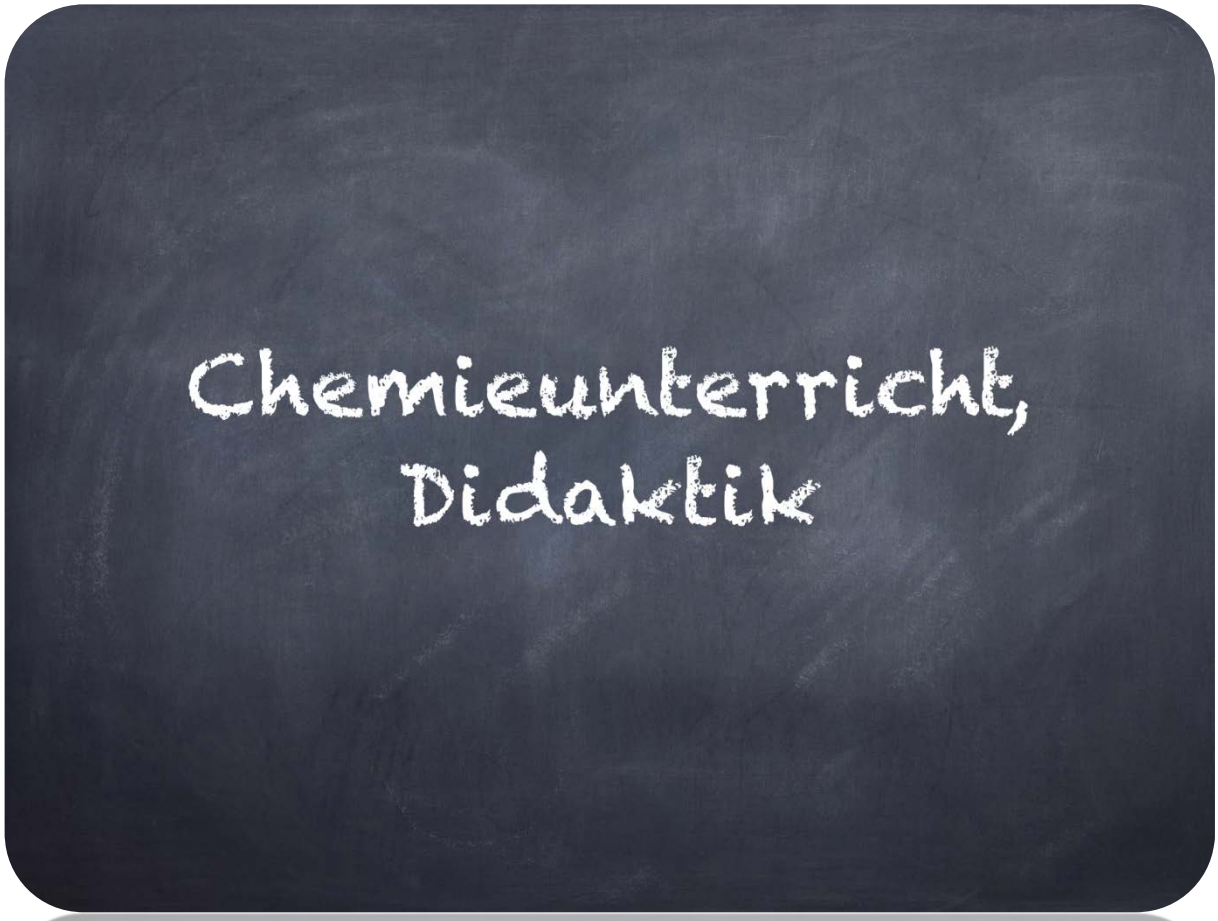
Chemieunterricht,
Didaktik

Kompetenzen – weshalb es nicht immer einfach ist, sie umzusetzen

Entwicklung naturwissenschaftlichen Unterrichts von TIMSS bis zu den Bildungsstandards

