

Begründung eines an Basiskonzepten orientierten Unterrichts



KATHARINA NACHREINER – MICHAEL SPANGLER – BIRGIT J. NEUHAUS

Viele Lehrkräfte behaupten, wenn man sie mit der Idee des Unterrichts nach Basiskonzepten im Fach Biologie konfrontiert, schon immer mit ihnen unterrichtet zu haben. Zu Recht: Basiskonzepte sind keine Neuerung der Bildungsstandards, sondern sind als grundlegende Prinzipien dem Fach Biologie immanent. Zudem basiert ein nach Basiskonzepten strukturierter Biologieunterricht auf bekannten lernpsychologischen Theorien, die zum Teil schon lange im Unterricht berücksichtigt werden. Neu ist lediglich, dass die Basiskonzepte explizit von der Bildungsadministration vorgegeben werden. In MNU 3/2014 haben wir beschrieben, wie die Planung eines nach Basiskonzepten orientierten Unterrichts praktisch aussehen könnte (NEUHAUS, NACHREINER, OBERBEIL & SPANGLER, 2014). Im Folgenden möchten wir die theoretischen Grundlagen, auf denen ein an Basiskonzepten orientierter Unterricht aufbaut, zusammenfassend darstellen.

1 Einleitung

Seit der Einführung der Basiskonzepte durch die Bildungsstandards (KMK, 2005) herrscht Uneinigkeit, auf welche Art und Weise mit diesen Konzepten im Biologieunterricht umgegangen werden soll. Dabei sind Basiskonzepte keine Neuerung, denn schon seit den 1970er Jahren gab es Bestrebungen den Biologieunterricht nach grundlegenden Prinzipien zu gestalten (KATTMANN & ISENSEE, 1977). Konkret wurden als Strukturierungshilfen beispielsweise universelle Lebensprinzipien (SCHAEFER, 1990) und Erschließungsfelder (BALLMANN et al., 2002) vorgeschlagen. Sie überschneiden sich teilweise mit den Basiskonzepten der Bildungsstandards (KMK, 2005) und denen der Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (EPAs) (KMK, 2004), die von der Bildungsadministration vorgegeben werden.

In allen Beiträgen zum Unterrichten mit grundlegenden Prinzipien der Biologie, werden diese Prinzipien als Strukturierungshilfe für den Unterricht beschrieben, mit dem Ziel, die Vernetzung der Unterrichtsinhalte im Sinne eines kumulativen Lernens zu fördern (u. a. BALLMANN, et al. 2002; BEYER, 2006; LICHTNER, 2012; NEUHAUS, et al., 2014; SCHAEFER, 1990; SCHMIEMANN, LINSNER, WENNING & SANDMANN, 2012). Die Vernetzung biologischer Inhalte im Rahmen des Biologieunterrichts scheint ein besonders wichtiges Ziel, da sich gerade der Biologieunterricht aus einer Menge isolierter Fakten zusammensetzt (WADOUH, LIU, SANDMANN & NEUHAUS, 2014). Somit lassen sich die Basiskonzepte metaphorisch als »Grammatik der Biologie« beschreiben, denn sie geben als Strukturierungshilfe des Unterrichts einen Rahmen vor, in welchem die Fachinhalte in Beziehung gesetzt und gelernt werden sollen. Dieser Rahmen variiert nicht mit dem Thema, sondern bleibt als abstrahiertes Prinzip über die Inhalts- und Themenbereiche der Biologie gleich. Bisher fehlt es aber an theoretischen Erklärungen, warum ein nach grundlegenden Prinzipien strukturierter Biologieunterricht zu einem besseren Verständnis der Unterrichtsinhalte durch die Schülerinnen und Schüler führen kann. Mit diesem Beitrag soll versucht werden, bekannte psychologische Theorien zusammen zu führen, darauf aufbauend das Lernen von und mit Konzepten zu beschreiben und damit die Grundlage eines an Basiskonzepten orientierten Unterrichts zu erläutern.

Im Folgenden wird zunächst der Konzeptbegriff genauer betrachtet. Im Anschluss sollen die für das Lernen von und mit Konzepten wesentlichen Bestandteile der Conceptual-Change- und der Cognitive-Load-Theorie vorgestellt und Gemeinsamkeiten betont werden. Abschließend wird der Unterricht mit den Basiskonzepten in die Dimension der Komplexität des Kompetenzmodells eingeordnet, das im Rahmen der Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I (ESNaS) vom IQB in Berlin genutzt wird (KAUERTZ et al., 2010; PANT, 2013), eingeordnet und daraus Empfehlungen für den Unterricht abgeleitet.

