

Grundlagen zur Entwicklung des Kompetenzmodells

Das Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ orientiert sich am aktuellen Stand der Diskussion zu einer grundlegenden naturwissenschaftlichen Grundbildung, an den bisherigen Arbeiten zur Kompetenzmodellierung und zur Entwicklung von internationalen Studien zu Schülerleistungen im Bereich Naturwissenschaften, am Stand der curricularen Entwicklung und an den Vorgaben für das Projekt HarmoS zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards in der Schweiz. Das Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ wird als dreidimensionales Modell mit den Dimensionen „Handlungsaspekte“, „Themenbereiche“ und „Niveaus“ (Anforderungsbereiche) aufgespannt, in ausgewählten Bereichen mit Tests validiert und aufgrund der entsprechenden Ergebnisse weiterentwickelt.

In den Abschnitten 1 bis 5 wird erörtert, mit welchen Grundlagenbezügen das Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ entwickelt wurde und welche Fragen und Herausforderungen sich dabei stellen. Im Dokument „Kompetenzmodell HarmoS NaWi+“ wird das Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ vorgestellt und es wird zusammenfassend erläutert, wie auf dieser Grundlage Standards für den Bereich Naturwissenschaften beschrieben und zusammengestellt werden.

1 Orientierungs- und Bezugspunkte für die Entwicklungsarbeiten im Überblick

Die Entwicklung von Kompetenzmodellen bedarf einer Orientierung und einer Verortung im Kontext:

- von Fragestellungen zur Ausrichtung naturwissenschaftlicher Grundbildung und zum Beitrag der Naturwissenschaften zu einer allgemeinen Bildung,
- der Modellierung von Kompetenzen im Allgemeinen und im Bereich der Naturwissenschaften im Speziellen sowie der Kompetenzentwicklung über die Schulzeit hinweg.

Grundlagen für die Entwicklung des Kompetenzmodells und von Bildungsstandards im Bereich Naturwissenschaften im Rahmen des Projektes HarmoS bilden:

- die Vorgaben der EDK zum Projekt HarmoS Bildungsstandards und die im Bericht zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards enthaltenen Grundlagen und Empfehlungen (Klieme et al., 2003);
- die EDK-Lehrplananalyse zum Bereich Naturwissenschaften (Szlovak, 2005);
- die Entwicklungsarbeiten zur naturwissenschaftlichen Grundbildung (Science Literacy);
- Grundlagen und Ergebnisse aus den internationalen Schulleistungsstudien TIMSS, PISA und IGLU und dabei insbesondere auch zu den Ergebnissen aus PISA 2006 mit dem Schwerpunkt Naturwissenschaften;
- Ergebnisse aus Entwicklungsarbeiten zu Bildungsstandards in den USA, in Kanada, England und Schottland sowie in Belgien und Deutschland;
- Grundlagen zur Entwicklung und Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Rahmen nationaler Projekte wie Sinus Transfer, Sinus Grundschule, Physik bzw. Chemie bzw. Biologie im Kontext, Globe, ProNat u.a;
- Ergebnisse aus fachdidaktischen Forschungen im Bereich Naturwissenschaften und Sachunterricht (insbesondere zu Arbeiten aus den DFG-Programmen BIQUA I und II und Kompetenzdiagnostik sowie zu Schwerpunktprogrammen zu einzelnen Bereichen des naturwissenschaftlichen Unterrichts an verschiedenen Universitäten);
- Ergebnisse aus Entwicklungsarbeiten im Bereich von Lehr- und Lernmaterialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht (insbesondere in der Schweiz).

2 Scientific Literacy – naturwissenschaftliche Grundbildung

Im Zusammenhang mit gesellschaftlichen Entwicklungen, der Veränderungen in unserer natürlichen Umwelt, der Prägung unseres Alltags durch und der Abhängigkeit in der Alltagsgestaltung von technischen Einrichtungen und Hilfsmitteln sowie Fragestellungen einer nachhaltigen Entwicklung auf lokaler, regionaler und globaler Ebene haben natur- und technikbezogene Themen an Bedeutung gewonnen. Eine Stärkung naturwissenschaftlicher Grundbildung wird immer deutlicher gefordert. Diese Forderung

spitzt sich in unseren Gesellschaften insbesondere auch durch die Situation in der Arbeitswelt zu. Eine grundlegende naturwissenschaftliche Bildung ist heute unbestritten. Die Ergebnisse internationaler Schulleistungstests (TIMSS, PISA, IGLU) haben – mit unterschiedlichen Ausprägungen – Fragen zum Stand des naturwissenschaftlichen Unterrichts aufgeworfen und bildungspolitisch auch zu Reaktionen geführt. Die Auseinandersetzung mit der Ausrichtung naturwissenschaftlicher Grundbildung und die Entwicklung von Kompetenzmodellen und Bildungsstandards für den Bereich der Naturwissenschaften sind ein Ergebnis dieser bildungspolitischen Reaktion und bilden auch wichtige Grundlagen für das Projekt HarMoS im Bereich Naturwissenschaften.

„Wie auch immer argumentiert wird, scheint es keinen Zweifel daran zu geben, dass ein gewisses Mass an naturwissenschaftlicher Bildung für Individuen wie auch moderne Gesellschaften unverzichtbar ist. Der Zustand dieser Bildung aber ist in jüngster Zeit wieder einmal in Frage gestellt worden“ (Gräber, Nentwig et al., 2002, S. 9). Die aktuelle Diskussion um die Ausrichtung naturwissenschaftlicher Grundbildung und der Beschreibung von naturwissenschaftsbezogenen Kompetenzen orientiert sich in starkem Masse am Konzept der Scientific Literacy und die aktuelle fachdidaktische Forschung in diesem Bereich ist darauf ausgerichtet, ausgehend vom Konzept von Scientific Literacy eine Weiterführung und Ausdifferenzierung in bestimmten Teilbereichen vorzunehmen.

Die Idee einer naturwissenschaftlichen Grundbildung – dies entspricht der häufig verwendeten deutschen Übersetzung von Scientific Literacy – ist nicht neu. Bybee (1997) weist in seinen Ausführungen zu Scientific Literacy zum Beispiel darauf hin, dass bereits im Jahre 1847 James Wilkinson in einem Vortrag mit dem Titel „Science for All“ auf dieses Anliegen aufmerksam gemacht hat. Einen zentralen Stellenwert bei der Entwicklung von Scientific Literacy nimmt das „Projekt 2061“ der AAAS ein. Das Projekt 2061 ist eine langjährig angelegte Initiative zur Schulentwicklung im Bereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung in den USA. Der Beginn der Initiative fällt zusammen mit dem Jahr 1985, als der Komet Halley das letzte Mal von der Erde aus zu sehen war. Viele Kinder, die 1985 geboren wurden, werden die Rückkehr des Kometen Halley im Jahre 2061 miterleben. Für deren zukünftiges Leben seien neue Visionen für Bildung und Erziehung erforderlich, um den sich verändernden technischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen gerecht werden zu können. Der Name des Projektes soll damit verdeutlichen, dass Bildung ein lebenslanges Anliegen ist. Nach der Definition der American Association for the Advancement of Science (AAAS) umfasst Scientific Literacy folgende Bereiche (Nelson, ohne Jahr):

- “being familiar with the natural world and respecting its unity;
- being aware of some of the important ways in which mathematics, technology and the science depend upon another;
- understanding some of the key concepts and principles of science;
- having a capacity for scientific ways of thinking;
- knowing, that science, mathematics and technology are human enterprises and knowing what that implies about their strengths and limitations;
- being able to use scientific knowledge and ways of thinking for personal and social purposes”.

Bybee (1997) entwickelte ein hierarchisches Modell naturwissenschaftlicher Grundbildung, welches auch heute noch einen grossen Einfluss auf die Modellierung von Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Bereich hat. Unterschieden werden dabei vier „Stufen“ naturwissenschaftlicher Grundbildung (Bybee, 2002, S. 23ff):

- Nominale Scientific Literacy: Identifikation von Begriffen, falsche Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prozessen, unzureichende, unangemessene Erklärungen;
- Funktionale Scientific Literacy: Verwendung naturwissenschaftlichen Vokabulars, korrekte Definition naturwissenschaftlicher Begriffe, Auswendiglernen technischer Ausdrücke;
- Konzeptionelle und prozedurale Scientific Literacy: Verstehen naturwissenschaftlicher Konzepte, von Beziehungen zwischen Teilen einer naturwissenschaftlichen Disziplin und konzeptionelle Struktur, von grundlegenden Prinzipien und Prozessen in den Naturwissenschaften; prozedurales Wissen und Fertigkeiten;
- Multidimensionale Scientific Literacy: Verstehen der Besonderheit der Naturwissenschaften, Unterscheidung der Naturwissenschaften von anderen Disziplinen, Kenntnisse zu Geschichte und Wesen naturwissenschaftlicher Disziplinen, Verständnis von Naturwissenschaften in einem sozialen Kontext.