Nicht nur die Inhalte, sondern auch die Fragestellungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts haben sich in den letzten Jahren verändert. Ende der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts wurde die TIMSS-Studie[1] für Mathematik und Naturwissenschaften durchgeführt, bei der Deutschland in beiden Bereichen nur im Mittelfeld landete. Die TIMSS-Studie bezog sich durchgehend auf naturwissenschaftliche Fragestellungen.
In der folgenden Pisa-Studie aus dem Jahr 2000[2] wurden neben rein naturwissenschaftlichen Fragestellungen auch explizit Inhalte zu Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaften gestellt. Die anzustrebende naturwissenschaftliche Grundbildung in der Schule sollte jetzt umfangreicher sein und nicht nur Inhalte, sondern auch naturwissenschaftliches Denken einschließen wie in dem OECD-Zitat[3] beschrieben:
„……Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchung sollte die Fähigkeiten umfassen, zu erkennen, welche Fragen naturwissenschaftlich untersucht werden können und welche Anforderungen solche Untersuchungen erfüllen müssen."

Auch in den folgenden Pisa-Studien 2003 und 2006 werden die naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen so formuliert, dass die Schüler mehrere Kompetenzen für eine erfolgreiche Bearbeitung zeigen müssen. Häufig müssen zuerst die Kontextmaterialien sinnentnehmend gelesen werden, bevor anschließend eine naturwissenschaftlich korrekte Antwort gegeben werden soll. Die richtige Antwort erfordert, dass der Schüler aus der Menge an Daten die richtigen auswählt, die eigentliche Fragestellung erkennt und erst im letzten Schritt spezifisch auf die Fragestellung antwortet[4].
Die Umstellung auf den neuen Fragetyp sowie Hinweise und Hilfen zur methodischen und didaktischen Einführung in den Unterricht werden seit 1998 im Modellversuch SINUS[5] vermittelt.
In vielen Bundesländern z.B. in Hessen werden eine Vielzahl von Lehrerfortbildungsangeboten unter dem Begriff „Sinus-Transfer[6]" angeboten, bei denen neue Kompetenzen vermittelt werden. Diese Fortbildungen sind auf lokalen, regionalen und überregionalen Erfahrungsaustausch angelegt. Sie verfolgen die Perspektive der Breitenwirkung in der Region und sollen eine Dynamik entfalten, die über das Ende des Modellversuchsprogramms hinaus trägt.
Mit den 2004 eingeführten Bildungsstandards[7,8] wird schließlich ein Perspektivwechsel vom Input zum Output eingeleitet. Ziel ist das Erreichen von verschiedenen Kompetenzen, die der Schüler anwenden soll.
Die Entwicklung der pädagogischen Schwerpunkte im naturwissenschaftlichen Unterricht über TIMSS, Pisa, Sinus bis hin zu den Bildungsstandards wird u.a. ausführlich von Stäudel[9]

[1] Baumert J. u.a.: Testaufgaben Naturwissenschaften
[2] Pisa 2000: www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/
[3] Zitate aus OECD: Measuring Student Knowlege and Skills. A new Framwork for Assesmentm, Paris 1999, S. 60
[4] Siehe auch die Aufgaben zum Landesabitur in Hessen seit 2005, Stark Verlag
[5] Prenzel, M.(Hrsg.): http://blk-info.de/papers/heft60.pdf
[6] Siehe auch: http://www.sinus-hessen.de/
[7] KMK (Hrsg.): Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss Chemie. Bonn 2005
[8] KMK (Hrsg.): Entwürfe zu den Bildungsstandards Chemie für die gymnasiale Oberstufe, Mai 2010
[9] Stäudel, L.: TIMMS, PISA, SINUS, Bildungsstandards, Unterricht Chemie 21 2010 Nr118/119, SS. 28 - 35

beschrieben. In dem angeführten Artikel sind Beispielaufgaben dargestellt, die die Struktur der Kompetenzen verdeutlichen.
Insgesamt soll bei der Problemlösung der Einfluss von Wertentscheidungen mit ideologischem und sozialem Anteil neben dem fachlichen Anteil eingebracht werden. Gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven sollen diskutiert werden. Lösungsstrategien sollen entwickelt werden, und chemische Sachverhalten sollen in Problemzusammenhänge eingebunden werden.

