

MARKUS REHM

Allgemeine naturwissenschaftliche Bildung – Entwicklung eines vom Begriff „Verstehen“ ausgehenden Kompetenzmodells

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird versucht, ein *subjektorientiertes* Kompetenzmodell des Verstehens von Phänomenen und Begriffen in den Naturwissenschaften zu entwickeln. Das Kompetenzmodell versteht sich als Ergänzung der in der Expertise zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards vertretenen funktionalistischen Position. Vor allem die Orientierung an qualitativen „Mess“- Methoden ergänzt das bislang statische Bild der Outputorientierung, das sich hauptsächlich quantitativer Verfahren bedient. So wichtig die Outputorientierung für die Entwicklung von Qualität im Bildungswesen ist, so wichtig ist eine damit einhergehende Orientierung an den Subjekten, die diesen Output hervor bringen (sollen): die Schülerinnen und Schüler. Um diesen Output erfassbar zu machen sind Kompetenzmodelle unabdingbar, mit deren Hilfe sich die *Qualität* des Outputs bestimmen lässt. Das in diesem Artikel vorgestellte Kompetenzmodell will hierzu einen Beitrag leisten. Es wird in Bezug gesetzt zu bestehenden Kompetenzentwicklungsmodellen, hinsichtlich seines Anspruchs mit ihnen verglichen und ist parallel zu den bestehenden Modellen anzuwenden. Mittelfristig soll das Kompetenzmodell empirisch gestützt und in Schulen und in der Lehrerbildung eingesetzt werden.

Abstract

General Science education – development of a competence model based on the process of making up meaning in the science classroom

An attempt is made to develop a *subject oriented* competence model of understanding of phenomena and terms in science. The competence model can be understood as a complement to the functionalistic approach of the German expertise on the development of national standards (Klieme 2003). Particularly the orientation on qualitative “measurement” methods complements the so far static approach of output orientation that makes use of mainly quantitative methods. Equally important as output-orientation is subject-orientation. To make output feasible, competence models are indispensable to determine the output's *quality*. The competence model presented in this article is also intended as a contribution in this direction. Its demand is higher however than those developed by Bybee (2002) or by the SAPA project in the sixties of the last century.

1 Der PISA-Schock und die Folgen

Seit der Veröffentlichung der PISA Studie (2000) hat die Debatte um die Qualität von Bildung und Schule in Deutschland eine seit langem nicht mehr erlebte Intensität und Breite angenommen. Im Vordergrund der Diskussion steht die Qualität der Sekundarstufe I und II, aber auch mittelbar die vorbereitenden Instanzen, Kindergarten und Grundschule (IGLU Studie), stehen vor neuen Herausforderungen.

Die empirischen Studien, die zum ersten Mal die real existierenden Verhältnisse an deut-

schen Schulen analysieren und im internationalen Kontext vergleichen, legen gravierende Mängel offen¹. TIMSS und PISA haben in der Bildungspolitik, aber auch im Denken vieler Schulpädagogen und Schulpädagoginnen ein grundsätzliches Umdenken eingeleitet. Wurde unser Bildungssystem bislang ausschließlich durch die Orientierung an Lehrmethoden und curricularen Eingaben (Input-Orientierung) gesteuert, so ist nun immer häufiger die Rede davon, dass sich Bildungspolitik und Schulentwicklung an dem Zusammenwirken von drei

¹ vgl. Klieme u. a. 2003,11

Faktoren, nämlich des Angebots, des Nutzens und der Wirkung² von Lehr-Lernprozessen zu orientieren haben (Output-Orientierung).