Shamos (2002) kritisiert diese Ansätze als zu stark inhaltsorientiert und zu wenig auf den Prozess und das Verständnis der Naturwissenschaften als Geisteshaltung ausgerichtet. Er führt an, dass nach Einschätzung vieler Naturwissenschaftsdidaktiker „eine Gesellschaft, die rationales oder kritisches Denken (zu Deweys Zeiten oft als ‚reflektiertes Denken‘ bezeichnet) kultiviert hat, über die Naturwissenschaft selbst jedoch wenig weiss, besser in der Lage wäre, sich zu entwickeln als eine, in der Einzelne gute Kenntnis naturwissenschaftlicher Fakten besitzen, aber wenig von den Naturwissenschaften verstehen“ (Shamos, 2002, S. 53). Nach Shamos (2002, S. 66) ist es primär Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sich mit den Prozessen und konzeptuellen Grundlagen der Naturwissenschaften auseinanderzusetzen und dabei auch Fragen aufzunehmen, „wie, warum und was wir glauben, über die natürliche Welt zu wissen“. Als Vorschläge für das Erreichen naturwissenschaftlichen Bewusstseins führt Shamos (2002, S. 67f.) Themen wie Zweck der Naturwissenschaften und Technik, die Bedeutung naturwissenschaftlicher „Wahrheiten“, die Rolle von Konzepten und des Experiments in den Naturwissenschaften, die Horizonte der Naturwissenschaft, ihre Möglichkeiten und Grenzen auf. In neuen, erweiterten Konzeptionen zu Scientific Literacy werden solche kritischen Punkte konstruktiv und in Ansätzen auch konzeptionell aufgenommen. So wird bei PISA 2006 (vgl. unten) der Aspekt des „Wissens über Naturwissenschaften“ mit Fragen zum Erkenntnisgewinn, zum Wissen über Erklärungen und das Verständnis zur Rolle der Naturwissenschaften in der Gesellschaft u.a. aufgenommen. In der Anlage von „Nature of Science“ ist eine Art Metawissen zu den Naturwissenschaften angesprochen.

Im schottischen Curriculum (Bryce 1996, zitiert in Gräber, Nentwig et al. 2002, S. 13) wird anstelle von Scientific Literacy von „Scientific Capability“ gesprochen und es werden die Dimensionen naturwissenschaftliche Neugier, Kompetenz, Verständnis, Kreativität und Sensibilität aufgenommen. Mit diesen Dimensionen werden erweiterte Kompetenzen angesprochen, wie sie in der Diskussion zu naturwissenschaftlicher Grundbildung in dieser Zeit noch wenig aufgenommen wurden.

Das *Programme for International Student Assessment (PISA)* orientiert sich an der Konzeption von Science Literacy. Scientific Literacy wird definiert, darauf aufbauend werden Kompetenzen abgeleitet und auf diesen Grundlagen Testaufgaben entwickelt. Bei PISA 2000 und 2003 wird Scientific Literacy als Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen, beschrieben (Deutsches PISA Konsortium, 2001, S. 198). Für PISA 2006 wurde diese Beschreibung weiterentwickelt und verändert. Dabei spielen die Anwendungsmöglichkeiten naturwissenschaftlicher Kenntnisse, die Reflexion zu naturwissenschaftlichen Fragen, der gesellschaftliche Kontext naturwissenschaftlicher Themen sowie Einstellungen und Interessen zu naturwissenschaftlichen Fragen und Themen eine wichtige Rolle. Aus der aktuellen Diskussion zu Scientific Literacy kann von einem erweiterten Verständnis einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ausgegangen werden. „Konsens besteht darüber, dass Scientific Literacy verschiedene Wissensarten und Kompetenzen sowie weitere nicht kognitive Komponenten umfasst wie Neugierde, Interesse, Motivation, Einstellungen und Haltungen gegenüber den Naturwissenschaften (Hammann, 2006, S. 131). Einen Überblick über den aktuellen Stand der Diskussion zu Scientific Literacy geben Norris und Philipps (2003, zusammengestellt in Hammann 2006, S. 131), indem sie folgende Dimensionen von Scientific Literacy beschreiben:

- Grundlegende naturwissenschaftliche Ideen verstehen,
- Naturwissenschaften und die Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens verstehen,
- Wissen über die Naturwissenschaften besitzen und Unterschiede zu den nicht-naturwissenschaftlichen Disziplinen kennen,
- die Fähigkeit und Bereitschaft zu lebenslangem, selbstständigem Lernen besitzen,
- die Fähigkeit besitzen, naturwissenschaftliches Wissen zum Problemlösen zu nutzen,
- Wissen besitzen, um auf intelligente Art und Weise an naturwissenschaftlich motivierten gesellschaftlichen Fragestellungen zu partizipieren,
- das Wesen der Naturwissenschaften (NOS – Nature of Science) verstehen,
- den Naturwissenschaften mit Wertschätzung, Neugierde und Erstaunen begegnen,
- Wissen über Nutzen und Risiken der Naturwissenschaften besitzen,
- Naturwissenschaften kritisch reflektieren und mit naturwissenschaftlicher Expertise umgehen können.

Aus der Aufzählung geht hervor, dass Scientific Literacy mehrdimensional angelegt und auf Kompetenzen ausgerichtet ist, die sich spezifisch auf den Bereich der Naturwissenschaften, aber auch auf überfachliche Aspekte wie Problemlösefähigkeit, Reflexionsfähigkeit und Partizipation beziehen. Es geht um naturwissenschaftliche Phänomene, Zusammenhänge u.a., aber auch um Fragen der Bedeutung, der Anwendung, des Nutzens und der Gefahren naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in der Gesellschaft und der natürlichen Umwelt. Neben kognitiven werden auch Dimensionen wie Interesse und Neugierde, Einstellungen aufgenommen. Scientific Literacy kann dabei in der Ausrichtung als Teil einer allgemeinen Bildung verstanden werden.

Für die Entwicklungsarbeiten zum Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ orientieren wir uns an diesen grundlegenden Aspekten eines erweiterten Verständnisses naturwissenschaftlicher Grundbildung, wie sie sich aus der aktuellen Diskussion um Scientific Literacy ergeben.

3. Kompetenzen und Kompetenzmodellierung

Eine der vier zentralen Aufgabenbereiche für die Konsortien des HarmoS-Projektes für Bildungsstandards ist die Entwicklung eines Kompetenzmodells für den entsprechenden Fachbereich. In diesem Abschnitt werden Ausgangspunkte und Grundlagen für die Konzeption des Kompetenzmodells aufgeführt und kurz erläutert.

Kompetenzen

Der Begriff Kompetenz wird in verschiedenen Zusammenhängen aufgenommen und oftmals unscharf definiert. Im Projekt DeSeCo (Rychen und Salganik, 2003) wird Kompetenz als Fähigkeit zur Bewältigung komplexer Anforderungen beschrieben, indem in bestimmten Situationen „psychosoziale Ressourcen“ wie Erfahrungen, Kenntnisse sowie Fähigkeiten, Einstellungen und Verhaltensweisen herangezogen und eingesetzt werden. Als Schlüsselkompetenzen in dieser Hinsicht werden drei Dimensionen beschrieben: Autonome Handlungsfähigkeit, das Interagieren in Gruppen und die interaktive Anwendung von Medien und Mitteln. In der aktuellen Diskussion um Fragen der Kompetenzmodellierung und der Entwicklung von Basisstandards in verschiedenen Fachbereichen erfolgt übereinstimmend eine Referenz zur Beschreibung von Kompetenz, wie sie Weinert entwickelt hat. Nach Weinert (2001) versteht man unter einer Kompetenz „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um in Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S. 27). Kompetenz in diesem Verständnis ist nicht eindimensional ausgerichtet, sondern umfasst unterschiedliche, häufig auch miteinander verknüpfte Komponenten. Weinert spricht in diesem Zusammenhang von Kompetenzfacetten und benennt sie wie folgt: Fähigkeiten, Können und Handeln, Erfahrung, Wissen und Verstehen, Motivation.

Schülerinnen und Schüler sind nach diesem Verständnis kompetent, wenn sie Probleme und Aufgaben lösen können und dabei auf ihr Vorwissen zurückgreifen und ihre Fähigkeiten einsetzen können, wenn sie also z.B. nach sachbezogenen Gesichtspunkten Informationen zu einer Frage erschliessen, Zusammenhänge zu entsprechenden Sachverhalten herleiten können, eine Situation nach selber entwickelten Gesichtspunkten einschätzen und beurteilen können.

Gemäss der Facettenstruktur von Kompetenz nach Weinert geht es um ein erweitertes Verständnis von Kompetenz, welches neben kognitiven Fähigkeiten auch Handlungsbefähigungen sowie motivationale und volitionale Komponenten beinhaltet. Dies impliziert eher eine Angewandtheit für die Strukturierung und Beschreibung von Kompetenzen, die von Dispositionen im Sinne von Denk- und Handlungsbereitschaften und von Handlungsweisen ausgeht. Eine Schwierigkeit besteht dabei, dass in vielen Situationen Kompetenzen derart komplex sind, dass sie sich kaum sauber beschreiben und damit auch nicht überprüfen bzw. testen lassen. Kompetenzen stellen häufig eine Art Konglomerat verschiedener Wissens- und Könnensbereiche dar, die in einem sehr engen Bezug miteinander stehen.

Für die Entwicklungsarbeiten zum Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ orientieren wir uns aufgrund der aktuellen Diskussion und den Vorgaben aus dem HarmoS Gesamtprojekt an der Ausrichtung von Kompetenzen nach Weinert und beziehen damit eine erweiterte Betrachtung von Kompetenzen ein. Wir gehen dabei von Handlungskompetenzen im naturwissenschaftlichen und in einem überfachlichen Kontext aus und beziehen diese auf die verschiedenen thematischen Bereiche der Naturwissenschaften.

Kompetenzmodelle

„Die Beschreibung von anforderungs- bzw. domänenbezogenen Kompetenzen, deren Erlangung durch Lernsituationen unterstützt werden sollen, erfordert eine Systematik oder mit anderen Worten ein tragfähiges und für Messung und Lernen umsetzbares Kompetenzmodell“ (Schecker & Parchmann, 2006, S. 46f.) In Kompetenzmodellen werden Strukturen und Entwicklungsverläufe von Kompetenzen beschrieben. Dabei werden Bezugspunkte zu inhaltlichen Bereichen mitberücksichtigt. Bestimmte Kompetenzen entwickeln sich stets in der Auseinandersetzung mit Inhalten, mit Frage- und Problemstellungen, die in einem inhaltlichen Kontext situiert sind. Kompetenzmodelle in dieser Ausrichtung bilden eine Strukturierung, Konkretisierung und erste „Operationalisierung“ auf dem Weg von Bildungszielen zu Standards für Lernprozesse und -ergebnisse.