2 Der Konzeptbegriff

Wie der Terminus *Basiskonzept* verrät, geht es beim Unterrichten mit Basiskonzepten um das Lernen von und mit Konzepten. In der Kognitionspsychologie wird der Begriff Konzept oft synonym mit den Begriffen *mentales Modell*, *mentale Repräsentation* oder *Schema* verwendet (SÄLJÖ, 1999). Es handelt sich damit bei Konzepten um im Gedächtnis von Individuen gespeicherte Wissensstrukturen, die in Form hierarchisch aufgebauter Concept Maps visualisiert werden können. Dieses Modell wird genutzt, um den Aufbau eines Konzepts zu beschreiben: Ein Konzept besteht aus untereinander in Beziehung gesetzten Begriffen. Die Komplexität dieses Netzes verändert sich im Laufe des Lebens durch Erfahrungen und Lernprozesse. Einzelne Konzepte sind untereinander wiederum unterschiedlich stark verbunden. Diese rein strukturelle Auffassung des Konzeptbegriffs ist ursprünglich von PIAGET (1947) geprägt worden.

Es wird diskutiert, dass das Verständnis von Konzepten allein unter strukturellen Komponenten nicht ausreichend ist. Als ein ergänzendes Merkmal von Konzepten wird die Zuordnung zu bestimmten Situationen, in denen das Konzept angewandt werden kann und die Abgrenzung zu Situationen, in denen das Konzept nicht zu tragen kommt, aufgeführt (NUNES, 1999; SÄLJÖ, 1999; VERGNAUD, 1985). SÄLJÖ (1999) beschreibt Konzepte in einer weit gefassten Definition als Hilfsmittel, mit denen sich die Menschen Ereignisse erschließen, die auf verschiedene Art und Weise interpretiert werden können. Vergleichbar argumentieren DISSA und SHERIN (1998), wenn sie verschiedene

Konzeptklassen identifizieren: Es besteht ein Unterschied zwischen kategorieähnlichen Konzepten, wie Hund oder Pflanze, und abstrakteren Konzepten, wie Kraft oder Energie. Erstere werden auf rein struktureller Ebene, als eine Sammlung von Begriffen, welche die Einordnung eines Gegenstandes oder einer Situation in eine bestimmte Kategorie erlaubt, verstanden. Letzteres sind wichtige Konzepte für das Verständnis der Naturwissenschaften, die »Coordination Classes« genannt werden (DISSA & SHERIN, 1998; WITTMANN, 2002). Hier wird betont, dass diese sich zum einen durch ein kausales, im Gedächtnis gespeichertes Wissensnetz und zum anderen durch Strategien der Informationsaufnahme und -interpretation auszeichnen (DISSA & SHERIN, 1998). Dieses ergänzende Merkmal scheint, neben der rein strukturellen Beschreibung der Wissensorganisation, für Basiskonzepte ebenso bedeutsam. Gerade durch die Analyse verschiedener Themenbereiche, jeweils aus dem Blickwinkel der einzelnen Basiskonzepte, soll es den Lernenden möglich sein, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede verschiedener Themen sowie den Zusammenhang der Basiskonzepte untereinander zu erkennen (vgl. BEYER, 2006; SCHMIEMANN et al., 2012; NEUHAUS et al., 2014). Auf diese Weise nähert man sich sukzessive dem Ziel eines vernetzten, biologischen Wissens.

Ein weiteres Merkmal von Konzepten ist das Sprach- und Zeichensystem, das im Denken und in der Kommunikation über Konzepte genutzt wird (NUNES, 1999; VERGNAUD, 1985). Dieser Punkt schließt in Hinblick auf die Basiskonzepte die Bedeutung korrekter Fachbegriffe ein: Um ein Konzept beherrschen zu können, muss die Fachsprache gelernt und korrekt zur Erklärung von Zusammenhängen verwendet werden können. Dieser Punkt ist insbesondere deswegen bedeutsam, als dass viele Lehrkräfte im Zuge der Kompetenzorientierung und des Lernens mit den Basiskonzepten befürchten, dass das fachliche Wissen an Bedeutung verliert. Aber im Gegenteil, die gezielte Auswahl wichtiger, für das Verständnis notwendiger, fachlicher Begriffe und deren korrekte Verwendung, gewinnt durch das Unterrichten mit den Basiskonzepten an Bedeutung. Denn nur so kann durch die Basiskonzepte ein solides Fachwissen erworben werden und, zusammen mit den erst genannten Merkmalen eines Konzepts, ein ganzheitliches biologisches Verständnis im Sinne des kumulativen Lernens bei den Lernenden entstehen (KATTMANN, 2001; KMK, 2005; SCHMIEMANN et al., 2012).

Zusammengefasst setzen sich damit die Basiskonzepte nach unserem Verständnis aus drei Merkmalen zusammen: (1) der kognitiven Wissensstruktur, (2) Strategien zur Informationssentnahme und -integration sowie (3) der zugehörigen Fachsprache. Damit werden die Basiskonzepte der Biologie (KMK, 2005) als Werkzeuge oder Strategien verstanden, die helfen, biologische Phänomene wahrzunehmen und zu interpretieren und sie in einen umfassenden biologischen Zusammenhang einzuordnen.

