne Unterrichtsstunde wurden im Mittel 85 Mal *einzelne* oder *mehrere Fakten* geäußert, was einer Unterrichtszeit von etwa 14 Minuten pro Unterrichtsstunde entspricht. Die Niveaustufe *ein Zusammenhang* wurde im Unterricht in 25% der Äußerungen erreicht (im Mittel 29 Mal bzw. knapp 5 Minuten pro Unterrichtsstunde), während *unverbundene Zusammenhänge* zu etwa 1% geäußert wurden (im Mittel 2 Mal pro Unterrichtsstunde). *Verbundene Zusammenhänge* machten 2% der Gesamtäußerungen aus (im Mittel 2 Mal pro Unterrichtsstunde). *Übergeordnete Konzepte* wurden zu 0,2% im Unterricht genutzt (im Mittel 0,2 Mal pro Unterrichtsstunde) (Abb. 2).

Zwischen dem Vernetzungsniveau der Lehreräußerungen und dem der Schüleräußerungen war eine hohe Korrelation von

ⁱⁱⁱ Zwei Klassen konnten aufgrund einer zu geringen Anzahl an Gesamtäußerungen für die weitere Analyse nicht verwendet werden.

Tab. 2: Prozentualer Anteil der drei Kategorien der Variablen *Vernetzungsaktivität* an den Gesamtäußerungen im Biologieunterricht (N = 5536 Intervalle, 47 Klassen).

Kategorie	Anteil an den Gesamtäußerungen (in %)
erinnern	9
strukturieren	54
explorieren	37

$r = 0,76$ ($p \leq 0,001$, $N = 47$) festzustellen. Bezüglich der Vernetzungsaktivität machte die Kategorie *erinnern* mit 9% (im Mittel 11 Mal bzw. etwa 2 Minuten pro Unterrichtsstunde) den geringsten Anteil an den fachlichen Gesamtäußerungen aus. Am häufigsten wurden Lerninhalte *strukturiert* (54%; im Mittel 63 Mal bzw. etwa 11 Minuten pro Unterrichtsstunde), während in 37% *exploriert* wurde (im Mittel 44 Mal bzw. 7 Minuten pro Unterrichtsstunde) (Tab. 2).

3.2 Biologiespezifische Vernetzung

Herkunft des fachlichen Vorwissens

Der größte Anteil des vom Lehrer genannten oder geforderten Vorwissens ($N = 245$ Intervalle) stammte mit 31% aus der *letz-*

ten Biologiestunde und der *aktuellen Unterrichtseinheit* (23%). Lediglich in 6% der hier kodierten Intervalle wurde fachliches Vorwissen aus einer *vergangenen Unterrichtseinheit* genannt oder gefordert. Vorwissen aus einem *anderen Unterrichtsfach* machte nur einen Prozent der hier kodierten Intervalle aus. In 39% der kodierten Intervalle war nicht erkennbar, woher das geäußerte fachliche Vorwissen herrührte (Abb. 3). Auch die Schüler haben mit 30% überwiegend Vorwissen ($N = 273$ Intervalle) aus der *letzten Biologiestunde* oder der *aktuellen Unterrichtseinheit* abgerufen (etwa 19%). Vorwissen aus einer *vergangenen Unterrichtseinheit* wurde zu etwa 4% genannt, während Vorkenntnisse aus einem *anderen Fach* überhaupt nicht geäußert wurden. In nahezu 47% war nicht erkennbar, woher das geäußerte fachliche Vorwissen stammte (Abb. 4).

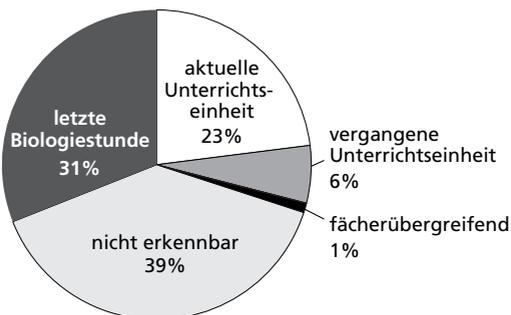


Abb. 3: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Herkunft des fachlichen Vorwissens* in den Lehreräußerungen ($N = 245$, 47 Klassen).

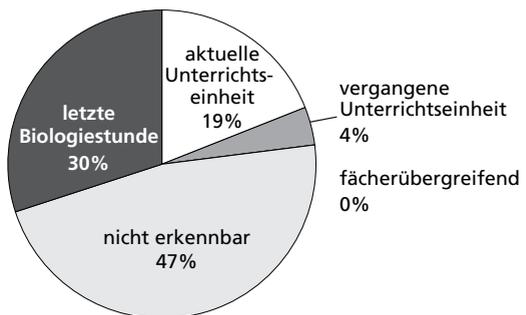


Abb. 4: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Herkunft des fachlichen Vorwissens* in den Schüleräußerungen ($N = 273$, 47 Klassen).

