

# Naturwissenschaftliche Bildung: Quo vadis?

Peter Labudde

In Deutschland wurden, bzw. in Österreich und in der Schweiz werden Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer entwickelt. Ausgelöst wurden diese Entwicklungen durch die internationalen Vergleichsstudien TIMSS und PISA; hier waren die Leistungen in den Naturwissenschaften unter den Erwartungen der Öffentlichkeit und der Bildungspolitik geblieben. Welche Standards werden nun in Biologie, Chemie und Physik entwickelt bzw. definiert? Wie sollen sie umgesetzt werden? Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für die naturwissenschaftliche Bildung, für Lehrkräfte und die fachdidaktische Forschung?

## Standards für den Mittleren Schulabschluss in Deutschland

Mit Beschluss vom 16. Dezember 2004 verabschiedete die deutsche Kultusministerkonferenz (KMK 2005a, 2005b, 2005c, 2005d) Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss, d.h. für das Ende des 10. Schuljahrs. Die Standards werden als Regelstandards definiert. Obwohl sie für die Fächer Biologie, Chemie und Physik je separat formuliert wurden, sind sie in zweierlei Hinsicht einheitlich aufgebaut: Zum einen gab die KMK für die Gliederung aller Bildungsstandards vier Kapitel vor: 1) der Beitrag des Faches zur Bildung, 2) Kompetenzbereiche des Faches, 3) Standards für die Kompetenzbereiche, 4) Aufgabenbeispiele. In den drei Naturwissenschaften umfasst das erste Kapitel je eine Seite, das zweite drei bis sechs, das dritte zwei bis drei, das vierte 18 bis 40 Seiten. Rein quantitativ liegt der Schwerpunkt also auf den Aufgaben.

Zum anderen einigten sich die drei Arbeitsgruppen in Biologie, Chemie und Physik auf vier gleichlautende Kompetenzbereiche: a) Fachwissen, b) Erkenntnisgewinnung, c) Kommunikation, d) Bewertung. In Tabelle 1 sind die Kompetenzbereiche für die drei Fächer zusammengefasst.

Kompetenzbereich	Biologie	Chemie	Physik
Fachwissen	Lebewesen, biologische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten kennen und den Basiskonzepten zuordnen	Chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen	Physikalische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	Beobachten, Vergleichen, Experimentieren, Modelle nutzen und Arbeitstechniken anwenden	Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen	
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen		
Bewertung	Biologische (bzw. chemische, physikalische) Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten		

Tabelle 1: Die vier Kompetenzbereiche der KMK-Bildungsstandards Biologie, Chemie, Physik

Die Kompetenzbereiche der drei Fächer sind zum Teil aufeinander abgestimmt: Beim Fachwissen geht es darum, Phänomene, Begriffe und Gesetzmäßigkeiten zu kennen und Basiskonzepten zuordnen zu können. Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung lautet für Chemie und Physik gleich; die zwei Bereiche Kommunikation und Bewertung weisen sogar für alle drei Fächer identische Titel auf. Die Gemeinsamkeiten beschränken sich allerdings auf Gliederung sowie Titel und nur wenig auf die dann folgenden Beschreibungen.

So werden beim «Fachwissen» in der Physik vier Basiskonzepte vorgegeben: Materie, Wechselwirkung, System und Energie. In der Chemie sind es die vier Konzepte Stoff-Teilchen-Beziehungen, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, chemische Reaktion, energetische Betrachtungen bei Stoffumwandlungen. In der Biologie die drei Konzepte System, Struktur und Funktion, Entwicklung. Die Basiskonzepte werden jeweils mit Stichworten und Beispielen kurz beschrieben.

«Mittels dieser Basiskonzepte [...] beschreiben und strukturieren die Schülerinnen und Schüler fachwissenschaftliche Inhalte. Sie bilden für die Lernenden die Grundlage eines systematischen Wissensaufbaus unter fachlicher und gleichzeitig lebensweltlicher Perspektive.» (KMK 2005c, S. 8). Schecker (2007) schlägt daher vor, statt von Basiskonzepten besser von Leitideen zu sprechen.