Im angloamerikanischen Sprachraum sind unter dem Begriff „Scientific Literacy" nationale Standards über Ländergrenzen hinweg entwickelt worden. Nach Gärber bilden vor allem die drei Dimensionen: Wissen (Fachkompetenz), Handeln und Bewerten die Grundlage der Kompetenzen in den Naturwissenschaften.

Kompetenzen

Nach Weinert[10] sind Kompetenzen „erlenbare kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen volitionalen und sozialen Bereitschaften zur Problemlösung zu nutzen…"

An anderer Stelle hat Weinert (2001, 27 f.) die Begrenzung auf kognitive Dispositionen wieder in Frage gestellt. So definiert er Kompetenzen als „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen (d. h. absichts- und willensbezogenen, E. K.) und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können".

Der europäische Referenzrahmen für Schlüsselkompetenzen definiert Kompetenzen als eine Kombination von Wissen, Fähigkeiten und kontextabhängigen Einstellungen.
Schülerkompetenzen sind diejenigen Kompetenzen, die alle Menschen für ihre persönliche Entfaltung, soziale Integration, aktive Bürgerschaft und Beschäftigung benötigen.
Am Ende ihrer Grund(aus)bildung sollten junge Menschen ihre Schlüsselkompetenzen so weit entwickelt haben, dass sie für ihr Erwachsenenleben gerüstet sind, und die Schülerkompetenzen sollten im Rahmen des lebenslangen Lernens weiterentwickelt, aufrechterhalten und aktualisiert werden. [11]
Neben einer mathematischen Kompetenz wird eine grundlegende naturwissenschaftlich-technische Kompetenz definiert:

> „Naturwissenschaftliche Kompetenz ist die Fähigkeit und Bereitschaft, die natürliche, Welt anhand des vorhandenen Wissens und bestimmter Methoden zu erklären, um Fragen zu stellen und evidenzbasierte Schlussfolgerungen zu ziehen. Technische Kompetenz ist die Anwendung dieses Wissens und diese Methoden, um Antworten auf festgestellte menschliche Wünsche oder Bedürfnisse zu finden. Beide Kompetenzbereiche erfordern das Verstehen von

[10] Weinert, F. E.: Konzepte der Kompetenz. Paris: OECD 1999
[11] Figel, Jan: Europäischer Referenzrahmen für lebenslanges Lernen, siehe auch: http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/publ/pdf/ll-learning/keycomp_de.pdf

durch menschliche Tätigkeiten ausgelästen Veränderungen und Verantwortungssein als Bürger.“

Liest man diese Definition, wird man wohl mit ihr übereinstimmen. Allerdings handelt es sich hier nur um die Definition, was Naturwissenschaftliche Kompetenz ist und nicht um eine inhaltlich gefüllte Vorlage. Wie die Inhalte und besonders welche Inhalte in der Ausbildung eines jungen Menschen behandelt werden sollen, wird nicht genannt.