Herstellen inhaltlicher Bezüge

Im Biologieunterricht wurde Vorwissen zwar aktiviert. Es sollte jedoch auch ein Ziel von Unterricht sein, neue Informationen explizit in Beziehung zum Vorwissen zu setzen, diese dadurch anzureichern und in bestehende kognitive Strukturen zu integrieren, so dass eine verstärkte Vernetzung der Wissensbestände erfolgen kann. Inhaltliche Bezüge zu einem *vergangenen Unterrichtsinhalt* wurden aber lediglich von 23 der 47 Biologielehrer gefordert oder selbst hergestellt. Dies fand insgesamt 33 Mal statt (Min = 1, Max = 4), was bei 23 Klassen im Mittel fast 1,5 Mal pro Lehrer entspricht. In vier Intervallen hat der Lehrer inhaltliche Verweise zu einem *zukünftigen Lerninhalt* gemacht (N = 3 Klassen). In 14 der 47 Klassen haben die Schüler den aktuellen Lerninhalt mit einem früher erarbeiteten Unterrichtsinhalt verknüpft. Insgesamt stellten sie 32 Mal (Min = 1, Max = 6) explizit einen *Bezug zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt* her. Dies entspricht bei 14 Klassen im Mittel etwa 2 Mal pro Unterrichtsstunde.

Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen

Insgesamt stellten die Lehrer in 162 Intervallen explizit einen Bezug zur Lebenswelt oder

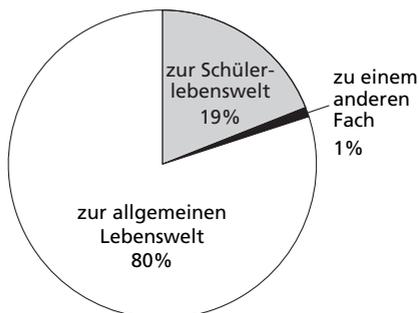


Abb. 5: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen* in den Lehreräußerungen im Biologieunterricht (N = 162, 47 Klassen).

einem anderen Fach her, was im Mittel etwa 3 Mal pro Unterrichtsstunde entspricht. Am häufigsten wurde vom Lehrer ein *Bezug zur allgemeinen Lebenswelt* hergestellt (80%). Bezüge zur *Schülerlebenswelt* wurden in 19% der Intervalle gemacht. Selten kam es vor, dass der Lehrer ein *anderes Fach* in den Biologieunterricht einbezog (1%; Abb. 5). Auch die Schüler stellten anteilmäßig am häufigsten einen Bezug zur allgemeinen Lebenswelt her (nahezu 60%). Bezüge zur eigenen Lebenswelt machten 36% aus, während ein *anderes Fach* in fast 5% der kodierten Intervalle genannt wurde (N = 89; Abb. 6).

Umgang mit Schülerbeiträgen

Vernetzen im Unterricht ist auch durch ein stetes Verknüpfen und Aufeinanderbeziehen von Schülerbeiträgen möglich. Die Variable *Umgang mit Schülerbeiträgen* wurde in insgesamt 2253 Intervallen kodiert (im Mittel 48 Mal pro Unterrichtsstunde). In 63% der Reaktionen fand keine Verknüpfung von Inhalten der Schülerbeiträge statt. Am häufigsten reagierte der Lehrer mit einer *Ja- oder Nein-Antwort* (40%) auf einen Schülerbeitrag. Die zusammengefassten Kategorien *Aufgreifen zur Weiterführung* und *Aufgreifen zum Abschluss* machten 24% der Intervalle aus, während in 13% der Intervalle

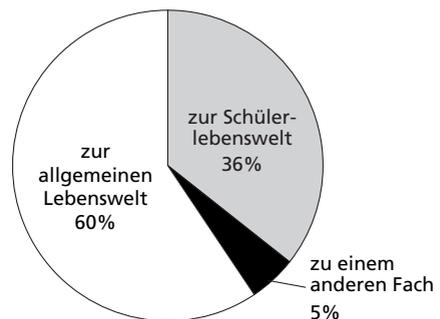


Abb. 6: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen* in den Schüleräußerungen im Biologieunterricht (N = 89, 47 Klassen).

Tab. 3: *Umgang mit Schülerbeiträgen* durch den Lehrer im Biologieunterricht. Dargestellt ist die prozentuale Häufigkeit der einzelnen Kategorien (N = 2253, 47 Klassen).