Im Kompetenzbereich «Erkenntnisgewinnung» werden in allen drei Fächern konkrete Handlungen beschrieben: wahrnehmen, beobachten, ordnen, erklären, prüfen, Modelle bilden. Es geht in diesem Bereich insbesondere um das Entwickeln von Fragestellungen und das Experimentieren. Der Kompetenzbereich «Kommunikation» schließt u.a. ein: Verstehen von Grafiken und Tabellen, Umgang mit Informationsmedien, Sprech- und Schreibfähigkeit in der Alltags- und Fachsprache, Diskurs- und Teamfähigkeit. Im Bereich «Bewertung» geht es u.a. darum, naturwissenschaftliche Sachverhalte in ihrer Bedeutung und Anwendung aufzuzeigen, zwischen naturwissenschaftlichen und politischen Komponenten einer Bewertung zu unterscheiden, Entscheidungen sachgerecht und verantwortungsbewusst zu treffen, die Grenzen naturwissenschaftlicher Sichtweisen zu kennen.

Die eigentlichen Standards für Biologie, Chemie und Physik werden jeweils im dritten Kapitel als Lernziele aufgeführt: Genannt werden 26 Ziele in Physik, 42 in Chemie und 52 in Biologie. Als paradigmatische Beispiele seien genannt: «Die Schülerinnen und Schüler:

- verstehen die Zelle als System/erklären den Organismus und Organismengruppen als System [Biologie, Fachwissen, Basiskonzept System],
- planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen/führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese [Chemie, Erkenntnisgewinnung],
- unterscheiden zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen/recherchieren in unterschiedlichen Quellen [Physik, Kommunikation].»

Im vierten und letzten Kapitel werden jeweils circa ein Dutzend Aufgabenbeispiele notiert. Vorgängig werden noch sogenannte Anforderungsbereiche beschrieben, wobei die drei Niveaus I bis III unterschieden werden. So heißt es beim Kompetenzbereich Fachwissen: I) Wissen wiedergeben, II) Wissen anwenden, III) Wissen transferieren und verknüpfen.

Bei den Aufgabenbeispielen werden jeweils Aufgabenstellung, erwartete Lösung sowie die Zuordnung zu den Kompetenz- und Anforderungsbereichen dargelegt. Mit diesen Aufgaben werden die zuvor beschriebenen Kompetenzbereiche, Standards und Anforderungsprofile veranschaulicht. Naturwissenschaftslehrkräfte erhalten so nicht nur konkrete Unterrichtsideen, sondern auch Orientierungshilfen für die Weiterentwicklung ihres Unterrichts. Bei den meisten Beispielen handelt es sich um Papier-und-Bleistift-Aufgaben. Sie weisen einen hohen lebensweltlichen Bezug auf, decken die Kompetenzbereiche breiter ab als

üblich, d. h. fokussieren nicht einseitig auf das Fachwissen, und verlangen z. T. das Aufstellen von Hypothesen sowie das Planen und – so in der Chemie – Durchführen von Experimenten.

Die Bildungsstandards in Biologie, Chemie und Physik werden in den nächsten Jahren einerseits den Rahmen für die Entwicklung der Kerncurricula und Lehrpläne in den Bundesländern abgeben, andererseits die Grundlage für ein nationales Bildungsmonitoring bilden, d. h. für einen Test mit einer nationalen repräsentativen Stichprobe. Mit einem derartigen Test, der erstmals für 2012 vorgesehen ist, werden verschiedene Ziele angestrebt (siehe die Beiträge von Klieme und Köller in diesem Band): Validieren des Kompetenzmodells, Definieren von Kompetenzstufen, Überprüfen der Schülerleistungen auf Systemebene, Initiieren von Schul- und Unterrichtsentwicklung.

## Das Projekt *HarmoS* Naturwissenschaften in der Schweiz

Die Entwicklung von Bildungsstandards in den Naturwissenschaften verläuft in der Schweiz anders in Deutschland (Labudde 2007a, 2007b). Eine Gegenüberstellung ermöglicht interessante Vergleiche und vielfältige Antworten auf die Frage «Naturwissenschaftliche Bildung: quo vadis?».