Für die naturwissenschaftlichen Fächer werden in den Bildungsstandards die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Nutzung fachlicher Konzepte und Kommunikation und Bewertung genannt:

Kompetenzbereiche	**Teilbereiche**
Erkenntnisgewinnung	beobachten, beschreiben, vergleichen , planen, untersuchen, auswerten, interpretieren, arbeiten mit Modellen
Kommunikation	arbeiten mit Quellen kommunizieren, argumentieren, dokumentieren, präsentieren, Verwenden von Fach- und Symbolsprache
Bewertung	beurteilen von Alltagskonzepten mit naturwissenschaftlichen Kenntnissen. abwägen und bewerten von Handlungsfolgen au Natur und Gesellschaft reflektieren und bewerten von Handlungsoptionen als Grundlage für gesellschaftliche Partizipation
Nutzung fachlicher Konzepte	Konzeptbezogenes Strukturieren von Sachverhalten vernetzen von Sachverhalten und Kompetenzen problemorientiertes und kompetenzbezogenes Erschließen von Sachverhalten

Abb. 1: Kompetenzbereiche für die naturwissenschaftlichen Fächer

Die Bildungsstandards machen keine Aussagen dazu, wie diese Kompetenzen im Unterricht umgesetzt werden können, jedoch wird in den Beispielaufgaben erläutert, was mit den Kompetenzen gemeint ist.

Aufgabenbeispiel: Entkalkung

Material 1:

Im Haushalt müssen Elektrogeräte, wie Kaffeemaschinen, Durchlauferhitzer und Waschmaschinen nach längerem Gebrauch in Abhängigkeit von der Wasserhärte entkalkt werden. Auf der Oberfläche des Heizrohres lagert sich Kalk ($CaCO_3$ und $MgCO_3$) ab und verringert die Heizleistung. Beim Entkalken mit verdünnter Salzsäure (HCl(aq)) ist ein deutliches Sprudeln und Zischen wahrnehmbar. In einem Haushaltstipp wird Essigsäure-Lösung ($CH_3COOH(aq)$) als umweltfreundliches Mittel zur Entfernung von Kalkflecken empfohlen. Sie reagiert aber schwächer als Salzsäure.

Quelle: www.seilnacht.tuttlingen.de

Verkalkung auf Heizschleifen

Quelle: www.seilnacht.tuttlingen.de

Material 2:

In einer Gebrauchsanweisung für Wasserkocher heißt es:

Bei kalkhaltigem Wasser sollte der Wasserkocher in regelmäßigen Zeitabständen entkalkt werden. Verwenden Sie zum Entkalken ein handelsübliches flüssiges Entkalkungsmittel (keine chemischen Entkalker verwenden) und beachten Sie dabei dessen Gebrauchsanweisung!

Tipp: Bei leichter Verkalkung können Sie den Wasserkocher, anstatt Entkalkungsmittel zu verwenden, auch mit einer Mischung von 5–6 Löffeln Essig auf 0,5 Liter Wasser entkalken.

Bitte beachten Sie beim Entkalken:

kaltes Wasser in den Wasserkocher (bei stark schäumendem Entkalkungsmittel füllen Sie nur 0,5 Liter Wasser ein)

die Entkalkermischung nicht aufkochen

anschließend den Wasserkocher zweimal mit klarem Wasser spülen

Quelle: Bedienungsanleitung für den

Etikett eines Entkalkers

ÖKO-STECKBRIEF

- HEITMANN Citronensäure ist naturidentisch und wird deshalb vollständig abgebaut.
- Minimale Verpackung

Inhaltsstoffe gem. EU-Empfehlung: Reine naturidentische Citronensäure in Lebensmittelqualität. Dennoch bitte Sicherheitshinweise beachten.

Reizt die Augen. Berührung mit den Augen vermeiden. Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren. Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen.

Xi

Reizend

Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen. Bei empfindlicher Haut wird empfohlen, Gummihandschuhe zu tragen.

Citronensäure nicht zusammen mit chlorhaltigen Reinigern anwenden.

Für Österreich: Möglichst restlos verbrauchen, evtl. Reste mit Wasser verdünnt fortspülen.

Achtung: nicht geeignet für Emaille, Aluminium, Marmorflächen und säureempfindliche Fliesen. Bitte spezielle Pflegehinweise der Hersteller beachten. Innenbeutel nach Gebrauch verschließen. Trocken lagern.