Im Zusammenhang mit der Diskussion zur Strukturierung und Entwicklung von Kompetenzmodellen werden folgende Unterscheidungen vorgenommen (vgl. dazu z.B. Hammann, 2004; Klieme, 2003; Schecker & Parchmann, 2006):

- Komponenten- oder Strukturmodelle entsprechen einem Gefüge (z.B. Netz, Matrix) von Dimensionen von Kompetenzbereichen oder -ausprägungen, in welchen die erwünschten bzw. erforderlichen Fähigkeiten, Wissensbereiche, Einstellungen u.a. beschrieben werden. Die Dimensionen und Vernetzung der Dimensionen kann dabei auf unterschiedliche Weise vorgenommen werden.
- Entwicklungs-, Niveau- oder Stufenmodelle enthalten Angaben darüber, wie und mit welcher zeitlichen Ausrichtung Kompetenzen entwickelt bzw. erworben sein sollen und welche Dispositionen dabei erwartet werden. Kompetenzstufen oder -niveaus werden als unterschiedlich anspruchsvolle Prozesse, Wissensanforderungen, Ergebnisse von Handlungen u.a. beschrieben und definiert. Stufen bzw. Niveaus an sich sagen dabei noch nichts über die Entwicklung von Kompetenzen aus. In diesem Sinne sind z.B. die Stufenmodelle bei PISA und TIMSS nicht als Entwicklungsmodelle gedacht. Es ist aber durchaus möglich, dass sich Stufen eines Kompetenzmodells auch als Entwicklungsschritte bei Kompetenzen beschreiben lassen.

Schecker & Parchmann (2006, S. 47ff.) schlagen zudem eine Unterscheidung nach normativen und deskriptiven Modellen vor. Ein normatives Komponentenmodell enthält demnach eine Beschreibung der Voraussetzungen, über die Lernende verfügen sollen, um Aufgaben und Probleme in bestimmten Bereichen lösen zu können (normativ gesetzt), deskriptive Modelle beziehen sich auf typische Muster von Voraussetzungen, mit denen man das Verhalten von Lernenden beim Lösen von Aufgaben und Problemen rekonstruieren bzw. beschreiben kann. Gleichartig wird auch eine Unterscheidung bei Entwicklungsmodellen in präskriptiv-normative und empirisch-deskriptive Modelle vorgeschlagen.

Für die Entwicklung von normativen Modellen fordern Schecker & Parchmann (2006, S. 47), dass sich diese nicht allein aus fachlichen Bildungszielen ableiten lassen, sondern auch Grundlagen der Lernpsychologie zu berücksichtigen sind. Deskriptive Modelle bedürfen zudem der Absicherung durch empirische fachdidaktische und lernpsychologische Forschung. Schecker und Parchmann bemängeln, dass normative Modelle häufig allein aus der Sachstruktur begründet werden und diese nicht mit tatsächlichen Befunden – z.B. Konzeptentwicklungen – korrelieren. Dies führt auch dazu, dass bei der Testentwicklung das nachträgliche Kategorisieren von Items notwendig wird.

Zur Problematik des Stufen- oder Niveauansatzes führen Schecker und Parchmann (2006, S. 51) aus, dass „Stufe“ eine Wertigkeit und eine Schrittfolge auf dem Wege zu einer höherwertigen Kompetenz darstelle. Demgegenüber wird mit der Beschreibung von Entwicklungen von Anforderungsbereichen die qualitative Beschreibung von entsprechenden Fähigkeiten möglich, die nicht unbedingt in eine Ordinalskala eingeordnet werden müssen. „Das Niveau und die Wertigkeit der erreichten Kompetenzen können somit von der Qualität (der Ausprägung) und der darin erreichten Expertise festgelegt werden.“ (Schecker & Parchmann, 2006, S. 51).

Die Dimensionierung – die Anzahl Dimensionen und die Strukturierung – von Kompetenzmodellen richtet sich nach der Ausrichtung und den Anforderungen an diese. Wenn es in erster Linie um die Strukturierung von Kompetenzen geht, kann eine andere Anlage getroffen werden, als wenn zudem Anforderungsbereiche und Entwicklungen der Kompetenzen beschrieben werden. Aus der Anzahl Dimensionen und der Struktur ergibt sich das Gefüge des Kompetenzmodells. Aus den Ausführungen im Abschnitt

2.1.4 zu verschiedenen bestehenden Kompetenzmodellen kann entnommen werden, dass die Dimensionierung sehr unterschiedlich vorgenommen wird. Die Dimensionierung zum Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ wurde aufgrund der Vorgaben durch das Gesamtprojekt HarmoS und der konzeptionellen Anlage für die Beschreibung naturwissenschaftlicher Kompetenzen sowie aufgrund der fachdidaktischen Auseinandersetzung vorgenommen.

Das Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ wird als normatives Komponenten- und präskriptives Niveaumodell entwickelt und durch die teilweise Validierung in Form verschiedener Tests in Richtung eines deskriptiv-empirischen Modells weiterbearbeitet. Aufgrund der Ergebnisse aus Tests wird für einzelne Komponenten des Modells die Passung normativ beschriebener Kompetenzen mit empirischen Daten geprüft. Aufgrund der zeitlichen Anlage des Projektes erfolgt diese Überprüfung nicht umfassend und in Teilen mit einer reduzierten Validierung.

4 Kompetenzmodelle im Bereich der Naturwissenschaften

Als Grundlage für die Erarbeitung des Kompetenzmodells, die Dimensionierung und die Auswahl und Festlegung von Teilkomponenten bei HarmoS wurde eine Sichtung der Strukturen und Dimensionierungen ausgewählter bestehender und in Entwicklung stehender Kompetenzmodelle zum Bereich der Naturwissenschaften vorgenommen. Modelle und Referenzrahmen für Kompetenzen und Kompetenzentwicklung im naturwissenschaftlichen Bereich liegen aus verschiedenen Projekten vor. Umfassende Konzepte wurden im angelsächsischen Raum in den beiden letzten Jahrzehnten im Zusammenhang mit einer verstärkten naturwissenschaftlichen Grundbildung und der Entwicklung von Bildungsstandards erarbeitet. Im Weiteren wurden für die internationalen Schulleistungstests bei TIMSS, PISA und IGLU Referenzrahmen für die Entwicklung von Aufgaben und die Verortung der Ergebnisse vorgenommen.

Entwicklung von Kompetenzmodellen im angelsächsischen Raum

Eine bereits weiter entwickelte Tradition in der Entwicklung von Kompetenzmodellen und der Formulierung von Bildungsstandards im Vergleich zum deutsch- oder französischsprachigen (ausser Kanada) ist im angelsächsischen Raum feststellbar (vgl. Abschnitt 2.2.2 zur Konzeption von Scientific Literacy). Im Rahmen des Projektes „2061“ der AAAS (vgl. Abschnitt 2.1.2.) wurden Scientific Literacy definiert und Empfehlungen für effektives Lehren und Lernen sowie für Lernziele am Ende der 2., 5., 8. und 12. Klasse formuliert (AAAS, 1993). Die vom National Research Council 1996 herausgegebenen „National Science Education Standards“ (NSES) basieren im Wesentlichen auf den Grundlagen des Projektes 2061 (NRC, 2004). Das Konzept der Scientific Literacy wird in den NSES mit acht Inhaltsbereichen vom Kindergarten zur Hochschule konkretisiert: Konzepte und Prozesse identifizieren, Naturwissenschaftliches Verständnis, Physikalische Erscheinungen, Lebewesen/Lebensräume, Erde/Weltall, Technik, Naturwissenschaft aus gesellschaftlicher Sicht, Geschichte der Naturwissenschaften.

Die Auswahl der Inhalte in den NSES wird von mehreren didaktischen Strukturierungsprinzipien geleitet:

- Basis-Konzepte werden als heuristische Werkzeuge, mit welchen sich Schülerinnen und Schüler die natürliche und technische Umwelt erschliessen und sich orientieren können, verstanden. Themen werden nicht isoliert vermittelt, sondern erhalten ihre Berechtigung durch übergreifende (naturbezogene) Konzepte wie „Wechsel und Konstanz“, „Evolution und Gleichgewicht“, „Messen“, „Kreislauf“, „Diversität und Variation“, „Ordnung und Gesetzmässigkeit“, „Verwandlung, Umwandlung“.
- Prozess des (natur)wissenschaftlichen Wissenserwerbs: Kinder lernen Fragen zu stellen und zur Beantwortung selbstständig einfache Versuche mit Alltagsmaterialien zu planen und durchzuführen. Eigene gewonnene Ergebnisse werden untermauert, eingeordnet und anderen mitgeteilt. Vorgehensweisen werden diskutiert und mit existierenden Erkenntnissen und Methoden verglichen.
- Gesellschaftliche und soziale Relevanz der Themen und Inhalte: Bedeutung für die persönliche Identität und Identifikation, Bedeutung für die Alltagsgestaltung, für Entwicklung und Veränderungen in der Arbeitswelt bzw. in der Natur, Gesundheitsförderung, Umweltbildung, Technikfolgeneinschätzungen, gesellschaftliche Veränderungen, u.a.

- Neu in dieser Konzeption ist, dass Fragen der kulturellen Errungenschaft durch Naturwissenschaften und Technik in der Geschichte der Menschen aufgegriffen und reflektiert werden.

Auch in England entstanden bereits in den 1990er Jahren nationale Bildungsstandards. Dabei wurden „Schlüsselqualifikationen“ (key stages) in vier Stufen für die Schuljahre 1 bis 11 mit verbindlichen Anforderungen entworfen. Es werden vier Kompetenzbereiche unterschieden: Scientific enquiry, Life processes and living things, Materials and their properties, Physical processes. Der erste Bereich ist auf naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen ausgerichtet, die anderen drei auf grundlegende inhaltliche Konzepte. Naturwissenschaftliche Kompetenz wird für die vier Bereiche in neun, zunehmend anspruchsvolleren Levels umschrieben (Level 1 bis Level 8 und Exceptional performance). Das Modell ist dementsprechend zweidimensional angelegt.