Im Rahmen des Projekts *HarmoS* (siehe Maradan in diesem Band) werden zwischen 2005 und 2008 Bildungsstandards für Naturwissenschaften entwickelt. Im Gegensatz zu Deutschland handelt es sich dabei um Standards für die Naturwissenschaften *zusammen*. Dies entspricht der Schweizer Tradition eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts von der 1. bis 9. Klasse. Ebenfalls anders als in Deutschland werden die Standards als Basisstandards definiert – und zwar für das Ende des 2., 6. und 9. Schuljahrs. Beim 6. und 9. Schuljahr handelt es sich um abschlussbezogene Standards: Ende der Primar- bzw. der obligatorischen Schule.

Das Konsortium *HarmoS* Naturwissenschaften wird ein Kompetenzmodell entwickeln (bis Ende 2006), dieses in verschiedenen Tests validieren (2007/08) und anschließend den politischen Behörden Basisstandards für das Ende der 2., 6. und 9. Klasse vorschlagen (Oktober 2008). Der Kern des Konsortiums besteht aus 15 Fachdidaktikerinnen und -didaktikern und zwei Fachleuten für empirische Bildungsforschung. Unterstützt werden sie durch 30 Lehrpersonen des 1. bis 9. Schuljahrs sowie eine zwölfköpfige wissenschaftliche Begleitgruppe.

Das Kompetenzmodell weist drei Dimensionen auf: Handlungsaspekte, Themenbereiche, Niveaus (vgl. Abb. 1). In der Terminologie der KMK-Standards würden die Dimensionen lauten: Kompetenzbereiche (mit Ausnahme des Fachwissens), Fachwissen mit Basiskonzepten, Anforderungsbereiche. Bereits Schecker und Parchmann (2006) schlugen vor, die KMK-Standards anders darzustellen, nämlich ebenfalls in einem dreidimensionalen Modell.

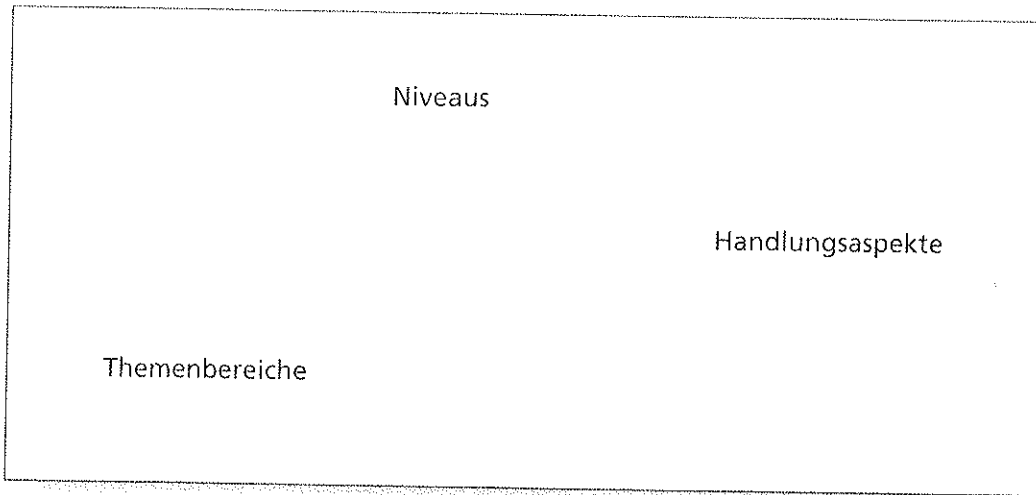


Abbildung 1: Das dreidimensionale Kompetenzmodell in HarmoS Naturwissenschaften

Das schweizerische Konsortium lässt sich primär von der Dimension der Handlungsaspekte leiten. Acht Aspekte zählen dazu: 1) Interesse entwickeln, 2) fragen und untersuchen, 3) Informationen erschließen, 4) ordnen und strukturieren, 5) einschätzen und beurteilen, 6) entwickeln und umsetzen, 7) mitteilen und austauschen, 8) eigenständig bearbeiten. Das Konsortium betrachtet diese Aufzählung als abschließend. Jeder Handlungsaspekt ist in vier bis fünf Teilaspekte gegliedert, die ausführlich beschrieben werden. So werden im Handlungsaspekt «fragen und untersuchen» vier Teilaspekte unterschieden: a) Erscheinungen, Situationen und Prozesse in Natur und Technik beobachten, beschreiben und vergleichen, b) sich Fragen stellen und Vermutungen formulieren, c) Geräte und Instrumente beim Untersuchen einsetzen, d) zählen und messen. – Die Handlungsaspekte werden im Weiteren auf die Themenbereiche bezogen. Erst und nur mit diesem Bezug ergeben sich *naturwissenschaftliche* Kompetenzen. Das Schweizer Modell unterscheidet sich damit in der Definition der Kompetenzen von den KMK-Standards.