Wasserkocher Mona der Firma Cloer Elektrogeräte GmbH, Arnsberg	

Material 3:
Das sich bei der Entkalkung entwickelnde Gas soll nachgewiesen werden.
Für den Versuch stehen folgende Reagenzien zur Verfügung: Bariumchlorid-Lösung (mindergiftig, X), Silbernitrat-Lösung (mindergiftig, X), Lackmus-Lösung, Bariumhydroxid-Lösung (ätzend, C), Calciumhydroxid-Lösung (ätzend, C).

Aufgabenstellung:
1.1 Beschreiben Sie mit eigenen Worten den Entkalkungsvorgang.
1.2 Erklären Sie die chemischen Grundlagen des Entkalkungsvorgangs durch Salzsäure. Unterstützen Sie Ihre Aussagen mithilfe einer Reaktionsgleichung.
1.3 Begründen Sie die Eignung von Speiseessig zur Entfernung von Kalk. und stellen Sie die entsprechende Reaktionsgleichung auf.
1.4 Wählen Sie ein geeignetes Nachweismittel für das bei der Entkalkung entstehende Gas aus und erklären Sie den Reaktionsablauf dieses Nachweises.
1.5 Nennen Sie eine Ursache für die unterschiedliche Wirkung einer verdünnten Essigsäure (Speiseessig) und einer gleichkonzentrierten verdünnten Salzsäure beim Entkalken.
1.6 Diskutieren Sie den Begriff „chemischer Entkalker“ und nennen Sie Vor- und Nachteile verschiedener Entkalkungsmöglichkeiten. Nutzen Sie dafür auch den Öko-Steckbrief.

Erwartungshorizont:

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
1.1	**Vorgang beschreiben:** – Kalkbelag wird durch eine Säure aufgelöst – Zischen und Sprudeln sind Indizien für eine Gasentwicklung – Alternativ: Kalkbelag reagiert mit einer Säurelösung unter Bildung eines Gases	I	1.1		2	
1.2	**Prinzip der Entkalkung als Stoffumwandlung deuten:** – Zerstörung der unlöslichen Verbindung unter Gasentwicklung – Bildung einer wasserlöslichen Verbindung – Demonstration anhand einer erläuterten Reaktionsgleichung: Calciumcarbonat reagiert mit Salzsäure unter Kohlenstoffdioxidentwicklung, es entsteht ein wasserlösliches Produkt: $CaCO_{3(s)} + 2\ HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$	II	3.1 3.2 3.3 3.4		2 4 5 8	
1.3	**Begründung der Eignung über die enthaltene Säure:** – Speiseessig enthält Essigsäure – Essigsäure-Lösung zeigt bezüglich der Carbonate analoges chemisches Verhalten wie Salzsäure – das entstehende Salz ist wie das Calciumchlorid auch wasserlöslich: $CaCO_{3(s)} + 2\ CH_3COO^-_{(aq)} + 2\ H^+_{(aq)} \rightarrow$ $Ca^{2+}_{(aq)} + 2\ CH_3COO^-_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$	III	3.1 3.2 3.3 3.4	6	2 4 5 8	

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
1.4	**Auswahl und Erklärung eines eindeutigen Nachweises auf der Basis von Vorkenntnissen, z.B.:** – Calciumhydroxid-Lösung bzw. Bariumhydroxid-Lösung – experimenteller Nachweis des Kohlenstoffdioxids – Trübung der Lösung als Bildung von Calciumcarbonat bzw. Bariumcarbonat (Fällungsreaktion): $Ca(OH)_{2(aq)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$	II	1.1 3.1 3.2 3.3 3.4	2 3 4 5 6	4 5 6 8	
1.5	**Nennen von Ursachen:** – Wasserstoff-Ionen aus Salzsäure und Essigsäure-Lösung wirken in gleicher Weise – Essigsäure-Lösung wirkt schwächer, sie stellt also weniger Wasserstoff-Ionen zur Verfügung	II	2.2 3.3	6	2 8	
1.6	**Diskussion des Begriffs „chemisch", Bezugnahme auf die enthaltenen Stoffe und deren Wirkung:** Mögliche Aspekte sind – Entkalker sind „chemische Substanzen", es sind Säuren – handelsübliche Entkalkungsmittel sind stärker wirksam als Speiseessig – geringe Kalkablagerungen können durch Speiseessig aufgelöst werden, bei größeren Rückständen ist die Einwirkung einer größeren Menge Säure oder einer stärkeren Säure notwendig	III	1.1 2.3	1 6	2 3 5 8	3