Kategorie	Häufigkeit (in %)
Ja- oder Nein- Antwort	40
Aufgreifen zur Weiterführung/ zum Abschluss	24
Sammeln von Schülerbeiträgen	20
Aufgreifen zur Klärung	13
Ohne Rückmeldung/ keine Klärung des Schülerbeitrags	3
Gegenüberstellen von Schülerbeiträgen	< 1

le Schülerbeiträge *geklärt* wurden (Tab. 3). Bei der Reaktion des Lehrers auf einen Schülerbeitrag handelte es sich am häufigsten um einen aktuellen Beitrag (94%). In weniger als 6% der hier kodierten Intervalle fand ein Rückbezug auf einen vergangenen Beitrag statt.

Weitergehende Denkprozesse

Weitergehende Denkprozesse spiegeln eine aktive Verarbeitung und Elaboration von Lerninhalten wider und zeigen an, dass neue Informationen zueinander oder mit vorhandenen Wissensbeständen in eine Beziehung gebracht und somit vernetzt werden. Diese Variable machte einen prozentualen Anteil von etwa 2% der kodierten Gesamtäußerungen aus. Sie trat nur in 24 der 47 Klassen auf. Insgesamt wurden von den Schülern 51 Mal *weitergehende Denkprozesse* angestellt. Dies entspricht bei 24 Klassen im Mittel etwa 2 Mal pro Unterrichtsstunde. Im Folgenden werden exemplarisch einige Fälle der Variablen *weitergehenden Denkprozesse* und *Herstellen inhaltlicher Bezüge* beschrieben^{iv}. Im Biologieunterricht wurde unter anderem die Entstehung eines Herzinfarkts aufgrund einer Verstopfung der Herzkranzgefäße durch Blutgerinnsel erarbeitet.

Während der Erarbeitung wurde auch die Bluterkrankheit erwähnt, eine Erbkrankheit, bei der die Blutgerinnung aufgrund eines fehlenden Gerinnungsfaktors gestört ist. Ein Schüler äußerte daraufhin folgenden Beitrag.

Schüler:

„Wenn man jetzt diese Bluterkrankheit hat und das Blut kann nicht gerinnen, ist man dann auch nicht so stark herzhinfarktgefährdet?“

An dem Beispiel wird deutlich, dass der Schüler innerhalb der einzelnen Teilinhalte eine Verknüpfung herstellt und so die im Unterricht erarbeiteten Elemente zu einer eigenen, *weitergehenden Idee* zusammengeführt hat.

In einer anderen Klasse wurde die Immunabwehr des menschlichen Körpers am Beispiel von Typhus besprochen. Der Lehrer stellte die Frage, warum Einheimische im Gegensatz zu Touristen nicht an Typhus erkranken. Den Schülern wurde auf einer Folie ein Versuch gezeigt, in dem Blut getrennt in zwei Reagenzgläsern mit dem Erreger vermischt wurden. In Reagenzglas A verklumpte das Gemisch nicht, in Reagenzglas B hingegen verklumpte es. Die Schüler sollten sich zu dem Befund äußern.

iv Füllwörter, Pausen und dergleichen wurden nicht berücksichtigt.

Schüler 1:

„Das Blut A hat keine Antikörper gegen diese Bakterien und B hat Antikörper und deshalb verklumpt das. Und das ist ja fast genauso wie beim Rhesusfaktor. Wenn man einmal mit dem rhesus-positiven Blut in Berührung kommt, dann bildet man ja auch Antigene und genauso könnte ich mir das auch vorstellen, dass das mit den Typhus-Bakterien so ist.“

Der Schüler deutet den Versuch und stellt gleichzeitig in einer *weitergehenden Idee* einen inhaltlichen *Bezug zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt* her.

Im Verlauf des Unterrichtsgesprächs wurde notiert, dass Menschen, die an Typhus erkranken keine Antikörper gegen das Bakterium haben. Der Lehrer schrieb weiter an die Tafel: „Menschen ohne Typhus Erkrankung...“ Auf diesen Impuls antwortete ein Schüler und stellte zudem, unter Herstellen eines inhaltlichen *Bezugs zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt*, eine *weiterführende Frage*.

Schüler 2:

„Ja, die haben da Antikörper gegen. Werden die auch übertragen bei der Geburt oder bekommen sie die erst im Laufe der Entwicklung? Weil wir hatten ja das mit der Plazenta, wenn da Risse drin sind, das da Antikörper übertragen werden...“

Insgesamt fand diese Art der inhaltlichen Vernetzung selten statt, was deutlich macht, dass vorhandenes Potential zur Verknüpfung fachlicher Inhalte im untersuchten Biologieunterricht noch nicht ausreichend genutzt wird.