Im Common Framework of Science Outcomes (Kanada; CMEC, 1997) werden in einem Rahmenmodell zur Kompetenzentwicklung Bildungsziele zur Scientific Literacy zu vier Dimensionen (Foundations) formuliert:

- *Foundation 1: Science, technology, society and the environment (STSE):* Students will develop an understanding of the nature of science and technology, of the relationships between science and technology and of the social and environmental contexts of science and technology.
- *Foundation 2: Skills:* Students will develop the skills required for scientific and technology inquiry for solving problems, for communicating scientific ideas and results, for working collaboratively and for making informed decisions.
- *Foundation 3: Knowledge:* Students will construct knowledge and understanding of concepts in life science, physical science and earth and space science, and apply these understandings to interpret, integrate and extend their knowledge.
- *Foundation 4: Attitudes:* Students will be encouraged to develop attitudes that support the responsible acquisition and application of scientific and technological knowledge to the mutual benefit of self, society and the environment.” (CMC, 1997)

Mit der Anlage und Ausrichtung dieser Dimensionen wird ein erweitertes Verständnis von naturwissenschaftlicher Grundbildung dargestellt, bei welcher die Verortung der Naturwissenschaften und Technik im gesellschaftlichen Kontext hervorgehoben wird. Die Dimensionen 2 bis 4 entsprechen einer Ausrichtung, wie sie auch in verschiedenen Lehrplänen in der Schweiz angelegt ist. Der Aufbau und die Entwicklung von Fähigkeiten/Fertigkeiten (Skills), von Kenntnissen und Erkenntnissen (Knowledge) und von Haltungen (Attitudes) ist z.B. übereinstimmend mit der Richtzielstruktur, wie sie im Lehrplan des Kantons Bern angelegt ist.

Entwicklung von Kompetenzmodellen im französischsprachigen Raum

Eine umfassende Recherche zum Stand der Entwicklung von Kompetenzmodellen im Bereich der Naturwissenschaften im französischsprachigen Raum konnte nicht vorgenommen bzw. zeigten die vorgenommenen Recherchen nur wenige Ergebnisse.

Ein umfassender Bezug ergibt sich zu den Entwicklungsarbeiten in Kanada, da die Entwicklungsarbeiten zum Common Framework of Science Outcomes (Kanada; CMEC, 1997) sowohl für die englischsprachigen als auch für die französischsprachigen Regionen in Kanada entwickelt wurden. Im „Socle de Compétences“ für den Primarstufenbereich und die Sekundarstufe I für die französischsprachige Communauté in Belgien werden die Dimensionen Können (Savoir-Faire) und Wissen (Savoirs) miteinander in Beziehung gesetzt und daraus eine Art Kompetenzmatrix zusammengestellt. Als Könnensbereiche werden dabei die Komponenten „einer komplexen Welt begegnen und sie verstehen“, „Wege der Erkenntnisgewinnung erproben“ (z.B. Untersuchen), und „Ergebnisse strukturieren, sie kommunizieren, überprüfen und verbinden“ unterschieden. Inhaltsbezogen erfolgt eine Unterteilung in die Bereiche Lebewesen, Energie, Materie, Luft/Wasser/Boden, Mensch und Umwelt, Geschichte des Lebens und der Naturwissenschaften.

Kompetenzmodelle bzw. Referenzrahmen im Bereich Naturwissenschaften bei PISA

Für die PISA-Studien 2000 und 2003 wurden die Dimensionen *naturwissenschaftliche Prozesse* und *naturwissenschaftliche Konzepte* aus den Bereichen Physik, Chemie, Biologie und Erdwissenschaften sowie aus Anwendungsbereichen wie Gesundheit, Technik, Umwelt unterschieden. Als *naturwissen-*

schaftliche Prozesse wurden die Komponenten „Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen“, „Umgang mit Evidenz“, „Kommunizieren“, „Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte“ aufgenommen. Eine systematische Erfassung einzelner Komponenten erfolgte dabei nicht. Bei PISA 2000 entstand aufgrund der Ergebnisse ein Stufenmodell, welches sich an die Stufen von Scientific Literacy von Bybee (siehe oben) anlehnt. Dabei wurde die Stufe „nominal“ übernommen, die Stufen „funktional“ und „konzeptionell/prozedural“ in je zwei Stufen eingeteilt und die Stufe der „multidimensionalen“ Grundbildung weggelassen. Daraus resultierte eine fünfstufige Einteilung, welche auf die vier oben erwähnten Komponenten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens nach Bybee bezogen werden. Diese Unterteilung wurde auch bei den folgenden Untersuchungen aufgenommen.

Bei PISA 2006 wird naturwissenschaftliche Kompetenz in zwei Dimensionen unterteilt: *naturwissenschaftliches Wissen* und *Wissen über die Naturwissenschaften* (Methoden, Wesen der Naturwissenschaften und Technik, Rolle der Naturwissenschaften in der Gesellschaft). Bei der Dimension „naturwissenschaftliches Wissen“ werden dabei grundlegende Konzepte zu physikalischen Systemen, lebenden Systemen und zum System Erde und System Weltall aufgeführt. Bei den Aufgabenkontexten wird zudem unterschieden in die Dimensionen „Bedeutungsebene“ (Individuum, Gesellschaft, Welt) und „Kontext“ (Gesundheit, Ressourcen, Umwelt, Gefahren, aktuelle Entwicklungen). Als weitere Dimension werden bei PISA 2006 affektive Aspekte einbezogen und in den Tests auch erschlossen, so z.B. Interessen, Motivation, Überzeugungen und Einstellungen.

Für die nationale Ergänzung der PISA-Studie 2003 in Deutschland wurde eine verfeinerte Facettenstruktur für Kompetenzen mit den Dimensionen kognitive Anforderungen einerseits und Basiskonzepte andererseits entworfen. Für die Entwicklung von Aufgaben wurden die beiden Facetten vollständig miteinander gekreuzt und für jedes Basiskonzept entsprechend der sieben kognitiven Anforderungen eine Aufgabe zusammengestellt. Als Basiskonzepte wurden für den biologischen Bereich Atmung und Fotosynthese, Fortpflanzung, Ernährung und Biochemie, für den chemischen Bereich die Basiskonzepte chemische Verbindungen und Aggregatzustände sowie Verbrennung und für den Bereich Physik die Konzepte Bewegungsgesetze, Energieerhaltung und -umwandlung, elektrischer Stromkreis sowie Ausbreitung und Transport bestimmt, insgesamt 9 Basiskonzepte. Diesen wurde die Dimension Kognitive Anforderung mit sieben Komponenten gegenübergestellt (vgl. dazu Abschnitt 2.1.3)

Entwicklungen von Kompetenzmodellen und Bildungsstandards in Deutschland nach PISA

Ausgelöst durch die Ergebnisse der TIMSS-Studie und in verstärktem Masse konzeptionell aufgenommen durch die Ergebnisse der beiden ersten PISA-Studien wurden in Deutschland verschiedene Massnahmen für die Entwicklung und Förderung von Unterricht ergriffen, insbesondere auch für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Intensivierung von Anstrengungen im Bereich der Naturwissenschaften zeigt sich in folgenden Bereichen:

- Entwicklung von Förderprogrammen für den naturwissenschaftsbezogenen Unterricht in Projekten wie *Sinus-Transfer* und *Sinus Transfer in der Grundschule* sowie *Naturwissenschaften im Kontext* (Physik, Chemie und Biologie im Kontext);
- Entwicklung von Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den Bereichen Physik, Chemie und Biologie (KMK-Standards);
- Förderung der fachdidaktischen Forschung im Bereich der Naturwissenschaften und dabei insbesondere zu Fragen der Kompetenzdiagnose, -entwicklung und -förderung (vgl. z.B. die Programme BIQUA I und II, DFG-Schwerpunkt *Kompetenzdiagnostik*, Forschergruppe und Graduiertenkolleg NWU Duisburg, Essen), die Modellierung von Kompetenzen in den Bereichen Physik (z.B. Schecker), Chemie (z.B. Parchmann), Biologie (z.B. Hammann). Zur Entwicklung im Grundschulbereich haben z.B. Giest, Hartinger und Kahlert (2008) die Diskussion angestoßen.

Einige ausgewählte Grundlagen und Diskussionspunkte werden im Folgenden mit Bezug zu Fragen der Entwicklung von Kompetenzmodellen aufgenommen.

KMK Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss

Die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss – formuliert als Regelstandards – für die naturwissenschaftlichen Fachbereiche Physik, Chemie und Biologie (KMK, 2004a, b, c) weisen vier Kompetenzbereiche auf: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Im Bereich des

Fachwissen geht es dabei um grundlegende Kenntnisse zu Phänomenen, Fakten, Zusammenhängen u.a., welche zu grundlegenden Konzepten innerhalb der drei Fachbereiche gehören. Diese grundlegenden Konzepte innerhalb dieses Kompetenzbereichs können als eine Art inhaltsbezogene Dimension verstanden werden, wobei diese Strukturierung nicht klar ausgewiesen wird und Klärungsbedarf besteht. Biologische Basiskonzepte z.B. sind dabei System, Struktur, Funktion und Entwicklung (KMK, 2004a). Der Bereich Erkenntnisgewinnung bezieht sich auf grundlegende naturwissenschaftliche Methoden wie das Experimentieren oder das Nutzen von Modellen. Im Bereich *Kommunikation* geht es in erster Linie um Kompetenzen, Informationen sachgerecht zu erschliessen und auszutauschen, während im Kompetenzbereich *Bewerten* Fähigkeiten im Vordergrund stehen, Sachverhalte in unterschiedlichen Kontexten zu erkennen und zu bewerten. Für die vier Kompetenzbereiche werden als dritte Dimension Anforderungsbereiche beschrieben.