Damit drängt verstärkt ein neues Leistungsparadigma in die Schulen, das vor allem die Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler in den Blick nimmt³. Der Output (Kompetenzen, Qualifikationen, Wissensstrukturen, Einstellungen, Überzeugungen, Werthaltungen ...) ist nun der entscheidende Bezugspunkt für die Beurteilung eines ganzen Schulsystems und für die Maßnahmen zur Verbesserung und Weiterentwicklung von Schule. Das heißt: Den Kern der Qualitätsdebatte bilden die Bildungsziele und die tatsächlich erreichten Lernergebnisse. „Diese und nur diese Thematik ist Gegenstand“ einer Expertise des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zum Thema“ Entwicklung nationaler Bildungsstandards“ (Klieme u.a. 2003, 13). Die zentrale Frage dieser Expertise ist: Welche Erwartungen können bzw. sollen an die Lernergebnisse in den Schulen gestellt werden und inwiefern werden diese Erwartungen auch tatsächlich erfüllt? Man lehnt sich in Deutschland an eine Reihe von Schulvergleichsstudien an, die in den vergangenen Jahren durchgeführt wurden, wie zum Beispiel LAU in Hamburg (Lehmann/Gänsfuß/Peek 1999), QUASUM in Brandenburg (Lehmann/Peek 1997), MARKUS in Rheinland-Pfalz (Helmke/Jäger 2002) oder an landesweite Vergleichsarbeiten in anderen Ländern.

Die Expertise zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards tritt nun – zumindest in ihrem sprachlichen Duktus – mit dem Anspruch auf, Begriffe wie Bildungsziel, Bildungsstandard, Kompetenz usw. für den nationalen Diskurs in Deutschland fest und verbindlich zu definieren:

„Bildungsstandards greifen allgemeine Bildungsziele auf. Sie legen fest welche Kompetenzen die Kinder oder Jugendlichen bis zu einer bestimmten Altersstufe mindestens erworben haben sollen. Die Kompetenzen werden so konkret beschrieben, dass sie in

Aufgabenstellungen umgesetzt und prinzipiell mithilfe von Testverfahren erfasst werden können.“ (Klieme u.a. 2003, 9)

Mit diesem Zitat wird deutlich, dass die Expertise einem an Operationalisierung von Bildungsstandards interessierten Leistungsdenken folgt. Zwar wird in der Expertise beteuert, dass auf der Grundlage der Testergebnisse die Förderung von Schulen einsetzen soll; wie dies umgesetzt werden soll, vielmehr wie dies zu finanzieren ist, wird derzeit noch nicht diskutiert.

Mit dem Bezug auf *Bildungsziele* („Bildungsstandards greifen allgemeine Bildungsziele auf“) vermutet man einen bildungstheoretischen Hintergrund als Fundament für die Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Beim genauen Hinsehen entdeckt man aber, dass das angeschnittene Leistungsparadigma letztlich auf Domänen (bestehende Fächer) zurückgreift: Es ist das Anliegen der Expertise darum, Grunddimensionen der Lernentwicklung in einem Gegenstandsbereich (einer Domäne) zu identifizieren. Um dieses Vorhaben realisieren zu können, bemüht man einen Kompetenzbegriff, der sich an Weinert anlehnt:

„In Übereinstimmung mit Weinert (2001, S. 27f.) verstehen wir unter Kompetenzen die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Klieme u.a. 2003, 23)

Mithilfe dieses Kompetenzbegriffs wird nun versucht, Bildungsziele so zu konkretisieren, dass sie in Form von Bildungsstandards domänenspezifisch testbar sind. Das heißt: Bildungsstandards beschreiben gewünschte Ergebnisse von Lernprozessen, sie werden konkretisiert in Aufgabenstellungen und schließlich in Verfahren, mit denen das Kompetenzniveau, das Schülerinnen und Schüler tatsächlich erreicht haben, empirisch erfasst werden kann⁴.

² vgl. Helmke 2000

³ vgl. Weinert 2001

⁴ vgl. Klieme u.a. 2003,23

Zur Erfassung dieses Kompetenzniveaus benötigt man Kompetenzmodelle. Da man sich dafür entschieden hat Bildungsstandards lediglich aus den Domänen, also aus den bestehenden Fächern abzuleiten und dadurch – meines Erachtens – gerade nicht auf *allgemeine* Bildungsziele, sondern auf *spezifische* (nämlich domänenspezifische) Ziele zurückgreift, muss zur Entwicklung der notwendigen Kompetenzmodelle auf die jeweiligen Fachdidaktiken zurückgegriffen werden. Es bleibt dann die Aufgabe der Fachdidaktiken, empirisch abgesicherte Kompetenzmodelle zu generieren und für ihre Domänen spezifische Bildungsstandards zu erarbeiten.