4 Diskussion

Die deskriptiven Befunde dieser Studie machen deutlich, dass im Biologieunterricht von Lehrern und Schülern vornehmlich *Fakten* thematisiert wurden. Sie machten etwa 72% der fachlichen Äußerungen

aus. Das Herstellen von *Zusammenhängen* (26%) fand weniger statt. Vollständige Argumentationsketten wurden von den Lehrern und Schülern lediglich in 2% der fachlichen Gesamtäußerungen erbracht. Die Befunde zeigen ferner, dass *übergeordnete Konzepte* zur Strukturierung des Biologieunterrichts nur vereinzelt eingesetzt wurden (0,2 Mal pro Unterrichtsstunde). Eine ähnlich mangelnde vertikale Vernetzung wurde auch im Chemie- und Physikunterricht beobachtet (Glemnitz, 2007; Kauertz, 2007). In keiner der in dieser Untersuchung videografierten Unterrichtsstunden wurden andere Strukturierungshilfen, wie Begriffsnetze oder Mind Maps, die ebenfalls die Entwicklung vernetzten Wissens fördern können (z.B. Okebukola, 1990; Wallace & Mintzes, 1990), verwendet. Diese Befunde stehen in einer starken Diskrepanz zu einer Fragebogenerhebung, in der Lehrer nach den wichtigsten Zielen guten Biologieunterrichts befragt wurden (Neuhaus & Vogt, 2008). Hier gaben die meisten Biologielehrer (47%) als erste Priorität aus fünf Auswahlmöglichkeiten an, „vernetztes Denken schaffen“ zu wollen, während nur 7% der Lehrer die „Vermittlung von Faktenwissen“ als wichtigstes Ziel von Biologieunterricht betrachteten.

Ein vernetzender Unterricht sollte es auch als Aufgabe ansehen, bereits gelernte Inhalte für weiteres Lernen bewusst und anwendbar zu machen. Im videografierten Biologieunterricht fand der *Abruf von Vorwissen* im Mittel 11 Mal pro Unterrichtsstunde statt, wobei über die Hälfte des abgerufenen Vorwissens aus der letzten Unterrichtsstunde stammte. Die Vernetzungsaktivität *erinnern* spielte mit 9% demnach eine eher untergeordnete Rolle im Unterricht. In Anbetracht der Bedeutsamkeit vorhandener Wissensbestände für aufeinander aufbauendes, kumulatives Lernen und das Erfahren von Kompetenzzuwachs sollten auch hieraus Konsequenzen für den Biologieunterricht gezogen werden. So erscheint es sinnvoll, dass Lehrer nicht nur verstärkt den Abruf des Vorwissens fordern, sondern insbesondere die Relevanz dieses Wissens für

nachfolgendes Lernen bewusst machen, beispielsweise durch die Nutzung des Vorwissens für neue Frage- oder Problemstellungen. Derartige *Bezüge zu vergangenen Fachinhalten* wurden lediglich in 26 der 47 Klassen hergestellt (im Mittel 2,5 Mal pro Unterrichtsstunde). Fachinhalte werden zwar wiederholt, aber kaum mit dem neuen Lernstoff der aktuellen Stunde verknüpft, so dass ein kumulativer Wissensaufbau und ein Erleben von Kompetenzzuwachs behindert wird. Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich für deutschen Mathematikunterricht in der TIMSS Videostudie, in dem in nur 55 % der Klassen explizit Bezüge zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt hergestellt wurden. Deutscher Mathematikunterricht ist dadurch charakterisiert, dass zu Beginn der Stunde gelernte Fachinhalte wiederholt und dann der neu zu erarbeitende Lernstoff präsentiert wird. Im Gegensatz dazu wird im japanischen Mathematikunterricht Gelerntes zwar ebenfalls wiederholt, aber der neue Unterrichtsinhalt an den in vorangegangenen Stunden gelernten Inhalten angeknüpft und auf diesen aufgebaut (Stigler et al., 1999). Es erscheint sinnvoll, dies auch verstärkt im Biologieunterricht zu etablieren.

Im beobachteten Unterricht haben die Biologielehrer fachliche Konzepte nicht explizit als Strukturierungs- und Ordnungshilfen eingesetzt. Möglichkeiten konzeptuelles Lernen im Unterricht zu eröffnen, blieben ungenutzt. So hat beispielsweise der Lehrer im Unterrichtsbeispiel zwei (Abschnitt 3.2, S. 81) den vom Schüler angedeuteten Zusammenhang zwischen der Bildung von Antikörpern bei einer Infektion und beim Kontakt mit rhesus-positiven Blut nicht genutzt, um das Antigen-Antikörper-Prinzip (Schlüssel-Schloss Prinzip) zum Gegenstand des Unterrichts zu machen.