Nachdem der Begriff des Konzepts beleuchtet wurde, soll im nächsten Schritt auf die Entwicklung von Konzepten eingegangen werden. Es stellt sich die Fragen, wie Lernende über die Schulzeit Basiskonzepte erlernen und damit umgehen können.

3 Lernen von Konzepten nach der Conceptual-Change-Theorie

Die Conceptual-Change-Theorie ist eine der bekanntesten Lerntheorien, die sich mit dem Aufbau und der (Neu-)Organisation von Konzepten in verschiedenen Domänen beschäftigt. Vertreter dieser Forschungslinie setzen sich mit der Struktur vorunterrichtlicher Vorstellungen und wissenschaftlich adä-

quater Konzepte sowie deren Entwicklung auseinander. Dabei gibt es unterschiedliche Ansätze zum Aufbau der vorunterrichtlichen, naiven Vorstellungen.

VOSNIADOU (1994) vertritt den Rahmentheorie- oder Kohärenzansatz, der naive, vorunterrichtliche Vorstellungen als kohärente, theorieähnliche Wissensstrukturen sieht. Beim Lernen der wissenschaftlichen Konzepte wird das vorhandene Wissensnetz komplett oder teilweise umorganisiert und dabei werden neue Begriffe und Verknüpfungen hinzugefügt, so dass das wissenschaftliche Konzept schrittweise erreicht wird (ÖZDEMİR & CLARK, 2007; KLEICKMANN, HARDY, POLLMEIER & MÖLLER, 2011; VOSNIADOU, 1994; VOSNIADOU, VAMVAKOUSSI & SKOPELITI, 2008).

Im Fragmentierungsansatz dagegen wird die Wissensstruktur von Laien in einer Wissenschaftsdomäne als eine Ansammlung vieler kleiner, unverbundener Wissens Elemente verstanden, die je nach Situation und Aufgabe intuitiv in unterschiedlichen Kombinationen aktiviert werden (DISSA, GILLESPIE & ESTERLY, 2004; DISSA & SHERIN, 1998; ÖZDEMİR & CLARK, 2007). Beim Lernen der wissenschaftlichen Konzepte werden die dafür relevanten Wissens Elemente aktiviert und ihre Beziehung durch die grundlegenden Konzepte verdeutlicht (ÖZDEMİR & CLARK, 2007).

Die beiden Ansätze sind sich in einzelnen Punkten einig, wie zum Beispiel der großen Bedeutung des Vorwissens, das im Unterricht aufgegriffen werden soll, um darauf aufzubauen. Dies steht in einer Linie mit einer konstruktivistischen Sichtweise des Lernens (u. a. DUIT, 1995). Jeder Lernprozess baut auf den vorhandenen Vorstellungen der Lernenden auf, knüpft an diese an und erweitert oder verändert sie. Unterschiede zeigen sich im Hinblick auf die Anforderungen, die der jeweilige Ansatz an die Gestaltung des Unterrichts stellt (DISSA et al., 2004; KLEICKMANN et al., 2011; ÖZDEMİR & CLARK, 2007). So sollte ein Unterricht, der dem Kohärenzansatz folgt, einen kognitiven Konflikt aufwerfen, damit der Lernende durch Unzufriedenheit mit seiner augenblicklichen Vorstellung anstrebt, das passende wissenschaftliche Konzept zur Erklärung heranzuziehen. Dabei werden vorhandene Wissensstrukturen umgebaut oder erweitert (CHINN & BREWER, 1993; ÖZDEMİR & CLARK, 2007; POSNER, STRIKE, HEWSON & GERTZOG, 1982). Aufgabe der Lehrkraft ist es nach diesem Ansatz, die Differenz zwischen der vorunterrichtlichen und wissenschaftlich adäquaten Vorstellung zu verringern, damit die Neustrukturierung des Wissens möglichst leicht fällt (KLEICKMANN et al., 2011; VYGOTSKY, 1978). Geht man von einem fragmentierten Wissen der Lernenden aus, so bedeutet das für den Unterricht, dass man den Lernenden zunächst die einzelnen Bestandteile ihres Wissens bewusst machen sollte und dann deren Zusammenhang auf der Ebene abstrakter Prinzipien durch Anwendung in passenden Situationen und Aufgaben verdeutlichen sollte (KLEICKMANN, et al., 2011; ÖZDEMİR & CLARK, 2007). Es ist davon auszugehen, dass sich die beiden Ansätze nicht ausschließen, sondern dass beide Theorien, je nach Wissensstand der Lernenden, zutreffend sind (SCHNEIDER & HARDY, 2013). Neulinge in einem Fachgebiet weisen oft ein fragmentiertes Wissen auf, weil sie Ähnlichkeiten und Unterschiede an oberflächlichen Merkmalen festmachen, während Experten einer Domäne zugrunde liegende abstrahierte Prinzipien und Konzepte zur Einordnung von Problemen heranziehen (SCHNEIDER & HARDY, 2013; SWELLER, 1988, VAN MERRIEMBOER & SWELLER, 2005).