Nun unterscheiden sich die einzelnen naturwissenschaftlichen Domänen ja vor allem durch ihre Inhaltsbereiche und durch die „Struktur der (jeweiligen) Disziplin“ von einander. Aber quer zu diesen Strukturen stehen gemeinsame Kompetenzen, die im Zusammenhang mit dem Erwerb von „Scientific Literacy“ Beachtung gefunden haben. Zu diesen Kompetenzen sind bereits Kompetenzmodelle entwickelt worden.

2 Kompetenzmodelle zum Erwerb von Scientific Literacy

Im folgenden Abschnitt werden bereits entwickelte naturwissenschaftsübergreifende Kompetenzmodelle in einer Folge zunehmenden Anspruchsniveaus vorgestellt. In diese Folge reiht sich auch das hier vorgeschlagene Kompetenzmodell an entsprechender Stelle ein.

2.1 Bybees Schwellenmodell der Scientific Literacy

In den neunziger Jahren hat der amerikanische Curriculum-Entwickler („Biological Science Curriculum Study“) Rodger Bybee ein „Schwellenmodell“ von Science Literacy vorgestellt, das für „alle Schüler“ Anwendung finden kann und das den „für Lehrpläne, Leistungsnachweise, Forschung und berufliche Entwicklung Verantwortlichen ... die Richtung zeigen“ kann (Bybee 1997, 64). Er postulierte „allge-

meine Schwellen“, die man als „Grade naturwissenschaftlicher und technologischer Bildung“ identifizieren kann, um die allgemeine Entwicklung eines Individuums als „Funktion vieler Faktoren wie Alter, Entwicklungsstufe, Lebenserfahrung, und Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts“ zu beschreiben (Bybee 1997, 55. vgl. auch linke Spalte in Abb. 6 in diesem Text)

Bybees Modell hat in der Tat die Richtung gezeigt: In der PISA Studie (2000, 2003, vgl. auch Rost et al. 2004) wurden aus Bybees drei „Schwellen“ (bzw. aus den vier „Dimensionen“, wie Bybee dies 2002 nannte) fünf „Kompetenzstufen“ (Rost et al. 2004, 42). Seitdem dominiert dieses PISA-Modell in Deutschland als Kompetenzmodell für den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen; es versucht den Verlauf des Erwerbs von Scientific Literacy zu skizzieren. Hierbei wird zunächst von Vorstellungen des Alltags (unteres Niveau) ausgegangen bis hin zum differenzierten Umgang mit naturwissenschaftlichen Konzepten und Methoden (höchstes Niveau). Es hat die erklärte Absicht, das Verständnis von naturwissenschaftlicher Grundbildung zu operationalisieren, um dann Instrumente für die Testauswertung in Assessment-Studien zu erhalten. Die Aufgabe der Fachdidaktiken ist es nun, Kompetenzmodelle weiterzuentwickeln: „Grundlegende Aufgaben der Fachdidaktiken bestehen darin, derartige Ansätze weiterzuentwickeln und auszudifferenzieren, um Entwicklungsmodelle für wesentliche naturwissenschaftliche Kompetenzen zu erstellen. Diesbezügliche Entwicklungsarbeiten führen zu einer Vergegenwärtigung dessen, welche empirisch gesicherten Erkenntnisse über Kompetenzstrukturen und -verläufe bestehen, legen etwaige Forschungslücken offen und verweisen auf Möglichkeiten, die Fachdidaktiken durch empirische Forschung weiterzuentwickeln.“ (Hammann 2004, 197). Es bleibt festzuhalten, dass das Bybee'sche Schwellenmodell nicht domänenspezifisch gedacht ist und ein an faktischen Lernergebnissen orientiertes System darstellt.

2.2 Vom Schwellenmodell zum Prozessmodell für Naturwissenschaftliches Arbeiten

Marcus Hammann, Biologiedidaktiker am IPN in Kiel, formuliert seine Ansprüche an Kompetenzentwicklungsmodelle⁵:

- Kompetenzmodelle schlüsseln die Strukturen von Kompetenzen auf.
- Kompetenzentwicklungsmodelle geben Aufschluss über die Entwicklungsverläufe von Kompetenzen, sie weisen damit unterschiedliche Niveaus zum Erwerb dieser Kompetenzen aus.
- Kompetenzmodelle sollten sich auf empirische Forschung stützen, sodass sie nicht einseitig aus der Fachperspektive konzipiert werden, sondern die Perspektive der Lernenden in den Mittelpunkt rücken.