Fachdidaktische Arbeiten

In den letzten Jahren sind vielfältige fachdidaktische Arbeiten initiiert oder durchgeführt worden, in denen Teilbereiche naturwissenschaftlicher Kompetenz modelliert werden. Nachfolgend werden einige Hinweise zu Arbeiten, die in der Frage der Dimensionierung und Modellierung von naturwissenschaftlicher Kompetenz Hinweise geben, aufgenommen. Dies erfolgt jedoch in keiner Weise mit einem Anspruch auf Vollständigkeit. Die Hinweise beschränken sich auf Arbeiten aus dem deutschsprachigen Raum und innerhalb von Bereichen der Naturwissenschaften im engeren Verständnis. Auf weitere Arbeiten wird bei der Beschreibung der einzelnen Handlungsaspekte im Unterkapitel 2.2 verwiesen.

Im Bremen-Oldenburger-Kompetenzmodell (BOIKo) zur Beschreibung der Struktur und Ausprägung naturwissenschaftlicher Kompetenz (Schecker & Parchmann, 2006) werden fünf Dimensionen unterschieden:

1. Inhaltsbereiche/Basiskonzepte,
2. Prozess/Handlung,
3. Kontext,
4. Ausprägung,
5. kognitive Anforderung.

Die Inhaltsbereiche bzw. Basiskonzepte beziehen sich dabei auf die Ausrichtung, wie sie auch bei PISA verwendet wird (vgl. z.B. OECD, PISA Deutschland, 2003), die Dimension *Handlung/Prozess* auf die Kompetenzbereiche in den KMK-Standards für die Naturwissenschaften. Mit der Dimension *Kontext* wird berücksichtigt, wie Kompetenzen und deren Ausprägung durch das Arrangement der Situation bzw. der Lernumgebung, durch Anregungen von und den Austausch mit anderen, die Interessen für die Sache u.a. beeinflusst werden. Die Dimension *Ausprägung* bezieht sich auf die Anforderungsbereiche der KMK-Bildungsstandards und wird um eine Stufe ergänzt (lebensweltlich, nominell/reproduktiv, aktiv anwenden, konzeptionell vertieft). Die Dimension *kognitive Anforderung* lehnt sich an die Ausdifferenzierung des Facettendesigns bei der deutschen Ergänzung der Studie bei PISA 2003 an (vgl. Abschnitt 2.1.3). Betont wird dabei, dass für empirische Untersuchungen diese Dimensionen reduziert werden müssen, da es nicht möglich ist, Items für die Zellen einer fünfdimensionalen Matrix zu entwickeln. Um das Modell in Richtung eines deskriptiven Modells weiterzuentwickeln, werden beim Bremen-Oldenburger-Kompetenzmodell empirische Grundlagen zu Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern beigezogen.

Für die Modellierung physikalischer Kompetenzen wurde in der Arbeitsgruppe Fischer (Kauertz und Fischer, 2006) eine Konzeption entwickelt, in welcher die drei Dimensionen *Inhaltsbereiche* (Basiskonzepte der KMK Bildungsstandards), *kognitive Aktivität* (z.B. strukturieren) und *Komplexität* (ein Fakt – mehrere Fakten, ein Zusammenhang – mehrere Zusammenhänge, komplexes Konzept) unterschieden werden.

Zur Kompetenzmodellierung ausgewählter Komponenten – insbesondere ausgewählter Handlungsaspekte – liegen bereits verschiedene Arbeiten vor. Für die Entwicklungsarbeiten in HarMoS Naturwissenschaften ergeben sich z.B. Bezugspunkte zu den Arbeiten von Hammann (2004, 2006) zum Bereich Experimentieren, zur Systemkompetenz im Bereich Biologie die Arbeiten von Sommer (2006) für den Grundschulbereich, aus den Arbeiten zum Göttinger Modell der Bewertungskompetenz (Bögeholz et al., 2004; Eggert und Bögeholz, 2006), zu den Komponenten „Wissenschaftsverständnis“ (Nature of Scien-

ce) und zum wissenschaftlichen Denken im Sinne der Beherrschung naturwissenschaftlicher Methoden und von Fähigkeiten, zur Begründung von Folgerungen die Arbeiten sowie zur Evaluation von Daten von Grygier et al. (2006), Körber, Sodian et al. (2008) und Sodian et al. (2006) bzw. der Arbeitsgruppen Möller, Hardy und Stern (Möller et al, 2002 bzw. 2006) für Schülerinnen und Schüler im Anfangsunterricht bzw. im Grundschulbereich. Einige Arbeiten liegen auch zur Kompetenzmodellierung in einzelnen Themenbereichen vor, wie z.B. die Arbeiten von Schmidt und Schecker (2006) im Bereich „Energie“.

Zur Frage der Strukturierung und Dimensionierung von Kompetenzmodellen im Bereich der Naturwissenschaften können folgende Punkte zusammengefasst werden:

- Kompetenzmodelle für den naturwissenschaftlichen Bereich sind in den meisten Fällen zweidimensional (Komponentenmodelle) oder erweitert um die Dimension *Anforderungsbereiche*, *Niveaus* bzw. *Stufen* dreidimensional aufgebaut.
- Es bestehen nur wenige Hinweise und Ergebnisse aus Untersuchungen zur Frage, wie weit naturwissenschaftliche Kompetenz themen- bzw. fachspezifisch ausgerichtet ist oder ob sich naturwissenschaftliche Kompetenz übergreifend abbilden lässt. Die Ergebnisse aus den in Deutschland zusätzlich entwickelten Tests zu PISA 2003 (Senkbeil et al., 2005) geben eher Hinweise darauf, dass für diesen Altersbereich der Schülerinnen und Schüler die naturwissenschaftliche Kompetenz weniger bereichsspezifisch ausgeprägt ist, als dies angenommen wurde.
- An verschiedenen Stellen (z.B. Giest, Hartinger und Kahlert, 2008; Hammann, 2004; Schecker & Parchmann, 2006;) wird darauf verwiesen, dass Entscheide zur Dimensionierung von Kompetenzen und zur Untergliederung in Komponenten mit Bezug auf die Ausrichtung der Modellierung pragmatisch zu treffen seien. Im Hinblick auf eine empirische Überprüfung von Modellen sollte die Komplexität des Modells nicht zu hoch angelegt werden, da jede Dimension und jede Unterteilung in einzelne Komponenten die Anzahl der zu überprüfenden Zellen und damit der Anzahl Aufgaben erhöht.

Auf der Basis der hier zusammengestellten Grundlagen, den im Bericht zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards (Klieme et al. 2003) aufgeführten Ansprüchen an Kompetenzmodelle, den Vorgaben der EDK zum Projekt HarmoS und den im Rahmen des HarmoS-Projektes konsortiumsübergreifend geführten Diskussionen wird das Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften+ dreidimensional aufgespannt (vgl. Abschnitt 2.1.6):

- als Komponentenmodell mit den Dimensionen Handlungsaspekte (Fähigkeiten und Fertigkeiten, Handlungen, Prozesse, Methoden der Erkenntnisgewinnung, „Wissen über Naturwissenschaften“) und Themenbereiche (Naturwissenschaftliche Themen und Inhalte, Basiskonzepte, Big Ideas der Naturwissenschaften),
- die Dimension „Handlungsaspekte“ wird als primäre und prioritäre Dimension festgelegt, die Dimension „Themenbereiche“ wird exemplarisch in Beziehung gesetzt zur Dimension „Handlungsaspekte“; die Zellen im Netz der beiden Dimensionen werden exemplarisch repräsentativ, aber nicht umfassend, gefüllt. Mit dieser Anlage werden die wechselseitige Abhängigkeit bzw. die gegenseitige Durchdringung der Dimensionen zwischen den Bereichen Fähigkeiten/Fertigkeiten (Methoden, Denkweisen, Prozesse) und Inhalte/Themen (z.B. naturwissenschaftliches Sachwissen, Konzepte) berücksichtigt und auch darauf bezogene Aspekte wie Einstellungen aber auch metakognitives Wissen einbezogen.
- Das Komponentenmodell wird ergänzt mit der dritten Dimension bezogen auf die Anforderungen (vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 2.1.6). Anforderungen werden als erwünschte, angestrebte Ausprägungen verschiedener Handlungsaspekte definiert. Sie entsprechen unterschiedlichen kognitiven und affektiven Leistungen und Erwartungen und werden als unterschiedliche Niveaus der Ausprägung von Kompetenzen beschrieben. Thematisch werden Teilbereiche und ausgewählte Konzepte zu den Themenbereichen beschrieben.
- Die in verschiedenen Ansätzen (z.B. Schecker & Parchmann, 2006) erwähnte oder aufgenommene Dimension *Kontext*, welche sich auf die Abhängigkeit von Kompetenzausprägungen und Schülerleistungen von Komponenten wie persönlicher Bezug, individuelle Bedeutsamkeit, Interessen, soziale Einbettung u.a. (Situiertheit) bezieht, wird nicht auf der Ebene des Kompetenzmodells modelliert. Entsprechende Bezugspunkte werden aber bei der Entwicklung von Situationen und Aufgaben für die Tests zur Überprüfung des Kompetenzmodells einbezogen (vgl. Unterkapitel 3.2).