Die zweite Dimension umfasst acht Themenbereiche: 1) Planet Erde, 2) Bewegung, Kraft, Energie, 3) Kommunikation, Regeln, Steuern, 4) Stoffe, 5) Lebewesen, 6) Lebensräume und -gemeinschaften, 7) Mensch und Gesundheit, 8) Natur-Gesellschaft-Technik: Perspektiven. Die Bereiche sind mehrheitlich interdisziplinär angelegt mit Bezügen nicht nur zu Biologie, Chemie und Physik, sondern auch zu Umweltbildung, nachhaltiger Entwicklung, Gesundheitserziehung und Technik. Das Konsortium spricht daher auch von «HarmoS Naturwissenschaften+», d.h. Naturwissenschaften plus weitere Disziplinen. Die Liste der Themenbereiche ist im Gegensatz zu derjenigen der Handlungsaspekte nicht abschließend. Zu jedem Themenbereich werden einige Teilthemen formuliert, wobei – ähnlich wie bei den Basiskonzepten in Deutschland – nur einzelne Kernbegriffe formuliert werden und auf ausführliche Begriffslisten bewusst verzichtet

wird. Denn die Handlungsaspekte und nicht die Themenbereiche sollen den Ausgangs- bzw. Angelpunkt der zukünftigen Bildungsstandards bilden, zudem will man der späteren Lehrplanentwicklung nicht vorgreifen.

Die dritte Dimension umfasst vier Niveaus. Man wählte bewusst vier, um etwaigen Assoziationen zu den drei gängigen Schultypen (Hauptschule, Sekundarschule, Gymnasium) vorzubeugen. Mit den Resultaten des Validierungstests werden die vier Niveaus, die nur auf Erfahrungen und Einschätzungen der Fachleute beruhen, später durch empirisch gesicherte Kompetenzstufen ersetzt.

2007/08 wird das Kompetenzmodell in aufwendigen Tests validiert: ein Papier-und-Bleistift-Test mit einer repräsentativen Stichprobe von je 4500 Schülerinnen und Schüler der 6. bzw. 9. Klasse, ein Experimentier- und erweiterter Papier-und-Bleistift-Test mit einer Stichprobe von je 400 Kindern und Jugendlichen des 6. bzw. 9. Schuljahrs, ein angeleiteter Test mit Papier-und-Bleistift- sowie Experimentieraufgaben mit 500 Kindern der 2. Klasse.

## Eine kritische Würdigung der vorhandenen Standards

Die Bildungsstandards in Naturwissenschaften, wie sie in Deutschland, Österreich (ab 2007) und in der Schweiz vorliegen bzw. derzeit erarbeitet werden, bilden eine fundierte Basis für die Diskussion über Entwicklungsperspektiven sowie Qualitätssicherung und -entwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese Diskussion muss jede Generation aufs Neue führen. So finden sich in den vorliegenden Bildungsstandards altbekannte Kapitel wieder, die bereits explizit oder implizit in den Lehrplänen der letzten 20 Jahre auftauchten: u.a. die Beiträge der Naturwissenschaften zur Bildung, Lernziele und Basiskonzepte. Sind die vorliegenden Bildungsstandards in Naturwissenschaften also nur alter Wein in neuen Schläuchen? Nein, denn es liegen vor bzw. kommen demnächst hinzu: fundierte Kompetenzmodelle, die Validierung dieser Modelle, die Entwicklung von Aufgaben und Tests, die Definition von Kompetenzstufen, die Definition von Basis- oder Regelstandards, ein stärkeres Betonen der Handlungsaspekte wie «kommunizieren» oder «bewerten», Evaluationen auf Systemebene. Die Standards sind offen formuliert und halten damit Freiräume offen – sowohl für zukünftige Lehrplanentwicklungen wie auch für die tägliche Arbeit der Naturwissenschaftslehrkräfte.