Im videografierten Unterricht wurde im Mittel 5 Mal pro Unterrichtsstunde explizit ein *Bezug zur Lebenswelt* hergestellt. Inhaltliche Bezüge zu einem *anderen Fach* wurden insgesamt nur 6 Mal in lediglich 5 der 47 Klassen aufgezeigt. Dieses Ergebnis zeigt, dass im Biologieunterricht auch eine man-

gelnde horizontale Vernetzung vorliegt und hier ebenfalls Handlungsbedarf besteht.

Eine aktive Verarbeitung und Integration fachlicher Inhaltelemente durch den Schüler stellt eine weitere, wichtige Form der Vernetzung dar (*Variable Weitergehende Denkprozesse*). Lerninhalte werden von den Schülern jedoch nur selten explizit im Unterricht elaboriert (1 Mal pro Unterrichtsstunde). Dieser Befund könnte zum einen durch ein (zu) geringes Vorwissen der Schüler, zum anderen durch die dominierende Fragehaltung des Lehrers erklärt werden. Bezüglich des ersten Punktes kann davon ausgegangen werden, dass ein Schüler, bevor er Fragen aufwerfen oder weiterführende Kommentare abgeben kann, zunächst den Lerninhalt nachvollzogen und die einzelnen Elemente miteinander und mit bereits erarbeiteten Inhalten oder seinem Vorwissen in Beziehung gesetzt haben muss (Lind & Sandmann, 2003). Dies setzt das Durchlaufen anspruchsvoller kognitiver Prozesse voraus. Bei Schülern, die, wie in dieser Studie, über ein eher geringes Vorwissen verfügen, ist davon auszugehen, dass sie sich zunächst eine geeignete Wissensbasis aufbauen müssen, bevor weitergehende Denkprozesse formuliert werden können (Miyake & Norman, 1979). Ein zweiter Grund dafür, dass Schüler wenig eigene Fragen aufwerfen, kann in der Lehrerfrage begründet sein, welche die Schülerfrage verhindert (Holzkamp, 1991, 1993). In der vorliegenden Studie waren die Redeanteile von Lehrer und Schülern zwar vergleichsweise ausgewogen (Redeanteil der Schüler etwa 48 %). Jedoch stellten die Lehrer in 48 % ihrer Äußerungen Fragen, die von den Schülern zu beantworten waren. Im Vergleich dazu wurden von Schülern nur in knapp 6 % ihrer Äußerungen Fragen hervorgebracht. Dabei sind Schüler durchaus in der Lage, komplexe Fragen zu stellen. Kritisiert wird jedoch, dass diese selten zum Ausgangspunkt des Lernens gemacht, sondern vielmehr durch den Lehrer eingeschränkt werden (Scardamalia & Bereiter, 1992), was auch in dieser Studie der Fall

gewesen ist. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit auf, Schüler durch geeignete Lerngelegenheiten verstärkt zu einer elaborativen Verarbeitung biologischer Fachinhalte anzuregen und ihre weitergehenden Denkprozesse aktiv in den Biologieunterricht zu integrieren. Es ist davon auszugehen, dass durch ein Verdeutlichen der Relevanz des zu lernenden Fachinhalts, z. B. durch einen expliziten Bezug zur Lebenswelt, Elaborationen von Schülern vermehrt angeregt werden können.

Im untersuchten Biologieunterricht war zu beobachten, dass die Vermittlung von Faktenwissen im Vordergrund stand. Obgleich Fakten eine Basis und notwendige Bedingung für die Generierung von Zusammenhängen darstellt, ist eine verstärkte Vernetzung der Fachinformationen und das Herstellen von Zusammenhängen eine wichtige Voraussetzung für die Ausbildung und Entwicklung vernetzter Wissensstrukturen. Dies ist insbesondere mit Blick auf ein Ergebnis der PISA-Studie (Prenzel et al., 2001, 235) relevant, nach dem mehr als ein Viertel der Schüler lediglich die unterste Stufe naturwissenschaftlicher Grundbildung erreichte, was der Fähigkeit entspricht, einfaches Faktenwissen wiederzugeben. Die vorliegende Studie legt nahe, dass dies auf einen vornehmlich faktenorientierten Unterricht zurückgeführt werden kann. Positive Entwicklungen im Bereich naturwissenschaftliche Kompetenz sind in der aktuellen PISA Studie festzustellen, in der Nordrhein-Westfalen nun im Bereich des OECD Durchschnitts liegt. Im Vergleich zur PISA Studie 2000 waren in Deutschland diesmal 15,4% der Schüler auf bzw. unter der ersten Kompetenzstufe naturwissenschaftlicher Kompetenz zu verorten (Prenzel et al., 2007, 85). Weitere Anstrengungen sind notwendig, um auch diesen Anteil zu reduzieren.