5 Kompetenzniveaus und Kompetenzentwicklungen

Kompetenzen und Teilkompetenzen können sehr unterschiedlich ausgeprägt sein (z.B. die Kompetenz, einer Frage durch eigenes Untersuchen nachzugehen und dabei gewonnene Ergebnisse und Erkenntnisse darzulegen). Unterschiedliche Ausprägungen naturwissenschaftlicher Kompetenzen werden zum Beispiel in den Stufen von Science Literacy umschrieben (vgl. Abschnitt 2.1.2; Bybee, 2002). Niveaus bzw. Stufen bezogen auf Kompetenzbereiche sind charakterisiert durch bestimmte Ausprägungen entsprechender Fähigkeiten und Fertigkeiten, Handlungsweisen, Vorstellungen und Konzepte zu Sachen und Situationen (Schülerinnen und Schüler können...). Diese Ausprägungen beziehen sich auf Prozesse, Handlungen und Ergebnisse. Im Niveaumodell geht es darum, begründet und so weit als möglich empirisch abgestützt Vorstellungen und Ergebnisse zu beschreiben, welche Abstufung der Ausprägung von Kompetenzen angenommen werden können und welche Niveaus der Performanz zu entsprechenden Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern festgestellt werden können.

Mit Bezug zu aktuellen Ergebnissen der Lernforschung und der fachdidaktischen Forschung wird im Bereich der Naturwissenschaften breit von einem kognitiv-konstruierenden Lernverständnis ausgegangen. Im Rahmen eines solchen Verständnisses können Niveaus der Ausprägung von Kompetenzen insbesondere mit Bezug zu individuellen Vorstellungen und Konzepten, zu Fähigkeiten und Fertigkeiten und deren Entwicklung und Veränderung beschrieben werden. Lernen wird verstanden als die Entwicklung und Veränderung von Vorstellungen durch Umstrukturierung und Erweiterung von bestehenden Vorstellungen und Konzepten und die Erweiterung von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Strategien. Festgestellt wird dabei, dass das domänenspezifische Vorwissen und situierte Arrangement von Lernprozessen bedeutsam sind.

In Entwicklungsmodellen wird angelegt, an welchen Merkmalen, Differenzierungen und Erweiterungen sich Ausprägungen von Kompetenzen in der Entwicklung (z.B. von Lernzyklus zu Lernzyklus) zeigen (sollen). Niveau- und Entwicklungsmodelle sind damit nicht identisch. So gesehen sind z.B. auch die Kompetenzstufenmodelle bei TIMSS, PISA und IGLU nicht als Entwicklungsmodelle gedacht. Sie beschreiben Ausprägungen und Niveaus der naturwissenschaftlichen Kompetenz bezogen auf die Schülerinnen und Schüler einer bestimmten Altersgruppe.

Niveaus können sich beziehen auf

- bestimmte Anforderungen an die Ausprägung von Fähigkeiten und Fertigkeiten (z.B. Art und Grad der Fähigkeit, Informationen zu einem Inhalt, einer Frage zu recherchieren, ein Experiment anzulegen, durchzuführen und Ergebnisse zusammenzutragen),
- normative Setzungen (z.B. erwartete Ausprägungen von Kompetenzen am Ende eines Schulzyklus, bestimmte Erwartungen im Hinblick auf spezifische Handlungssituationen im Alltag, in Berufsfeldern, als Voraussetzung für eine weiterführende Ausbildung),
- bestimmte (Entwicklungs-)Stufen der Ausprägung einer Denkweise (z.B. Abstraktionsvermögen, modellartige Vorstellungen, Experimentierfähigkeiten), wenn möglich abgestützt auf empirisch gesicherte „Stufenmodelle“.

Als Grundlage und Hilfsmittel für die Entwicklung von Niveaumodellen für den naturwissenschaftlichen Bereich dienen neben einzelnen Ergebnissen aus Studien insbesondere Annahmen über Kompetenzentwicklungen, wie sie auch in Arbeiten zur Kognitions- bzw. Lernforschung und in bereits entwickelten Verfahren zu Schulleistungstests aufgenommen sind. Analysiert und einbezogen werden dabei vor allem Verständnisdimensionen (Ansprüche und Anforderungen, eine Sache, eine Situation zu verstehen bzw. zu durchdringen) und die Komplexität der in Frage- und Problemstellungen einbezogenen Anforderungen.

Bestehende Niveau- bzw. Stufenmodelle im Bereich der Naturwissenschaften sind meist normbezogen (z.B. Stufen von Scientific Literacy nach Bybee, 2002) oder im Anschluss an Tests basierend auf den Ergebnissen dazu entwickelt worden (z.B. PISA). Bayerhuber et al. (2007) kritisieren dabei, dass bestehenden Stufenmodellen der Bezug zu den Curricula, zu Zielen des Unterrichts, zu Aufgabensammlungen aus der Fachdidaktik fehlt. Ein weiteres Problem besteht darin, dass Kompetenzen sehr komplex angelegt sind, sich aus mehreren Facetten ergeben und damit häufig nicht sauber getrennt nach An-

sprüchen an Vorwissen, an Fähigkeiten und Fertigkeiten, an Interessenbezügen u.a. beschrieben werden können. Mit dieser Problematik werden alle Ansätze zur Entwicklung von Niveau- und Entwicklungsmodellen konfrontiert.

Evidenzbasierte Entwicklungsmodelle liegen für den Bereich der Naturwissenschaften nach unseren Recherchen noch kaum vor. Hinweise zur Ausprägung von Kompetenzen und zu Vorstellungen und Konzepten von Schülerinnen und Schülern zu bestimmten Themen und Fragestellungen ergeben sich aus verschiedenen Studien, welche sich jedoch nur zum Teil und in Ansätzen auf Längsschnitte beziehen, sondern eher auf einzelne Interventionsstudien und auf Vergleiche zwischen verschiedenen Stufen zum gleichen Zeitpunkt.

Im Hinblick auf die Entwicklungsarbeiten zum Niveaumodell HarmoS Naturwissenschaften+ werden verschiedene Grundlagen berücksichtigt. Mit Bezug zu Ergebnissen der Kognitionsforschung wird z.B. davon ausgegangen, dass explizites, verbalisiertes Wissen eine Voraussetzung ist, um Verknüpfungen, Abläufe, Zusammenhänge herleiten zu können. „Hiermit ist ein Prinzip genannt, das zur Abstufung von Kompetenzniveaus verwendet werden kann: Höhere Kompetenzniveaus in einer Domäne wären durch immer stärkere ‚Prozeduralisierung‘ von Wissen charakterisierbar. In klassischen Begriffen bedeutet dies: Wissen geht auf höherem Niveau in Können über.“ (Klieme et al., 2003, S. 78f.). Als andere Prinzipien nennt Klieme die Bildung von Meta-Wissen und abstrakterem Wissen. Angelegt wird damit eine Stufung – in gewisser Hinsicht auch eine Entwicklung – welche *Anspruch* als zunehmende Differenzierung und Komplexität als eine Art „von-zu“-Rating beschreibt:

- von deklarativem zu stärker prozeduralem Wissen,
- von einzelnen Wissensbezügen zum vernetzten Wissen,
- von Betrachtungen ohne spezifische Gesichtspunkte zu kriteriengeleitetem Betrachten (auch Vergleichen u.a.),
- vom unsystematischen, unstrukturierten zum systematischen Experimentieren oder Recherchieren,
- von der unbewussten Hinwendung zu Sachen zur reflektierten Hinwendung und zur Reflexion des Lernprozessen (metakognitives Wissen und Können).

In ähnlicher Ausrichtung lassen sich auch Bezüge zu Stufen kognitiver Ansprüche herleiten, wie sie beispielsweise von Bloom im Zusammenhang mit Lernzieltaxonomien entwickelt wurden. Bloom (1971) unterschied dabei die Stufen Kenntnisse/Wissen (einzelner Begriffe, Fakten u.a.), Verstehen (im Sinne des Beschreibens, Erklärens mit eigenen Worten), Anwenden (im Sinne des Transfers), Analyse (Zusammenhänge erkennen, Folgerungen ziehen u.a.), Synthese (Lösungswege vorschlagen, Schemata oder Hypothesen entwerfen), Beurteilung (Alternativen gegeneinander abwägen, Entschlüsse fassen und begründen u.a.). Diese Stufen wurden ergänzt mit solchen zu affektiven Lernzielen (Kratwohl, Bloom und Masia, 1975) mit der Unterteilung in *Wertebeachtung*, *Wertebeantwortung*, *Wertung*, *Wertordnung* und *Wertverinnerlichung* und auch zu handlungsbezogenen Lernzielen (Imitation, Manipulation im Sinne der Anwendung von Instruktionen und der Festigung von Techniken, der Präzisierung, der Handlungsgliederung im Sinne der Koordination von Handlungen und Abläufen und der Internalisierung von Handlungen).

Anderson und Kratwohl (2001) haben aus aktueller Perspektive eine Überarbeitung und Erweiterung der Taxonomie kognitiver Lernziele nach Bloom vorgenommen und dabei vor allem eine stärkere Ausrichtung auf Kompetenzen im Sinne von „Handlungsdispositionen“ bzw. Fähigkeiten und Fertigkeiten vorgenommen. Sie unterscheiden und beschreiben die kognitiven Prozessdimensionen als „Stufen“ wie folgt (Anderson und Kratwohl, 2001, S. 67f; um Interpretationen beim Übersetzen zu vermeiden hier im Originalwortlaut).

- „Remembering: Retrieving, recognizing, and recalling relevant knowledge from long-term memory.
- Understanding: Constructing meaning from oral, written, and graphic messages through interpreting, exemplifying, classifying, summarizing, inferring, comparing, and explaining.
- Applying: Carrying out or using a procedure through executing, or implementing.
- Analyzing: Breaking material into constituent parts, determining how the parts relate to one another and to an overall structure or purpose through differentiating, organizing, and attributing.
- Evaluating: Making judgments based on criteria and standards through checking and critiquing.

- Creating: Putting elements together to form a coherent or functional whole; reorganizing elements into a new pattern or structure through generating, planning, or producing.“.