Aus dem Erwartungshorizont der Beispielaufgabe kann man die Zuordnung der Kompetenzbereiche zu den Standards ablesen. Auffallend ist, dass der Kompetenzbereich Fachwissen in vier Basiskonzepte, nämlich: Stoff-Teilchen-Beziehungen, Struktur-Eigenschaft-Beziehungen, chemische Reaktion und energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen aufgeführt werden, während für die Bereiche Kommunikation, Bewertung und Erkenntnisgewinnung keine genauere Unterteilung folgt.
Betrachtet man jedoch die Inhalte der Antworten aus der erwarteten Schülerleistung, so sind die Antworten eindeutig auf das Fachwissen ausgelegt und die anderen Kompetenzen sind nur unterschwellig enthalten.

Kerncurricula

Während der alte Lehrplan oder die Kursstrukturpläne einen klaren roten Faden vorgaben, der insbesondere für junge Lehrer oft hilfreich war, kann die Vielzahl der Kompetenzen verwirrend sein, zumal es schon vorher soziale und affektive Lernziele gegeben hat.

In der gymnasialen Oberstufe kommt hinzu, dass einerseits im Landesabitur Fachinhalte abgefragt werden; andererseits aber in den Bildungsstandards zwar die zu erlangenden Kompetenzen, aber nicht die fachlichen Inhalte aufgeführt werden.
Sicherlich können inhalts- und handlungsbezogene Kompetenzen nur gemeinsam in ihren Kontexten erworben werden[12], aber dazu bedarf es einer klaren inhaltlichen Vorgabe.
Diese inhaltliche Vorgabe ist nun in Form von Kerncurricula an jeder Schule selbst durchzuführen. Die Kerncurricula bestimmen das obligatorische Fächergefüge. Sie legen die zentrale Themen und Inhalte fest.

In der Expertise zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards[13] sollen die Kerncurricula die dezentralisierte, an die „Schulautonomie“ ansetzende Form der Steuerung, mit der zentralen Nominierung eines Minimalstandards verbinden.
Sie sollen ein Minimum der Themen, Inhalte und Lehrformen der Schule aufführen.
Die Kerncurricula sollen den produktiven Gehalt bisheriger Lehrpläne und Richtlinien aufnehmen und mit ihren elaborierten Anregungen für die Gestaltung bestimmter Unterrichtsinhalte eine wesentliche Basis eines zu schaffenden Supportsystems für unterrichtliche Praxis und für schulinterne Curriculumarbeit darstellen.

Resümee

Aus der Sicht eines Chemielehrers sind die methodischen und didaktischen Veränderungen bezüglich der Bildungsstandards nachvollziehbar und sicher erstrebenswert. Ein guter Chemielehrer weiß, dass er in seinem Unterricht nicht nur Fachwissen zu vermitteln hat, sondern auch auf einen verantwortungsvollen und gesellschaftlich angemessenen Umgang mit dem Wissen vorbereiten soll.
Diese Ziele sollen durch die Kompetenzen vermittelt werden.