Die deutschen und schweizerischen Standards liegen im Mainstream der naturwissenschaftlichen Bildung, wie sie weltweit diskutiert und auch zunehmend globalisiert wird. So haben die Standards erkennbare Wurzeln im Konzept der «*Scientific Literacy*» von PISA: «Scientific literacy is defined as the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity» (OECD 2004).

Der Schwerpunkt der Standards liegt bei den zu erwerbenden Kompetenzen (*Performance Standards*), die sich auf konkrete naturwissenschaftliche Basiskonzepte bzw. Themenbereiche (*Content Standards*) beziehen. Auf diese Weise werden prozess- und konzeptorientierte Kompetenzen miteinander vernetzt: Im

Schweizer Modell bilden die «Handlungsaspekte» und «Themenbereiche» zwei verschiedene Dimensionen, während im deutschen Modell das «Fachwissen» und die drei anderen Kompetenzbereiche der gleichen Dimension zugeordnet werden. Letzteres kann zu Verwirrungen führen, da Kompetenzen wie «kommunizieren» oder «bewerten» immer nur an konkreten Fachinhalten erworben werden können. Derartige Kompetenzen liegen auf einer anderen Ebene als «Fachwissen».

Es bleibt im jetzigen Zeitpunkt eine offene Frage, wie viele Kompetenzbereiche sinnvoll sind bzw. sich empirisch dann wirklich unterscheiden lassen: In Deutschland sind es drei Bereiche (ohne Fachwissen), in der Schweiz acht. Wichtig ist, dass Kompetenzen wie «kommunizieren» und «bewerten», die bisher noch wenig im Fokus des naturwissenschaftlichen Unterrichts standen, genau begründet, theoretisch definiert und an konkreten Beispielen veranschaulicht werden. Hier ergibt sich ein breites und sinnvolles Betätigungsfeld für die Naturwissenschaftsdidaktikerinnen und -didaktiker.

In den deutschsprachigen Ländern gab es bisher nur wenig Kritik, die sich auf Spezifika der Bildungsstandards *in Naturwissenschaften* bezieht (GFD 2007; Leisen 2005; MNU 2007; Schecker 2007). So wird bemängelt, die Aufgabenbeispiele in den KMK-Standards würden leistungsschwache Jugendliche klar überfordern. Auch wird moniert, dass fächerübergreifende Themen zu kurz kämen. Deutlicher und lauter wird die Kritik, wo sie sich auf *allgemeine Charakteristika* der KMK-Standards bezieht: Es seien nicht nur Standards für den Mittleren Schulabschluss zu definieren, sondern in einem Gesamtkonzept auch für andere Stufen, z. B. für das Ende der 4. Klasse sowie für das Abitur, der Hinweis auf die «Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur» (EPA) reiche nicht. (Standards für das Abitur fehlen auch in der Schweiz, ein wesentlicher Kritikpunkt an *HarmoS*.) Zudem sei es unverantwortlich, ein Kompetenzmodell und Regelstandards zu verabschieden, ohne sie empirisch zu validieren. Auch wird gefragt, ob es gesellschaftspolitisch nicht sinnvoller wäre, Basis- statt Regelstandards zu verabschieden.

Erstaunlich ist, dass in Deutschland an der Aufgabenlastigkeit der Bildungsstandards und am Testkonzept mit reinen Papier- und Bleistift-Aufgaben bisher kaum Kritik laut wurde. Zum ersten Punkt: Gemäß den KMK-Vorgaben mussten ausführliche Aufgabenbeispiele zur Veranschaulichung der Standards und Testkonzepte erarbeitet werden. Die KMK scheint stark auf eine neue Aufgabenkultur zu setzen, denn sie nennt sie an *erster Stelle* bei der Umsetzung der Standards (2005a, S. 11): «Die Umsetzung der Bildungsstandards bietet die Chance der Entwicklung einer anforderungsbezogenen Aufgabenkultur.» Auch wenn es aus bildungspolitischer Perspektive einleuchtend ist, Bildungsstandards immer an Aufgaben und Tests zu koppeln und es aus fachdidaktischer Sicht viele Gründe für eine qualitativ hochstehende Aufgabenkultur gibt (Fischer/Draxler 2006), so wird ein zu einseitiger Fokus auf Aufgaben dem Konzept Bildungsstandards nicht gerecht. Bei der Entwicklung und Umsetzung von Standards sollte es auch um ein grundsätzliches Nachdenken über die Bildungsziele eines Faches gehen, um die Entwicklung von konkreten Unterrichtseinheiten und -materialien, um ein erstes Skizzieren einer gemeinsamen Schul- und Unterrichtsentwicklung.