In einem weiteren Schritt entwickelten Anderson und Hohl (2001) eine Matrix, in welcher sie Wissensbereiche und kognitive Prozessdimensionen verknüpfen. Dabei werden zu verschiedenen Wissensbereichen den oben ausgeführten Prozessdimensionen (*Remembering, Understanding, Applying, Analyzing, Evaluating, Creating*) Denk- und Handlungsweisen zugewiesen. Folgende Ausprägungen und „Stufungen“ werden dabei beschrieben (übersetzt aus Original):

- Faktenwissen: auflisten, zusammenfassen, klassifizieren, ordnen, gewichten, kombinieren/verbinden; Konzeptionelles Wissen: beschreiben, interpretieren, experimentieren, erklären, überprüfen, planen;
- Prozedurales Wissen: tabellarisch ordnen, vermuten/vorhersagen, berechnen, unterscheiden; folgern/entscheiden, komponieren/entwerfen;
- Metakognitives Wissen: (geführtes) anwenden, ausführen, konstruieren/erdenken, (Ziele) erreichen, handeln, verwirklichen/umsetzen.

Diese Stufungen und Differenzierungen weisen ähnliche Bezugspunkte auf, wie sie Klieme et al. (2003) ausgehend von Ergebnissen aus der Kognitionsforschung beschreiben.

- Eine Ausdifferenzierung des Facettendesigns bezüglich der kognitiven Anforderungen wurde in der ergänzenden nationalen Studie PISA 2003 in Deutschland vorgenommen (Rost et al., 2005). Im Facettendesign wurden zwei Dimensionen angelegt: *Basiskonzepte* und *kognitive Anforderungen* (vgl. Abschnitt 2.1.3) Die sieben beschriebenen Komponenten kognitiver Ansprüche entsprechen einer Weiterentwicklung des Komponentenmodells bei PISA 2000. Folgende Komponenten werden unterschieden (nach OECD/PISA Deutschland, 2003, S. 11):
- Umgang mit Zahlen (Verrechnung von in Texten gegebenen quantitativen Größen),
- Sachverhalte verbalisieren (Verbalisierung einer in Form von Tabellen, Bildern oder Grafen gegebenen Information),
- Umgang mit mentalen Modellen (Nutzung einer Vorstellung über einen Sachverhalt; modellhafte Aussagekraft der verbal oder bildlich erzeugten Vorstellung),
- konvergentes Denken: Wissens Elemente logisch miteinander verknüpfen, um über diesen Weg Folgerungen zu ziehen oder Vorhersagen machen zu können,
- Umgang mit grafischen Repräsentationen: Nutzung grafisch dargebotener Informationen zur Aufgabenlösung,
- divergentes Denken: Kreative Produktion mehrerer Antworten auf eine Frage, die ein Grundverständnis zum Sachverhalt ausdrücken,
- Bewerten: Auswahl einer Prioritätensetzung, die argumentativ begründet wird. Sachliche Informationen sollen in einen Bewertungsprozess eingebunden werden.

Aus diesen Grundlagen entnehmen wir, dass bei der Beschreibung von Ansprüchen und Anforderungen zu Handlungsaspekten in Niveau- und Entwicklungsmodellen eine Anlehnung an die Verständnisdimensionen (Ansprüche und Anforderungen, eine Sache, eine Situation zu verstehen, zu durchdringen) und die Komplexität der in Frage- und Problemstellungen einbezogenen Anforderungen möglich ist und sich auch entsprechende Komponenten festmachen lassen. Dies entbindet keineswegs von der empirischen Überprüfung dieser Annahmen.

Niveau- bzw. Stufenmodelle und Kompetenzentwicklungsmodelle werden in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Bereich der Naturwissenschaften angelegt. Es liegen aber noch keine umfassende Differenzierung und empirische Überprüfungen vor. Hammann (2004) entwirft ein Kompetenzentwicklungsmodell zum Bereich Experimentieren, in welchem er eine Stufung für drei Teilaspekte vorsieht, wobei diese Teilaspekte in einem wechselseitigen Bezug stehen und eine aufeinander abgestimmte Förderung notwendig ist:

- Hypothesengewinnung: Stufung von „Keine Hypothesen beim Experimentieren“ (Stufe 1) bis „Systematische Suche nach Hypothesen und erfolgreiche Hypothesenrevision“ (Stufe 4)
- Planen von Experimenten, Umgang mit Variablen beim Experimentieren: Stufung von „unsystematischer Umgang mit Variablen“ (Stufe 1) bis „Systematischer Umgang mit Variablen in unbekanntem Domänen (Stufe 4)
- Analyse von Daten: Stufung von „Daten werden nicht auf Hypothesen bezogen“ (Stufe 1) bis „Daten werden in adäquater Weise zur Überprüfung von Hypothesen herangezogen“ (Stufe 4).

Sommer (2006) leitet in ihren Arbeiten zur Systemkompetenz von Grundschülerinnen und -schülern ein hypothetisches Stufenmodell her, indem sie die unterschiedlichen Leistungen der Schülerinnen und Schüler bezogen auf Aufgaben mit unterschiedlichen Anforderungen als unterschiedliche Niveaustufen einer Teilkompetenz interpretiert. Dabei wurden zwei Aufgabenmerkmale variiert: das *Fachwissen*, das zur Beantwortung der Frage notwendig war und die *systemische Komplexität*, d.h. die Anzahl und Vernetzung der Elemente und Beziehungen des Systems (Sommer, 2006; Sommer und Harms, 2008).

Eggert und Bögeholz (2006) nehmen in ihrer Ausführung zum Göttinger Modell der Bewertungskompetenz eine Einteilung in fünf Kompetenzniveaus vor, welche sie ausgehend von verschiedenen Teilkompetenzen beschreiben. Aspekte sind dabei die Anzahl der Kriterien, welche bei Bewertungen einbezogen werden, die Art des Vergleichs gegebener Optionen mit den Kriterien, die Art des Entscheides (non kompensatorisch – kompensatorisch) und die Reflexion zum Beurteilungsprozess. (Eggert und Bögeholz, 2006, S. 192).

Die Arbeitsgruppe Möller (Möller et al., 2002) entwickelte in der Studie zum konzeptuellen Verständnis von Grundschülerinnen und -schülern zum Thema „Schwimmen und Sinken“ (Dichte und Auftrieb) ein Levelsystem, in welchem zwischen Fehlvorstellungen, Alltagserklärungen und wissenschaftlichen Erklärungen unterschieden wurde.

In mehreren Arbeiten wird auf Defizite bezüglich der Ausprägung von Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Bereich auf der Sekundarstufe I hingewiesen. Hammann (2004 und 2006) bezieht sich z.B. auf Ergebnisse aus fachdidaktischen und psychologischen Untersuchungen zum Bereich Experimentieren. Hammann (2004, S. 199) verweist dabei insbesondere auf Erkenntnisse, wonach mangelndes methodisches Wissen und ein eingeschränktes Vorwissen der Lernenden zu Defiziten beim Experimentieren führen. Bemängelt werden insbesondere das unsystematische Vorgehen beim Planen von Experimenten und beim Einschätzen von Ursache-Wirkungs-Beziehungen und das unlogische Vorgehen bei der Datenanalyse. Untersuchungen aus dem angelsächsischen Raum zum Wissenschaftsverständnis von Schülerinnen und Schülern (z.B. Carey und Smith, 1993; Driver et al. 1996 zitiert in Koerber et al., 2008) zeigten auf, dass Schülerinnen und Schüler meist unreflektierte Erkenntnispositionen einnehmen und dabei z.B. kaum zwischen Theorien/Hypothesen einerseits und empirischer Evidenz andererseits unterscheiden.

Auf der anderen Seite liegen Ergebnisse aus Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Verständnis von Schülerinnen und Schülern im Anfangsunterricht und in der Grundschule vor, welche andere Hinweise liefern. Die Untersuchungen von Koerber und Sodian (2006), Grygier et al. (Hrsg., 2004) bzw. Grygier (2008), Möller et al. (2002 und 2006) zeigen Ergebnisse, z.T. auch aus Interventionsstudien, dass bereits im Vor- und Grundschulalter naturwissenschaftliche Kompetenzen zur Methodik des Experimentierens und der Evaluation von Daten (Methodenkompetenz), zum Wissenschaftsverständnis (Natur of Science) und zur Erschließung von Erscheinungen und Konzepten vorliegen. Aus den Ergebnissen dieser Studien geht hervor, dass Kinder wesentlich früher als bisher angenommen „ein Grundverständnis der Wissenskonstruktion und der Hypothesenprüfung“ zeigen und auch darin gefördert werden können. Zudem belegen die von uns dargelegten Befunde, dass es grosse und individuelle Unterschiede in der Entwicklung von Wissenschaftsverständnis und Methodenkompetenz gibt.“ (Koerber et. al., 2008, S. 150). Aus heutiger Sicht wird von einer domänenspezifischen Entwicklung und nicht von einer übergreifenden Entwicklung ausgegangen. Kompetenzen sind bei einem Teil der Kinder schon viel früher angelegt, als dies z.B. Piaget angenommen hatte. Zudem wird die Bedeutung des Vorwissens im Zusammenhang mit der weiteren Entwicklung von Kompetenzen betont.

Bezüglich der Anzahl Niveaus oder Stufen, die in einem Modell angelegt werden, ergeben sich aus den bestehenden Arbeiten keine Referenzpunkte, die für eine bestimmte Stufung sprechen. Auch diesbezüglich wird eher ein pragmatisches Vorgehen vorgeschlagen. In den meisten Studien wird eine Aufteilung zwischen drei und fünf Stufen vorgenommen. Bei der Beschreibung von Niveaus zeigt sich, dass eine Differenzierung in zu viele Stufen sehr schwierig ist.