Es ist anzunehmen, dass Lernende zu Beginn des Fachunterrichts ein größtenteils fragmentiertes Wissen vorweisen (SCHNEIDER & HARDY, 2013). Für einen basiskonzeptorientierten Unterricht bedeutet das, dass die einzelnen Elemente angesprochen und in Zusammenhänge eingeordnet und den Basiskonzepten zugewiesen werden müssen. Durch wiederholtes Ansprechen der Zusammenhänge und deren Ausdiffe-

renzierung über die Schulzeit entwickelt sich sukzessive das angestrebte, ganzheitliche biologische Verständnis (vgl. KMK, 2005; SCHMIEMANN et al., 2012).

4 Cognitive-Load-Theorie und die Strukturierung des Biologieunterrichts

Mit der kognitiven Belastung durch Aufgabenstellungen und Unterrichtsmethoden und dem Unterschied in Wissensstrukturen zwischen Laien und Experten beschäftigt sich die Cognitive-Load-Theorie (KIRSCHNER, SWELLER & CLARK, 2006; SWELLER, 1988; VAN MERRIEMBOER & SWELLER, 2005). Zentraler Aspekt in dieser Theorie ist die limitierte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses mit bis zu sieben Wissensseinheiten (Chunks) gleichzeitig (ATKINSON & SHIFFRIN, 1968; BADDELEY, 1976; SWELLER, 1988). Entscheidend ist dabei, dass dieses Limit nur für neue Informationen gilt, nicht für bekannte Begriffe oder Konzepte aus dem Langzeitgedächtnis. Expertise, im Sinne hoher fachlicher Kompetenz, in einem Fachgebiet, zeichnet sich durch eine hohe Komplexität und einen hohen Grad an Automatisierung der im Langzeitgedächtnis gespeicherten Schemata aus (VAN MERRIEMBOER & SWELLER, 2005). Wird ein Experte oder Fortgeschrittener mit einer Aufgabenstellung konfrontiert, so kann er auf grundlegende Konzepte zurückgreifen und sie zur Lösung der Aufgabe verwenden. Dies unterstreicht die anfangs aufgeführten Merkmale eines Konzepts: Es bedarf nicht nur bestimmter gespeicherter Wissensstrukturen, sondern auch Strategien, wie mit diesem Wissen umgegangen werden muss (DI SESSA & SHERIN, 1998; SÄLJÖ, 1999). Laien fehlen diese abstrahierten Konzepte, so dass sie vor einer großen Zahl unsystematischer Begriffe und Zusammenhänge stehen. Ihre Kapazität des Arbeitsgedächtnisses wird schnell durch die Suche nach dem korrekten Lösungsweg eingenommen und es bleibt kein Platz für die Aufnahme und Speicherung relevanter Begriffe und Konzepte (KIRSCHNER, SWELLER & CLARK, 2006; SWELLER, 1988; VAN MERRIEMBOER & SWELLER, 2005). Das bedeutet, dass für das Lernen grundlegender Konzepte eine gut überlegte Instruktion der Lehrkraft nötig ist (KIRSCHNER, SWELLER & CLARK, 2006), die neben domänenspezifischem Wissen grundlegende Prinzipien des Fachs betonen sollte (KALYUGA, RENKL & PAAS, 2010). In empirischen Studien zeigte sich, dass Lernen erfolgreicher ist, wenn den Lernenden gezeigt wird, auf welche Art und Weise mit dem neuen Lernstoff umgegangen werden soll, anstelle die Lernenden mit einer offenen Problemstellung zu konfrontieren, bei deren Lösung sie selbstständig den Lernstoff erwerben sollen (KLAHR & NIGAM, 2004). Außerdem wiesen unerfahrene Lernende beim Arbeiten ohne Beispielaufgaben, die exemplarisch, Schritt für Schritt den Lösungsweg vorführen, eine höhere kognitive Belastung auf, als Lernende mit Beispielaufgaben (TUOVINEN & SWELLER, 1999). In der gleichen Studie stellten TUOVINEN und SWELLER (1999) fest, dass sich bei fortgeschrittenen Lernenden kein Unterschied im Lernen mit und ohne Beispielaufgaben zeigte. Für das Unterrichten mit Basiskonzepten ergibt sich daraus, dass gerade bei jüngeren Schülerinnen und Schülern oder bei der Einführung neuer Konzepte, eine klare Strukturierung und Führung durch die Lehrkraft nötig ist. Diese ermöglicht es den Lernenden, durch gezielte Fragestellung und Modellierung der Gedankenschritte, die wesentlichen Aspekte und den Umgang mit den Basiskonzepten zu erlernen.