Äußerst problematisch ist, dass im für 2012 vorgesehenen bundesweiten Test sowie auch für die diversen Tests und Vergleichsarbeiten auf Länderebene keine Schülerexperimente vorgesehen sind. Hier wird ein Zeichen gesetzt, das verheerende Folgen haben könnte: Das *Teaching-to-the-test* könnte dazu führen, dass im zukünftigen naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland noch weniger Schülerexperimente als bisher durchgeführt werden.

Werden sich die Bildungsstandards in Naturwissenschaften als Katalysator oder Korsett entpuppen? Sie haben das Potenzial für beides, entscheidend ist, wie wir sie umsetzen, sei es als Lehrperson, sei es als Fachdidaktikerin oder Bildungspolitiker. Wenn es bei Papier- und Bleistift-Aufgaben und einem alle paar Jahre durchgeführten nationalen Test bleibt, wenn es vermehrt zu landesweiten einheitlichen Selektionsprüfungen kommt, dann werden die Standards als lähmendes Korsett wirken. Wenn wir aber die vorliegenden Bildungsstandards als vorläufig ansehen und sie weiterentwickeln, wenn wir Kompetenzen wie z. B. «fragen und untersuchen» oder «mitteilen und austauschen» mehr Raum im naturwissenschaftlichen Unterricht geben, wenn wir Testresultate als Anlass für ein gemeinsames Miteinander- und Voneinander-Lernen nehmen, dann, ja dann können sich Bildungsstandards als Katalysator entfalten.

## Literatur

- Fischer, Hans/Draxler, Denis (2007): Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben. In: Kircher, Ernst/Girwidz, Raimund/Häufßler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik – Theorie und Praxis (S. 639–655). Berlin: Springer.
- GFD (Gesellschaft für Fachdidaktik) (2007): Stellungnahmen. <<http://gfd.physik.hu-berlin.de/statements.htm>> (Abruf: 27. Februar 2007).
- KMK (2005a): Bildungsstandards der Kulturlministerkonferenz: Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung. Neuwied: Luchterhand. <<http://www.kmk.org/schul/home.htm>> (Abruf: 27. Februar 2007).
- KMK (2005b): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Neuwied: Luchterhand.
- KMK (2005c): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Neuwied: Luchterhand.
- KMK (2005d): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Neuwied: Luchterhand.
- Labudde, Peter (2007a): How to Develop, Implement and Assess Standards in Science Education: 12 Challenges from a Swiss Perspective. In: Waddington, David/Nentwig, Peter/Schanze, Sascha (eds.): Making it Comparable – Standards in Science Education. Münster: Waxmann.
- Labudde, Peter (2007b): Schule und Unterricht harmonisieren: Bildungsstandards in der Schweiz. In: Unterricht Physik, Heft 97, S. 40–41.
- Leisen, Josef (2005): Zur Arbeit mit Bildungsstandards. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Jg. 58, Heft 5, S. 306–308.
- MNU (Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht) (2007):



Diverse Stellungnahmen. <[www.mmu.de](http://www.mmu.de)> → Bundesverband Positionen und Stellungnahmen (Abruf: 27. Februar 2007).

OECD (2004): Learning for Tomorrow's World – First Results from PISA 2003. Paris: OECD.

Schecker, Horst/Parchmann, Ilka (2006): Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 12, S. 45–66.

Schecker, Horst (2007): Die Bildungsstandards Physik: Ein Orientierungsrahmen für den Unterricht. In: Unterricht Physik, Nr. 97, S. 4–9.