Im Gutachten zur Vorbereitung des Programms SINUS (BLK, 1997) wurde als ein Problemfeld des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts eine mangelnde vertikale Vernetzung beklagt. Darüber hinaus wurde bemängelt, dass bei

Schülern nur wenig entwickelte fachspezifische Denkkonzepte vorhanden seien, wodurch ein Einordnen einzelner fachlicher Wissensselemente in übergeordnete Zusammenhänge erschwert werde. Auch eine mangelnde horizontale Vernetzung wurde als Problem angesehen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass diese Problemfelder immer noch aktuell sind. Bedenkt man, dass für deutschen Biologieunterricht eine mangelnde Vernetzung bereits in den 70er Jahren sowohl für das Curriculum als auch für die Feinstruktur des Unterrichtsverlaufs beklagt wurde (z. B. Kattmann, 1975; Messner, 1978), stellt sich die Frage, warum entsprechende Änderungen in der Praxis kaum umgesetzt werden.

5 Ausblick

Eine sorgfältige Planung und kohärente Anordnung von fachlichen Inhalten und damit effiziente Gestaltung von Unterrichtsabläufen ist eine wichtige Aufgabe von Lehrern. Dabei ist insbesondere die Vernetzung der Inhaltselemente zu verdeutlichen und explizit zu machen. Es ist davon auszugehen, dass eine effiziente und konsistente Strukturierung des Unterrichts nicht nur sinnvolle Verknüpfungen, sondern auch ein insgesamt höheres Vernetzungsniveau ermöglicht und Schüler in ihren weitergehenden Denkprozessen fördert. Zur Verbesserung der Qualität der Vernetzung im Biologieunterricht sollte die Strukturierung von Fachinhalten so geplant werden, dass auf diesen aufgebaut und somit mehr inhaltliche (Rück-) Bezüge hergestellt werden können. Dabei kommt es nicht nur auf eine sinnvolle Verteilung der Inhalte auf die verschiedenen Jahrgangsstufen an (siehe Spiralcurriculum), sondern auch auf das Verbinden und Herstellen von Bezügen zwischen den einzelnen biologischen Inhalten innerhalb der Unterrichtsstunde sowie der einzelnen Unterrichtseinheiten. Möglichkeiten einer kohärenten Anordnung von Fachinhalten und die strukturierte Verwendung biologischer

Konzepte sollten bei der Organisation von Unterricht eine zentrale und den Schüler ersichtliche Rolle einnehmen. Erklärungsprinzipien sollten im Unterricht mehrfach und in vielen Bereichen verwendet werden, um Schülern das Erkennen relevanter Zusammenhänge zu erleichtern.

Den Schülern sollten, wie auch von der BLK (1997) gefordert, vermehrt Lerngelegenheiten angeboten werden, durch die sie ein tiefgreifenderes Verständnis biologischer Sachzusammenhänge erreichen können, welches auf der Grundlage einer soliden Wissensbasis aufzubauen und weiter zu entwickeln ist. Es sind Aufgaben zu entwickeln und zu erproben, die nicht nur eine isolierte Wiederholung der letzten Unterrichtsstunde zum Ziel haben, sondern die explizit Bezüge zwischen vergangenen Unterrichtsinhalten und dem neuen Lerninhalt herstellen. Bei der Bearbeitung und zum Lösen der Aufgaben sollte der Rückgriff auch auf zeitlich weiter zurückliegende Fachinhalte notwendig sein. Auf diese Weise müssen bereits gelernte mit neuen Lerninhalten vernetzt und Kenntnisse angewendet werden. Kumulative Lernprozesse werden verstärkt befördert und das Erfahren von Kompetenzzuwachs ermöglicht. In der vorliegenden Studie lag der Fokus auf einer quantitativen Beschreibung von Vernetzung. In zukünftigen Studien sollte der Fokus auf inhaltliche Aspekte der Vernetzung gerichtet werden. So sollte unter anderem die Qualität (z. B. die fachliche Korrektheit), der logische Aufbau und die Angemessenheit der Vernetzung verstärkt beachtet und analysiert werden, um Rückschlüsse auf lernförderliche sachlogische Strukturen im Biologieunterricht ziehen zu können.

Wir danken der DFG für die Unterstützung der Forschungsarbeit (GRK 902/1).