5 Einordnung in das Kompetenzmodell zur Überprüfung der Bildungsstandards

Konkret verändert sich in einem an Basiskonzepten orientierten Unterricht das Komplexitätsniveau. Komplexität ist ein

schwierigkeitsbestimmendes Aufgabenmerkmal, das eine Dimension im Kompetenzmodell der Evaluation der Bildungsstandards (ESNaS) bildet (KAUERTZ et al., 2010; PANT, 2013; WALPUSKI, KAMPA, KAUERTZ & WELLNITZ, 2008). Sie nimmt in 5 Stufen von einem Fakt über zwei Fakten, einem Zusammenhang über mehrere Zusammenhänge bis hin zum übergeordneten Konzept zu (KAUERTZ, 2008; KAUERTZ et al., 2010; SUMFLETH, FISCHER, GLEMNITZ & KAUERTZ, 2006) (Abb. 1).



Abb. 1. Vereinfachte Darstellung der Verbindung von Fakt, Zusammenhang und Konzept in Anlehnung an das Kompetenzmodell der Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I (ESNaS) (FISCHER, GLEMNITZ, KAUERTZ & SUMFLETH, 2006; KAUERTZ, 2008; SUMFLETH et al., 2006).

Basiskonzepte sind in diesem Modell auf der Stufe des übergeordneten Konzepts einzuordnen, denn mit übergeordnetes Konzept sind »Zusammenhänge so generalisiert beschrieben, dass sie von der konkreten Situation unabhängig anwendbar sind« (KAUERTZ et al., 2010, S. 143). Ein Unterricht, der sich an Basiskonzepten orientiert, stellt damit automatisch andere Anforderungen an Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler, als ein rein auf Faktenvermittlung ausgerichteter Unterricht.

6 Kontexte zur Förderung des Interesses und der Anwendbarkeit des Gelernten

Dadurch, dass Konzepte unabhängig von der jeweiligen Situation sind (u. a. SÄLJÖ, 1999), besteht die Gefahr, dass sich neben der Komplexität eines an Basiskonzepten orientierten Unterrichts, der man durch klare Strukturierung begegnet, auch dessen Abstraktionsgrad verändert. Mit zunehmender Abstraktion des Lernstoffes geht für die Schülerinnen und Schüler der Bezug zu ihrem Alltag verloren (u. a. BENNETT, LUBBEN & HOGARTH, 2009; HAUGWITZ, 2009; FINKELSTEIN, 2005). Daher ist es wichtig, den Bezug zu den Fachinhalten nicht zu verlieren und die Anwendbarkeit der Konzepte in konkreten Situationen zu zeigen (Abb. 2).

Wenn Schülerinnen und Schüler auf diese Weise die Fachinhalte und zugrunde liegenden Konzepte als bedeutsam und relevant erleben, kann dies zusätzlich das Interesse fördern (GILBERT, BULTE & PILOT, 2011; VAN VORST, 2013). Diese Ziele werden mit dem Einsatz von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht verfolgt, und sie wurden vielfach bestätigt (u. a. BENNETT, LUBBEN & HOGARTH, 2006; FINKELSTEIN, 2005; PARCHMANN et al., 2007; SENNEBOGEN, 2013). Es geht darum, Fachinhalte und Basiskonzepte in verschiedenen Kontexten, im Sinne authentischer und relevanter Situationen, anzuwenden und dadurch zusätzlich die Allgemeingültigkeit der Ba-

siskonzepte über die verschiedenen Themenbereiche hinweg zu betonen. Im Bereich der Biologie sind Kontext und Unterrichtsinhalt oftmals schwer zu trennen (HAUGWITZ, 2009), was an der fachimmanenten Lebensnähe der Biologie liegt. Daher empfehlen wir, den Begriff »Kontext« im Sinne problemorientierter Fragestellungen zu verwenden (vgl. GIJBELS, DOCHY, VAN DEN BOSSCHEN & SEGERS, 2005; HMELO-SILVER, 2004). Zu Beginn des Unterrichts wird eine klar auf eine Situation bezogene Problemstellung aufgeworfen, die vom Lernenden durch Erwerb neuen Wissens und Anwendung von Konzepten gelöst werden kann. Das Üben der Konzepte in verschiedenen Kontexten fördert das konzeptuelle Verständnis, da auf diesem Weg die Anwendbarkeit und Nützlichkeit demonstriert werden kann (u. a. DISSA & SHERIN, 1998; HMELO-SOLVER, 2004; NACHREINER, SPANGLER & NEUHAUS, 2015; POSNER, STRIKE, HEWSON & GERTZOG, 1982; SENNEBOGEN, 2013).