Durch die Benennung von Kriterien werden aber nicht nur Ansprüche formuliert, sondern auch der Gegenstand des Kompetenzmodells ändert sich vom *Faktischen* zum *Prozessualen*. Das naturwissenschaftliche Arbeiten selbst rückt in den Mittelpunkt, also die Entfaltung der Kompetenzen selbst, ihr Unter-Beweis-Stellen wird Gegenstand des Modells, nicht mehr das faktische Lernergebnis. Hammann wählt dafür in Anlehnung an Klahr (2000) ein Kompetenzentwicklungsmodell, das die übergreifende Kompetenz des Experimentierens betrachtet. Dabei wird der Prozess des Experimentierens auf drei Tätigkeiten begrenzt und zwar auf

- die Suche nach Hypothesen,
- den Umgang mit Variablen,
- die Analyse von Daten.

Diese drei Prozesse werden dann in jeweils vier Kompetenzstufen entfaltet, die dem Bybee'schen Muster folgen (vgl. Bybee 2002). Als Beispiel, um zu demonstrieren, was mit einem Kompetenzentwicklungsmodell gemeint ist, mag die Eingrenzung des Experimentierens auf ‚Hypothesen formulieren‘, ‚Variable kontrollieren‘ und ‚Daten analysieren‘ gerechtfertigt sein. Insgesamt aber, um dem komplexen Pro-

zess des Experimentierens, einer naturwissenschaftlichen Kompetenz par excellence, gerecht zu werden, könnte das Experimentieren ausführlicher beschrieben werden. Man sollte m. E. einem Hinweis von Shamos folgen: „... in den ‚Säuglingsjahren‘ der Curriculumreform [wurde]... bereits das konzeptionelle Gerüst der Naturwissenschaft ... entwickelt“ (Shamos 2002, 64). Shamos meinte das SAPA-Projekt der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts. Dieses frühe, aber anspruchsvollere Kompetenzmodell stellt die *Beobachtung* als elementarste Kompetenz des naturwissenschaftlichen Arbeitens in den Mittelpunkt. Beobachten ist buchstäblich das Zentrum jeden naturwissenschaftlichen Arbeitens.

Eine zweite Stufe bilden die *Basic Processes*: ‚Raum/Zeit-Beziehungen sehen‘, ‚Quantifizieren‘, ‚Messen‘, ‚Schlussfolgern‘, ‚Vorhersagen‘, ‚Klassifizieren‘, ‚Kommunizieren‘.

In den *Integrated Processes* werden die Basic Processes zu komplexeren Denkformen zusammengefasst: ‚Variable kontrollieren‘, ‚operational definieren‘, ‚Hypothesen formulieren‘, ‚Daten interpretieren‘, ‚Modelle formulieren‘. Schließlich ist *Experimentieren* die alle darunter liegenden Prozesse einbindende Basis für die naturwissenschaftliche Erkenntnis. ‚Experimentieren‘ wird im AAAS-Kompetenzentwicklungsmodell von 1965 selbst zur höchsten Stufe naturwissenschaftlicher Kompetenz⁶, die alle „darunter“ liegenden Kompetenzen integriert, während sie bei Hammann (2004) lediglich die Summe aus drei (wichtigen) Einzelkompetenzen darstellt.

Man kann aus Shamos' Idee, „durch Prozesse ein Bewusstsein für die Naturwissenschaften zu entwickeln“ (Shamos 2002) – und dabei seinem Hinweis auf das SAPA-Projekt folgend – ein vierstufiges Kompetenzmodell des naturwissenschaftlichen Arbeitens entwickeln, wie ich es in der linken Spalte der Abb. 6 andeute. Mir geht es indessen nicht um die Aufstellung eines neuen, prozessorientierten Kompetenzentwicklungsansatzes, sondern meine Absicht

⁵ Diesen drei Ansprüchen möchte auch ich mit meinem Vorschlag eines Kompetenzmodells zum Verstehen von Phänomenen genügen.