Literatur

- AAAS (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ausubel, D. P. (1974). *Die Psychologie des Unterrichts*. Weinheim: Beltz.
- Ballmann, R., Dieckmann, R., Freiman, T., Langlet, J., Ohly, K.-P., Saathoff, T., Sandmann, A., Vogt, H., Wolff, V., Zabel, J. & Lichtner, H.-D. (2003). *Weniger (Additives) ist mehr (Systematisches) Kumulatives Lernen – Handreichung für den Biologieunterricht in den Jahrgängen 5-10*. Verband Deutscher Biologen und bio-wissenschaftlicher Fachgesellschaft e.V.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., Köller, O. & Neubrand, J. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske & Budrich.
- Baumert, J., Bos, W. & Watermann, R. (1998). *TIMSS / III – Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse*. Studien und Berichte 64. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J., Weiß, M. (Hrsg.) (2001). *PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske & Budrich.
- Bayrhuber, H., Bögeholz, S., Elster, D., Hößle, C., Lücken, M., Mayer, J., Nerdel, C., Neuhaus, B., Prechtel, H., Sandmann, A. (2007): *Biologie im Kontext (bik) – Ein Programm zur Kompetenzförderung durch Kontextorientierung im Biologieunterricht und zur Unterstützung von Lehrerprofessionalisierung*. *MNU*, 60 (5), 282-286.
- Bayrhuber, H., Bögeholz, S., Eggert, S., Elster, D., Grube, C., Hößle, C., Linsner, M., Lücken, M., Mayer, J., Möller, A., Nerdel, C., Neuhaus, B., Prechtel, H., Sandmann, A., Mittelsten Scheid, N., Schmiemann, P. & Schoormans, G. (2007). *Biologie im Kontext – Erste Forschungsergebnisse*. *MNU*, 60 (5), 304-313.

- BLK – Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Heft 60. Bonn: BLK. Verfügbar unter <http://www.blk-bonn.de/materialien.htm> (06.01.09).
- Bos, W. & Tarnai, C. (1999). Content analysis in empirical social research. *International Journal of Educational Research*, 31, 659-671.
- Craik, R. I. M. & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology*, 104 (3), 268-294.
- Einsiedler, W. (1996). Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung in der Didaktik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 42 (2), 167-191.
- Freiman, Th. (2001). Kumulatives Lernen mithilfe von Erschließungsfeldern. *PdN-BioS* 7/50.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 867-888.
- Gläser-Zikuda, M. (2001). *Emotionen und Lernstrategien in der Schule. Eine Empirische Studie mit qualitativer Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz Deutscher Studien Verlag.
- Glemnitz, I. (2007). *Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen.
- Harms, U. & Bündler, W. (1999). Erläuterungen zu Modul 5: *Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen*. BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Verfügbar unter: http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/module/modul_5brkumulatives_lernen.html
- Holzkamp, K. (1991). Lehren als Lernbehinderung? *Forum Kritische Psychologie*, 27, 5-22.
- Holzkamp, K. (1993). *Lehren. Subjektwissenschaftliche Grundlegung*. Frankfurt a. M.: Campus.
- Jacobs, J. K., Kawanaka, T. & Stigler, J. W. (1999). Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching. *International Journal of Educational Research*, 31, 717-724.
- Jatzwauk, P. (2007). *Aufgaben im Biologieunterricht: eine Analyse der Merkmale und des didaktisch-methodischen Einsatzes von Aufgaben im Biologieunterricht*. Berlin: Logos.
- Jatzwauk, P., Rumann, S. & Sandmann, A. (2008). Der Einfluss des Aufgabeneinsatzes im Biologieunterricht auf die Lernleistung der Schüler – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 263-283.
- Kattmann, U. (1975). *Im Spannungsfeld biologie-didaktischer Curriculumsdiskussion. Eine Einführung in die Strukturierungsdebatte*. In: U. Kattmann & W. Isensee (Hrsg.), *Strukturen des Biologieunterrichts*. Bericht über das 6. IPN-Symposium. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Kattmann, U. (2003). *Vom Blatt zum Planeten – Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus*. In: B. Moschner, H. Kiper & U. Kattmann (Hrsg.), *PISA 2000 als Herausforderung: Perspektiven für Lehren und Lernen* (S. 115-137). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Kauertz, A. (2007). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungsaufgaben*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards – Eine Expertise* (Band 1). Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Kobarg, M. & Seidel, T. (2003). *Prozessorientierte Lernbegleitung im Physikunterricht*. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (S. 151-200). Kiel: IPN.
- Lind, G. & Sandmann, A. (2003). Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie*, 211 (4), 171-192.
- Magoon, A. J. (1977). Constructivist approaches in educational research. *Review of Educational Research*, 47 (4), 651-693.
- Messner, H. (1978). *Wissen und Anwenden*. Klett-Cotta.
- Mielke, R. (2001). *Psychologie des Lernens. Eine Einführung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Miyake, N. & Norman, D. A. (1979). To ask a question, one must know enough to know what is not known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 18, 357-364.
- MNU (2001). *Biologieunterricht und Bildung. Die besondere Bedeutung des Faches Biologie zur Kompetenzentwicklung bei Schülerinnen und Schülern. Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Biologieunterricht*. *MNU*, 54 (4), I-XIV, Beilage.