---

[12] Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss, Beschluss der Kultusministerkonferenz, 16.04.2004
[13] Expertise zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards: Herausgeber Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMBF) Referat Bildungsforschung 11055 Berlin, Bonn, Berlin 2007, http://www.bmbf.de

Für einen Großteil der Kollegen fehlt aber der fachlich inhaltliche Schwerpunkt, oder er ist zumindest viel zu gering dimensioniert. Betrachtet man alleine die Definition der Naturwissenschaftlichen Kompetenz nach dem europäischen Referenzrahmen, so fällt sofort auf, dass die nicht fachlichen Kompetenzen einen Großteil der Definition beinhalten, während die fachlichen Kompetenzen nur am Rande erwähnt werden.
Besonders irritierend ist die Tatsache, dass jede Schule für sich ein Kerncurriculum entwickeln soll, das einen Minimalkatalog der Kompetenzen aufführt. In der Praxis läuft das darauf hinaus, dass die Kollegen die alten Kursstrukturpläne oder bewährte Schulbücher als Grundlage nehmen und nur geringfügig abändern. Andere Vorgehensweisen wären auch sehr gefährlich, weil sonst die Gefahr besteht, dass Inhalte, die für einheitliche Abschlussprüfungen wie das Landesabitur benötigt werden, nicht behandelt würden.
Ebenfalls problematisch kann ein Schulwechsel sein. Man stelle sich vor, ein Schüler wechselt die Schule und wird mit einem anderen Schulcurriculum konfrontiert. Der Schüler bekommt Probleme, für deren Entstehung er nicht verantwortlich ist.
Viele Kollegen fühlen sich allein gelassen, weil sie einerseits die Einführung der Kompetenzen als Kritik an ihrem Unterricht bewerten, sie andererseits aber bei den wichtigen inhaltlichen Fragen wenig Unterstützung bekommen.
Ein Kollege, der behauptet, dass er vor lauter Bewerten, kritisch reflektieren und beurteilen keine Zeit hat, die fachlichen Inhalte zu behandeln, hat sicher den Sinn und Inhalt der Kompetenzen aus den Bildungsstandards nicht voll erkannt, aber man sollte einen naturwissenschaftlichen Lehrer, der einen Schwerpunkt auf die fachlichen Inhalte legt, nicht gleich als veraltet oder eingerostet darstellen, schließlich bilden die Inhalte die Voraussetzung zum Bewerten und Einordnen.
In seinem Artikel: „Liegt der halb richtig, bei dem 2 +2 =5 ergibt?“ erläutert Hans Peter Klein[14] das Problem. Er geht auf die Kerncurricula ein und fragt: Wenn jetzt jede Schule die Inhalte der einzelnen Fächer selbst bestimmen kann: Was ist da noch Standard? Und was ist vergleichbar? Klein berichtet von einer Studie, nach der Schüler aus Nordrhein-Westfalen aus der Jahrgangsstufe 9 eine Abiturleistungskursarbeit in Biologie ohne jegliche inhaltliche Vorbereitung geschrieben haben und zwei Drittel der Schüler bestanden hat, sogar einer mit einer Eins. In der Kontrolle haben die Schüler einen älteren Abiturvorschlag bearbeitet. Hier konnte keiner der Neuntklässler ein positives Ergebnis erzielen, wie es für einen Schüler dieser Jahrgangsstufe zu erwarten war.
Klein erklärt dies, indem er erläutert, dass die Kompetenzen der neuen Abituraufgaben zu wenig Fachwissen fordern und die anderen Inhalte so auch ohne fundierten Hintergrund geleistet werden können. Viele Aufgabenstellungen beginnen mit: Fasse den Text zusammen…, oder beurteile. Solche Fragestellungen können teilweise ohne Fachwissen beantwortet werden.
Sicher ist der Artikel von Klein sehr eindimensional auf das Fachwissen zentriert, aber ist es nicht vorrangig das Fachwissen, was in den Naturwissenschaften vermittelt werden soll?

[14] Klein, Hans Peter: „Liegt der halb richtig, bei dem 2 +2 =5 ergibt?“, Frankfurter Rundschau, 26.06.2010