7 Fazit

Aus dem Verständnis des Konzeptbegriffs sowie den Theorien zum Konzeptwechsel und zur kognitiven Belastung der Lernenden im Umgang mit neuen Informationen lassen sich folgende Empfehlungen für einen basiskonzeptorientierten Unterricht ableiten: Es gilt das Vorwissen der Lernenden zu aktivieren und aufzugreifen. Nur mit der vorhandenen Wissensstruktur der Lernenden kann konstruktiv gearbeitet werden. Basiskonzeptorientierter Unterricht fordert eine klare Strukturierung durch die Lehrkraft, damit die Schülerinnen und Schüler erkennen, auf welche Begriffe, Zusammenhänge und Konzepte sie achten müssen und damit sie die Strategien erlernen, die für ein selbstständiges Arbeiten auf Grundlage der Basiskonzepte nötig sind. Zur Erprobung eines solchen Unterrichts wurden bereits Unterrichtseinheiten, basierend auf den im MNU-Beitrag »Basiskonzepte zur Planung von Biologieunterricht« vorgestellten Grundlagen (NEUHAUS et al., 2014), entwickelt: Zum einen für die Grundschule zu den unterschiedlichen Lebensräumen von Klasse 1 bis 4 und zum anderen, für den Unterricht am Gymnasium zu den Themen Haut (5. Jgst.), Immunbiologie (9. Jgst.) und Ökologie (10. Jgst.). Die Evaluation dieser Unterrichtseinheiten findet im Schuljahr 2014/2015 statt (DECKELMANN et al., in Vorbereitung; NACHREINER et al., in Vorbereitung). Weitere Forschung muss klären, inwieweit sich die einzelnen Basiskonzepte in einem Kompetenzstrukturmodell beschreiben lassen und ob es Stufen des Konzeptverständnisses gibt, die es im Verlauf des Unterrichts über die Schuljahre zu berücksichtigen gilt.

Literatur

- ATKINSON, R. C. & SHIFFRIN, R. M. (1968). Chapter: Human memory: A proposed system and its control processes. In: SPENCE, K. W. & SPENCE, J. T. (Hg.): *The psychology of learning and motivation* (S. 89–195). New York: Academic Press.
- BADDELEY, A. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 1–29. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100422
- BALLMANN, R., DIECKMANN, R., FREIMANN, TH., LANGLET, J., OHLY, K.-P., SAATHOFF, ... LICHTNER, H.-D. (2002). *Weniger (Additives) ist mehr (Systematisches). Kumulatives Lernen. Handreichung für den Biologieunterricht in den Jahrgängen 5–10*. München: VdBiol.
- BENNETT, J., LUBBEN, F. & HOGARTH, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347–370. doi:10.1002/sce.20186
- BEYER, I. (2006). *Natura: Basiskonzepte – Sekundarstufe I und II*. Stuttgart, Leipzig: Klett-Schulbuchverlag.
- CHINN, C. A. & BREWER, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science education. *Review of Educational Research*, 63(1), 1–49.
- DISSA, A. A., GILLESPIE, N. M. & ESTERLY, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28(6), 843–900. doi: 10.1207/s15516709cog2806_1
- DISSA, A. A. & SHERIN, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155–1191.
- DUIT, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 905–926.
- FINKELSTEIN, N. (2005). Learning Physics in Context: A study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1187–1209. doi:10.1080/09500690500069491

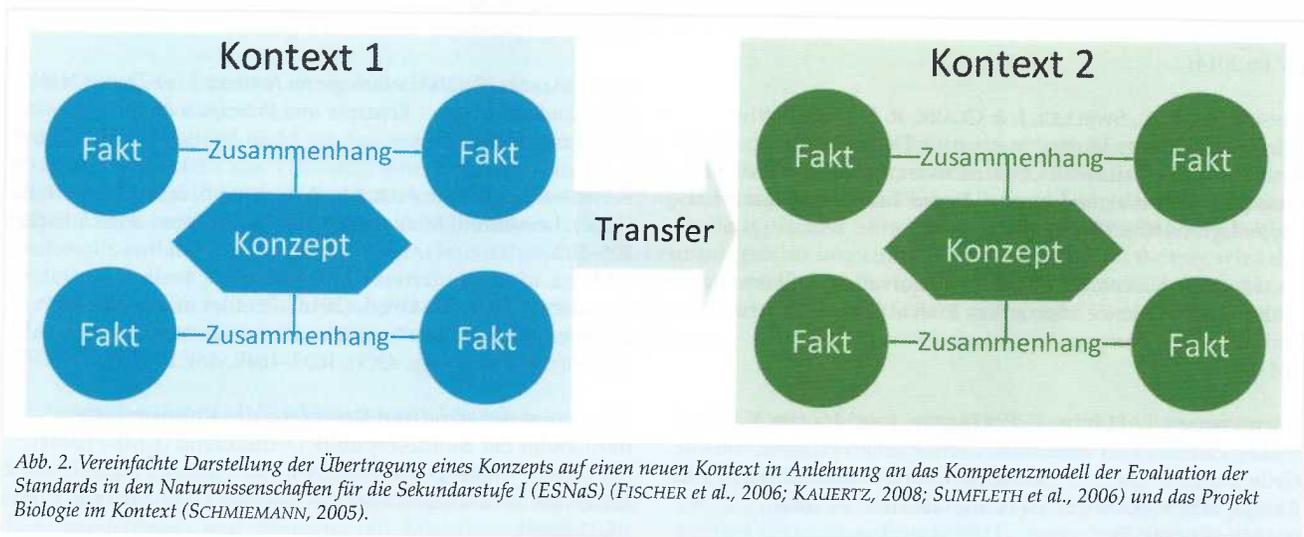


Abb. 2. Vereinfachte Darstellung der Übertragung eines Konzepts auf einen neuen Kontext in Anlehnung an das Kompetenzmodell der Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I (ESNaS) (FISCHER et al., 2006; KAUERTZ, 2008; SUMFLETH et al., 2006) und das Projekt Biologie im Kontext (SCHMIEMANN, 2005).