- Müller, C. T. & Duit, R. (2004). Die unterrichtliche Sachstruktur als Indikator für Lernerfolg– Analyse von Sachstrukturdiagrammen und ihr Bezug zu Leistungsergebnissen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 147-161.
- Neuhaus, B. & Vogt, H. (2008). Qualität der Lehrerausbildung und des Biologieunterrichts aus der Sicht von Biologielehrkräften. *MNU*, 61, 266-272.
- Okebukola, P.A. (1990). Attaining meaningful learning of concepts in genetics and ecology: an examination of the potency of the concept-mapping technique. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (4), 493-504.
- Osborne, R. J. & Wittrock, M. C. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). *Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse*. In: J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.), PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich (S. 191-248). Opladen: Leske & Budrich.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, R. (Hrsg.) (2007). *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann.
- Rakoczy, K. & Pauli, C. (2006). *Hoch inferentes Rating: Beurteilung der Qualität unterrichtlicher Prozesse*. In: E. Klieme, C. Pauli, K. Reusser (Hrsg.), Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“. Materialien zur Bildungsforschung (S. 206-233). Frankfurt am Main: DIPF/GFPF.
- Rimmele, R. (2002). *Videograph*. Multimedia-Player zur Kodierung von Videos. Kiel: IPN.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1992). Text-based and knowledge-based questioning by children. *Cognition and Instruction*, 9 (3), 177-199.
- Seidel, T. (2003). *Lehr-Lernskripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Lernprozesse – eine Videostudie im Physikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Stigler, J. W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S. & Serrano, A. (1999). *The TIMSS videotape classroom study. Methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States*. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- Sumfleth, E., Fischer, H. E., Glemnitz, I. & Kauertz, A. (2006). *Ein Modell vertikaler Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht*. In: A. Pitton (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Lehren und Lernen mit neuen Medien. Münster: Lit.
- Wadouh, J. (2007). *Vernetzung und kumulatives Lernen im Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen.
- Wallace, J. & Mintzes, J.J. (1990). The concept map as a research tool : exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (10), 1033-1052.
- Widodo, A. (2004). *Constructivist oriented science classrooms: the learning environment and the teaching and learning process*. Kiel: IPN.
- Wild, E., Hofer, M. & Pekrun, R. (2001). Psychologie des Lerner. In A. Krapp & B. Weidemann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz Psychologie Verlag Union.
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process. *Educational Psychologist*, 11, 87-95.
- Wittrock, M. C. (1978). The cognitive movement in instruction. *Educational Psychologist*, 13, 15-29.
- Wittrock, M. C. (1986). *Handbook of research on teaching*. Third edition. Macmillan Publishing Company, New York.
- Wittrock, M. C. (1990). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24 (4), 345-376.
- Wittrock, M. C. (1991). Generative teaching of comprehension. *The Elementary School Journal*, 92 (2), 169-184.
- Wittrock, M. C. (1992). Generative learning processes of the brain. *Educational Psychologist*, 27 (4), 531-541.

Kontakt

Julia Wadouh

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen

Fachbereich Biologie und Geographie

Fachgruppe Didaktik der Biologie

Universitätsstraße 5

45141 Essen

julia.wadouh@uni-due.de

Autoreninformationen

Julia Wadouh, Dr. rer. nat., promovierte im DFG-Graduiertenkolleg „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen und ist zurzeit wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe Didaktik der Biologie an der Universität Duisburg-Essen.

Prof. Dr. Angela Sandmann ist Professorin für Didaktik der Biologie an der Universität Duisburg-Essen und Mitglied der DFG-Forscherguppe und des Graduiertenkollegs Naturwissenschaftlicher Unterricht. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Lern- und Problemlösestrategien/ Expertiseentwicklung in Biologie, Kompetenzdiagnose/ -entwicklung und kontextorientiertes Lernen sowie Videoanalyse und Unterrichtsqualität im Fach Biologie.

Prof. Dr. Birgit Neuhaus ist Professorin für Didaktik der Biologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München und Mitglied der DFG-Forscherguppe und des Graduiertenkollegs Naturwissenschaftlicher Unterricht. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der fachspezifischen Unterrichtsqualitätsforschung, fachspezifischen Analysen zur Lehrerprofessionalisierung und der videobasierten Unterrichtsforschung