⁶ vgl. AAAS, 1965

in diesem Abschnitt ist zu zeigen, dass Kompetenzentwicklungsmodelle selbst noch adäquater auf den Kompetenzbegriff hin entwickelt werden können. Shamos kritisiert m.E. zu Recht die Ergebnisorientiertheit des Bybee'schen Ansatzes. Für Hammann bestünde keine Notwendigkeit Bybee zu folgen, denn sein Blick ist bereits mit den von ihm ausgewählten „Processes“ (Hypothesen formulieren, Daten interpretieren, Experimentieren) auf klassische und genuine Kompetenzen gerichtet, die so genannte Arbeitsweisen („processes“) widerspiegeln. In dem Hammannschen Ansatz sehe ich daher (mit Shamos) einen Fortschritt hinsichtlich der Kernkompetenzen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten: Das selbstkonzipierte Experimentieren seitens der Schülerinnen und Schüler wird hier als eine zentrale Kompetenz ausgewiesen. Der Hammann'sche Ansatz ließe sich m .E. optimieren, wenn das beim SAPA-Projekt Erarbeitete Berücksichtigung finden würde.

2.3 Dieser Beitrag: Vom Prozessmodell zum Qualitätsmodell des Verstehens

Nun ist Lernen, das mit eigenem naturwissenschaftlichen Arbeiten verbunden ist, gewiss anspruchsvoller als das Entgegennehmen eines in den Domänen erworbenen Fachwissens, auch wenn man dieses auf seine „grundlegenden Prinzipien und Prozesse“, seine „Geschichte“ und seinen „sozialen Kontext“ hin (vgl. linke Spalte in Abb. 6) reflektiert hat. Man kann sich fragen: Ist nicht das *Verstehen* von Naturwissenschaft als selbst vollzogener Prozess (und nicht bloß wissen und kennen und handhaben) nicht eigentlich das höchste Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts? Ich möchte mit diesem Beitrag einen Schritt weiter in diese Richtung gehen. Dabei berufe ich mich einerseits auf Martin Wagenschein, wie er *Verstehen* meint (in seinem Buch „Verstehen lehren“, Wagenschein 1991) und möchte andererseits einen von Hartmut von Hentig beschriebenen

Bildungsanspruch bei der Entwicklung eines Kompetenzmodells des Verstehens berücksichtigen. Diesen Bildungsanspruch hat von Hentig beispielsweise im Vorwort zum baden-württembergischen Bildungsplan dargelegt. Er verweist hier auf die Selbstkompetenz bzw. Personale Kompetenz, die er buchstäblich an erster Stelle von vier Kompetenzklassen⁷ nennt. Gerade weil es forschungsmethodologisch nicht einfach ist Selbstkompetenz empirisch zu erheben, möchte ich schon an dieser Stelle betonen, dass ich Hammanns drittes Kriterium sehr ernst nehme: „Kompetenzmodelle sollten sich auf *empirische Forschung* (Hervorhebung M.R.) stützen, sodass sie nicht einseitig aus der Fachperspektive konzipiert werden, sondern die Perspektive der Lernenden in den Mittelpunkt rücken“.

Da naturwissenschaftliche Bildung oft, und vor allem wenn sie empirisch erhoben werden soll, mit rein kognitiven Fähigkeiten gleichgesetzt wird⁸, eröffnen sich nun Fragen: Was könnte Selbstkompetenz im Zusammenhang mit Scientific Literacy beinhalten? Und: Wie wäre Selbstkompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Bildung zu fördern? Im Prozess des Verstehens kann Selbstkompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Bildung gefördert werden. Welche ausführlichen empirischen Forschungsergebnisse gibt es bereits? Wie aber kann Verstehen als Kompetenz erworben und wie kann Verstehen – möglicherweise auch mittels Tests – empirisch erhoben werden?⁹

3 Ein Kompetenzentwicklungsmodell für das Verstehen von Phänomenen und Begriffen

3.1 „Verstehendes Wissen“

Vor vier Jahren habe ich zusammen mit Buck die von ihm, Messner und Rumpf (1997) vorgeschlagene Unterscheidung verschiedener Wissensarten für die Chemie folgendermaßen ausdifferenziert:

⁷ In der Reihenfolge genannt: Personale Kompetenz, soziale Kompetenz, Methodenkompetenz, Sach- und Fachkompetenz (Bildungspläne BW 2004, 12)

⁸ So in jüngster Zeit formuliert bei Senkbeil et. al. 2005.