- FISCHER, H. E., GLEMNITZ, I., KAUERTZ, A. & SUMFLETH, E. (2006). Auf Wissen aufbauen – kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In: E. KIRCHER, R. GIRWIDZ & P. HÄUSSLER (Hg.): *Physikdidaktik – Theorie und Praxis*. Berlin: Springer
- GIJBELS, D., DOCHY, F., VAN DEN BOSSCHE, P. & SEGERS, M. (2005). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis From the Angle of Assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27–61. doi:10.3102/00346543075001027
- GILBERT, J. K., BULTE, A. M. & PILOT, A. (2011). Concept Development and Transfer in Context-Based Science Education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817–837. doi:10.1080/09500693.2010.493185
- HAUGWITZ, M. (2009). *Kontextorientiertes Lernen und Concept Mapping im Fach Biologie.: Eine experimentelle Untersuchung zum Einfluss auf Interesse und Leistung unter Berücksichtigung von Moderationseffekten individueller Voraussetzungen beim kooperativen Lernen* (Dissertation). Verfügbar unter <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/serolets/DozBibEntrySerolet?mode=show&id=25266> (27.06.2014)
- HMELO-SILVER, C. (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*, 28(1), 127–138. doi:10.1016/S0364-0213(03)00065-X
- KALYUGA, S., RENKL, A. & PAAS, F. (2010). Facilitating flexible problem solving: A cognitive load perspective. *Educational Psychology Review*, 22(2), 175–186. doi: 10.1007/s10648-010-9132-9
- KATTMANN, U. (2003). Vom Blatt zum Planeten. Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus. In: B. MOSCHNER, H. KIPER & U. KATTMANN (Hg.): *PISA 2000 als Herausforderung* (S. 115–137). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- KATTMANN, U. & ISENSEE, W. (Hg.) (1977). *Strukturen des Biologieunterrichts*. Köln: Aulis.
- KAUERTZ, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos.
- KAUERTZ, A., FISCHER, H. E., MAYER, J., SUMFLETH, E. & WALPUSKI, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–153. Verfügbar unter <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdnl/jg16.html> (27.06.2014)
- KIRSCHNER, P. A., SWELLER, J. & CLARK, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- KLAHR, D. & NIGAM, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661–667.
- KLEICKMANN, T., HARDY, I., POLLMEIER, J. & MÖLLER, K. (2011). Zur Struktur naturwissenschaftlichen Wissens von Grundschulkindern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43(4), 200–212. doi: 10.1026/0049-8637/a000053
- LICHTNER, H.-D. (2012). Basiskonzepte – eine Einführung in das Denken in Konzepten. Verfügbar unter <http://www.biologieunterricht.homepage.t-online.de/Biodateien/basis.html> (27.06.2014)
- NACHREINER, K., SPANGLER, M. & NEUHAUS, B. (2015). Basiskonzepte und problemorientierte Kontexte im Biologieunterricht. In D. KRÜGER, P. SCHMIEMANN, A. DITTMER & A. MÖLLER (Hg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 13*. Trier. Verfügbar unter <http://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/didaktik/Erkenntnisweg/2014/index.html> (11.03.2015)
- NEUHAUS, B., NACHREINER, K., OBERBEIL, I. & SPANGLER, M. (2014). Basiskonzepte zur Planung von Biologieunterricht. *MNU*, 67(3), 160–163.
- NUNES, T. (1999). Systems of Signs and Conceptual Change. In: W. SCHNOTZ, S. VOSNIADOU & M. CARRETERO (Hg.): *New perspectives on conceptual change* (S. 67–80). Oxford, New York: Pergamon.
- ÖZDEMİR, G. & CLARK, D. B. (2007). An Overview of Conceptual Change Theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 351–361.
- PANT, H. A. (Ed.). (2013). *IQB-Ländervergleich 2012: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster, Berlin [u. a.]: Waxmann.
- PARCHMANN, I., GRÄSEL, C., BAER, A., NENTWIG, P., DEMUTH, R. & RALLE, B. (2006). »Chemie im Kontext«: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1041–1062. doi:10.1080/09500690600702512
- PIAGET, J. (1947). *The psychology of intelligence*. London: Routledge.
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- SCHAEFER, G. (1990). Die Entwicklung von Lehrplänen für den Biologieunterricht auf der Grundlage universeller Lebensprinzipien. *MNU*, 43(8), 471–480.
- SALJÖ, R. (1999). Concepts, Cognition and Discourse: From Mental Structures to Discursive Tools. In: W. SCHNOTZ, S. VOSNIADOU & M. CARRETERO (Hg.): *New perspectives on conceptual change* (S. 81–90). Oxford: Pergamon.
- SCHMIEMANN, P. (2005). *Biologie im Kontext – Set-Treffen NRW. Mit Standards lernen – Konzepte und Prinzipien im Biologieunterricht*. Unveröffentlicht.
- SCHMIEMANN, P., LINSNER, M., WENNING, S. & SANDMANN, A. (2012). Lernen mit biologischen Basiskonzepten. *MNU*, 65(2), 105–109.
- SCHNEIDER, M. & HARDY, I. (2013). Profiles of inconsistent knowledge in children's pathways of conceptual change. *Developmental Psychology*, 49(9), 1639–1649. doi: 10.1037/a0030976
- Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie: (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i. d. F. vom 05.02.2004)*.

Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10): [Beschluss vom 16.12.2004]. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. München, Neuwied: Luchterhand.

SENNEBOGEN, S. (2013). *Kooperatives Lernen mit Wettbewerb im Biologieunterricht: Entwicklung und Evaluation biologischer Egg-Races als problem- und kontextorientierte Unterrichtseinheiten mit Kleingruppenwettbewerb*. Berlin: Logos.

SUMFLETH, E., FISCHER, H. E., GLEMNITZ, I. & KAUERTZ, A. (2006). Ein Modell vertikaler Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: A. PITTON (Hg.): *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Lehren und Lernen mit neuen Medien*. Münster: Lit.

SWELLER, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. doi:10.1016/0364-0213(88)90023-7

TUOVINEN, J. E. & SWELLER, J. (1999). A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 334–341.

VAN MERRIEMBOER, J. J. G. & SWELLER, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147–177. doi: 10.1007/s10648-005-3951-0

VAN VORST, H. (2013). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 145*. Berlin: Logos.

VERGNAUD, G. (1985). Concepts et schémas dans une théorie opératoire de la représentation. *Psychologie française*, 30, 245–252.

VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45–69.

VOSNIADOU, S., VAMVAKOUSSI, X. & SKOPELITI, I. (2008). The Framework Theory Approach to the Problem of Conceptual Change. In: S. VOSNIADOU (Hg.): *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 3–34). New York, NY: Routledge.

VYGOTSKY, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge: Harvard University Press.

WADOUH, J., LIU, N., SANDMANN, A. & NEUHAUS, B. J. (2014). The Effect of Knowledge Linking Levels in Biology Lessons upon Students' Knowledge Structure. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(1), 25–47. doi:10.1007/s10763-012-9390-8

WALPUSKI, M., KAMPA, N., KAUERTZ, A. & WELLNITZ, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *MNU*, 61(6), 323–326.

WITTMANN, M. C. (2002). The object coordination class applied to wave pulses: Analysing student reasoning in wave physics. *International Journal of Science Education*, 24(1), 97–118.

KATHARINA NACHREINER, Lehrstuhl für Didaktik der Biologie, LMU München, Winzererstr. 45/II, 80797 München, katharina.nachreiner@biologie.uni-muenchen.de – MICHAEL SPANGLER, Lehrstuhl für Didaktik der Biologie, LMU München, Winzererstr. 45/II, 80797 München – Prof. Dr. BIRGIT NEUHAUS, Lehrstuhl für Didaktik der Biologie, LMU München, Winzererstr. 45/II, 80797 München. ■

Sprachliches und fachliches Lernen im Experimentalunterricht



CANA BAYRAK – LUDGER HOFFMANN – BERND RALLE

Protokollieren gehört nicht zu den beliebten Tätigkeiten von Schülerinnen und Schülern im naturwissenschaftlichen Unterricht. Dabei stellt das Protokoll eine Textsorte dar, die viele Chancen für das sprachliche und fachliche Lernen eröffnet. Gleichzeitig verbinden sich damit auch vielfältige Anforderungen. So wird nicht allein der Übergang von der Alltagssprache hin zur Fach- und Bildungssprache geübt, sondern es sind auch die typischen Sprachmuster für die einzelnen Teile eines Protokolls entlang des Weges der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sinnvoll anzuwenden. Im Beitrag wird dargestellt, wie diese Aufgaben im Unterricht mehr in den Mittelpunkt gerückt werden können und sich damit Chancen für die Verknüpfung von sprachlichem und fachlichem Lernen ergeben. Es wird zudem skizziert, auf welche Weise entsprechende Förderkompetenzen im Lehramtsstudium verankert werden können.

1 Sprache, Sprachförderung und Fach

Lehrkräfte von MINT-Fächern stehen angesichts der relativ schlechten mathematisch-naturwissenschaftlichen Ergebnisse von Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund

in Schulleistungstests wie TIMSS und PISA vor neuen Herausforderungen. Das Gefälle zwischen den Leistungen von Schülern mit und ohne Migrationshintergrund wird auf die unzulängliche Beherrschung der Unterrichtssprache zurückgeführt (STANAT & EDELE, 2011). Betrachtet man die sprach-