Für die Entwicklung des Niveaumodells bei HarMoS Naturwissenschaften+ besteht der Anspruch, über die drei Zyklen der obligatorischen Schule hinweg (Eingangsstufe, Primarstufe und Sekundarstufe I) Kompetenzansprüche und -ausprägungen zu beschreiben und darauf aufbauend – mit Bezug zu Ergebnissen der Validierung des Modells – Basisstandards vorzuschlagen. Gemäss den Ausführungen im Abschnitt 2.1.6 wird ein zweidimensionales Komponentenmodell angelegt und dabei die Dimension der Handlungsaspekte als primäre Dimension festgelegt. Das Niveaumodell bezieht sich also primär auf die Handlungsaspekte und damit auf die Beschreibung von Anforderungen und Ausprägungen, bezogen auf die Komponenten der Handlungsaspekte (Fähigkeiten und Fertigkeiten). Einbezogen werden dabei insbesondere die oben aufgeführten Grundlagen zur Erörterung kognitiver Ansprüche

Das Niveaumodell für HarMoS Naturwissenschaften+ wird normativ entwickelt, wobei in die Beschreibung der Niveaus so weit als möglich die Abstützung auf bestehende Grundlagen und auch auf Ergebnisse aus Studien vorgenommen wird. Eine teilweise Validierung des Niveaumodells erfolgt im Rahmen der Tests, die im Projekt durchgeführt werden. Dabei muss festgehalten werden, dass bei der Validierung des Modells Schülerinnen und Schüler getestet werden, die nicht oder nur in Teilbereichen auf die Kompetenzen hin ausgebildet wurden, die im Modell beschrieben werden. Zur Anlage des Niveaumodells vgl. die Ausführungen im Abschnitt 2.1.6.

Literatur

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. Washington DC: AAAS Project 2061.
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (2001). *Atlas of Science Literacy, Volume 1*. Washington DC: AAAS Project 2061.
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (2007). *Atlas of Science Literacy, Volume 2*. Washington DC: AAAS Project 2061.
- Anderson, L. W. & Kratwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Addison Wesley Longman.
- Bayerhuber, H. et al. (Hrsg.) (2007). *Kompetenzentwicklung und Assessment*. Innsbruck: Studienverlag
- Beinbrech, C. & Möller, K. (2008). *Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Sachunterricht*. In: Giest, H., Hartinger, A., Kahlert, J. (Hrsg.). *Kompetenzniveaus im Sachunterricht. Reihe Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Band 2*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 101 - 117.
- Bloom B. (1971). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Education Goals. Handbook I: Cognitive Domain*.
- Bögeholz S. et al. (2004). Bewerten – Beurteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 10*, S. 89 – 115, <http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn> (letzter Zugriff: 8. August 2008).
- Bos, W. et al. (Hrsg.) (2003). *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving Science Literacy. From Purposes to Practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In: Gräber, W. P. Nentwig, P. et al. (Hrsg.). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske und Budrich, S. 21 – 43.
- CMEC (1997). *Common Framework of Science Outcomes*. Council of Ministers of Education (CMEC) / Canada. <http://www.cmec.ca/science/framework/> (letzter Zugriff 8. August 2008).
- Deutsches PISA Konsortium (Hrsg.) (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske und Budrich.
- EDK (2004). *HarMoS – Zielsetzungen und Konzeption*. Bern, Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK). http://www.edk.ch/d/EDK/Geschaefte/framesets/mainAktivit_d.html (letzter Zugriff 24. August 2008).
- Eggert S. & Bögeholz S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 12*, S. 177 – 197; <http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn> (letzter Zugriff 24. August 2008).
- Forehand, M. (o.D.). *Bloom's Taxonomy. From Emerging Perspectives of Learning, Teaching and Technology*. The University of Georgia. http://projects.coe.uga.edu/epltt/index.php?title=Bloom%27s_Taxonomy (letzter Zugriff 8. August 2008).
- Giest, H., Hartinger, A., Kahlert, J. (Hrsg.) (2008). *Kompetenzniveaus im Sachunterricht. Reihe Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Band 2*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Gräber, W., Nentwig, P. et al. (2002). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske und Budrich.
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Grygier, P. et al. (Hrsg.) (2004). *Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. In: *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 57/4, S. 196 - 203.
- Hammann, M. (2006). Naturwissenschaftliche Kompetenz – PISA und Scientific Literacy. In: Steffens, U. & Messner R. (Hrsg.). *PISA macht Schule. Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabenkultur*. Wiesbaden: Institut für Qualitätsentwicklung, Hessisches Kultusministerium, S. 127 – 179.
- Kauertz, A. & Fischer, H.E. (2006). Assessing Students Level of Knowledge and Analysing the Reasons for Learning Difficulties in Physics by Rasch Analysis. In: Xiufeng, L. & Boone, W.E. (Eds.). *Applications of Rasch Measurement in Science Education*. Maple Grove (USA): Jam Press, S. 212 - 246.
- Klieme, E. et al. (Hrsg.), 2003. *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards: eine Expertise*. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung. Vgl. auch:
http://www.edk.ch/d/EDK/Geschaefte/framesets/mainAktivit_d.html (letzter Zugriff 24. August 2008).
- Klieme, E.; Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 52/6, S. 876 – 903.
- KMK (2004a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. Bonn.
http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Biologie_MSA_16-12-04.pdf (letzter Zugriff 24. August 2008).
- KMK (2004b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. Bonn.
http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Chemie_MSA_16-12-04.pdf (letzter Zugriff 24. August 2008).
- KMK (2004c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. Bonn.
http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Physik_MSA_16-12-04.pdf (letzter Zugriff 24. August 2008).
- KMK (2005). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München, Neuwied: Luchterhand.
- Koerber, S. & Sodian, B (2006). Kognitive Entwicklung und Anfangsunterricht. In: Gläser E. (Hrsg.). *Sachunterricht im Anfangsunterricht. Lernen im Anschluss an den Kindergarten*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 61 – 76.
- Koerber, S. et al. (2008). Wissen über Wissenschaft als Teil der frühen naturwissenschaftlichen Bildung. In: Giest, H., Hartinger, A., Kahlert, J. (Hrsg.). *Kompetenzniveaus im Sachunterricht. Reihe Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Band 2*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 135 – 153.
- Kratwohl, D. R., Bloom, B. S.; Masia, B. B. (1975). *Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Labudde, P. (2007). How to Develop, Implement and Assess Standards in Science Education? 12 Challenges from a Swiss Perspective. In: Waddington, D.; Nentwig, P. & S. Schanze (Hrsg.). *Making it comparable – Standards in Science Education*. Münster: Waxmann, S. 277-301.
- Labudde, P. & Adamina, M. (2004). *Offerte HarMoS Naturwissenschaften*. Bern: PHBern.
- Möller, K. et al. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 45, Beiheft, S. 176 – 191.
- Möller, K. et al. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung des konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In: Prenzel, M. & Allolio-Näcke, L. (Hrsg.). *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG Schwerpunktprogramms BIQUA*. Münster: Waxmann, S. 161 – 193.
- NRC (National Research Council (2004, 10). *National Science Education Standards (NSES)*. Washington. Siehe auch: <http://www.nsta.org/standards> (letzter Zugriff: 24. August 2008).
- Nelson, G.D. (ohne Jahr). Science & Math Education for the 21st Century.
<http://www.project2061.org/publications/articles/articles/ripon.htm> (Letzter Zugriff 1. September 2008)
- Norris, S. & Philipps, L. (2003). How Literacy in its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. In: *Science Education*, Heft 87(2), S. 224 – 240.
- OECD, PISA Deutschland (2003). *Internationales und nationales Rahmenkonzept für die Erfassung von naturwissenschaftlicher Kompetenz in PISA 2003*. <http://www.uni-landau.de/zlb-Landau/downloads/fuer%20die%20lehre/allgemein%20-%20und%20schulbildung%20und%20-leistung%20Basistexte/allgemein/PISA03NaWiRahmenkonzeption.pdf> (letzter Zugriff 8. August 2008).
- OECD (2004). *Learning for Tomorrow's World - First Results from PISA 2003*. Paris: OECD.
- QCA (Qualification an Curriculum Authority). *National Curriculum Science*. <http://curriculum.qca.org.uk/key-stages-1-and-2/subjects/science/index.aspx> (letzter Zugriff 24. August 2008).
- Rost, J. et al. (2005). Naturwissenschaftliche Grundbildung im Ländervergleich. In: PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.). *PISA 2003: Der zweite Vergleich der Länder in Deutschland – Was wissen und können Jugendliche?* Münster, New York: Waxmann, S. 103 - 124.

- Rychen, D. S.; Salganik, L. H. (Hrsg.), (2003). *Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society*. Göttingen, Bern: Hogrefe & Huber.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg 12*, S. 45 - 66.
- Schmidt, M. & Schecker, H. (2006). Kompetenzmodellierung im Themenbereich Energie - Entwicklung eines Testinventars. In: Pitton, A. (Hrsg.). *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 26. Lehren und Lernen mit neuen Medien*. Münster: LIT-Verlag S. 108 – 110.
- Senkbeil, M. et al. (2005). Der nationale Naturwissenschaftstest PISA 2003. Entwicklung und empirische Überprüfung eines zweidimensionalen Facettenmodells. In: *Empirische Pädagogik, 19(2005), Nr. 2*, S. 166 – 189.
- Shamos, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewusstsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In: Gräber, W. P. Nentwig, P. et al. (Hrsg.). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske und Budrich, S. 45 - 68.
- Sommer, C. (2006). *Untersuchung der Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie*. Kiel. http://e-diss.uni-kiel.de/diss_1652 (letzter Zugriff 24. August 2008).
- Sommer, C. & Harms, U. (2008). Kompetenzentwicklung im Sachunterricht zum Themenbereich Naturwissenschaften am Beispiel der Biologie. In: Giest, H., Hartinger, A., Kahlert, J. (Hrsg.). *Kompetenzniveaus im Sachunterricht. Reihe Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Band 2*. Bad Heilbrunn, Klinkhardt, S. 31 - 45
- Szlovak, B. (2005). *HarmoS - Lehrplanvergleich Naturwissenschaften*. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK).
- Weinert, F. E. & Helmke, A. (1997). *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Beltz
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In Weinert, F.E. (Ed.). *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz, S. 17 - 31.