⁹ Im Abschnitt 4 mache ich dazu einige Vorschläge.

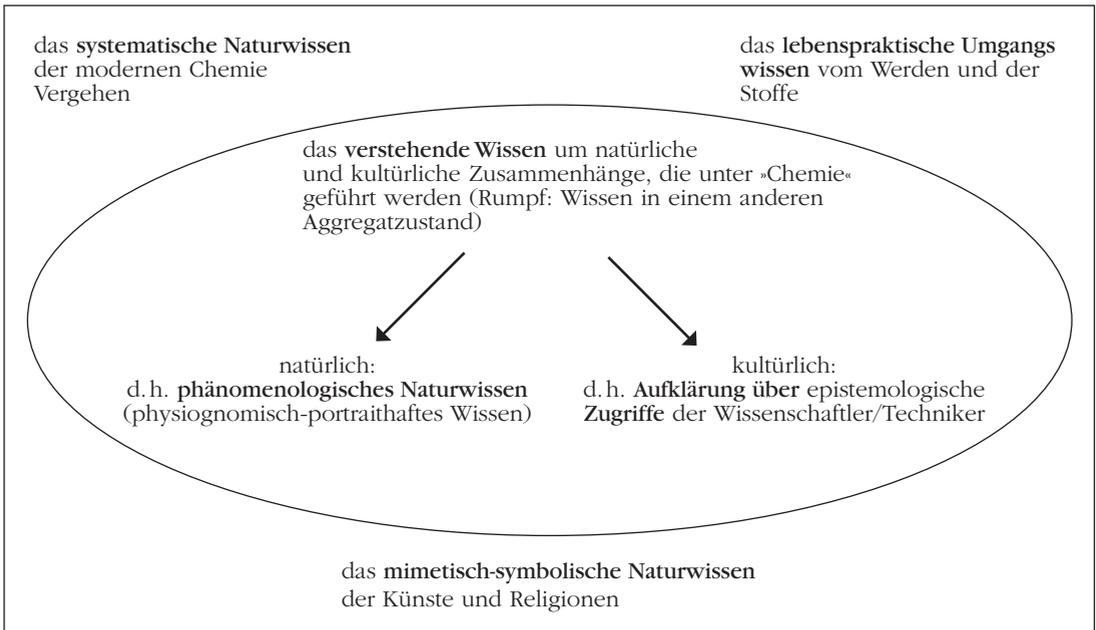


Abbildung 3: Fünf Wissensarten (aus Buck & Müller [Rehm] 2002, 24)

Das Kompetenzentwicklungsmodell zum Verstehen von Phänomenen und Begriffen, das hier vorgeschlagen wird, wendet den Begriff des „verstehenden Wissens“¹⁰ für ein entsprechendes Komponentenmodell¹¹ an, der Begriff des „verstehenden Wissens“ ist in der Abbildung durch ein Oval hervorgehoben. „Verstehendes Wissen“ ist ein Terminus, der von Rudolf Messner und Horst Rumpf erstmals 1992 in die Diskussion gebracht wurde.¹² Es setzt

einen Unterricht voraus, der mæutische Anteile systematisch vorsieht. Für die Entwicklung des Kompetenzmodells werden Entwicklungsniveaus im Sinne eines Stufenmodells¹³ beschrieben. Ich folge dabei den von Hammann (2004) genannten Kriterien: Aufschlüsselung der Kompetenz (3.3), darlegen des Entwicklungsverlaufes der Kompetenz (3.3), empirischer Nachweis (3.4-3.5).

¹⁰ „verstehendes Wissen“ ist nicht gleichzusetzen mit „intelligentem Wissen“, mit dem in der Klieme-Expertise (Klieme et al. 2003, S. 22) das (kognitive) Anfangswissen bezeichnet wird, das der „Vernetzung von konkreten, bereichsbezogenen Kompetenzen“ zugrunde liegt.

¹¹ „Das Komponentenmodell ist Teil des Kompetenzmodells und beschreibt die Anforderungen, deren Bewältigung von Schüler/innen erwartet wird.“ (Maag & Merki 2005, 12)

¹² „Das Besondere des „verstehenden Wissens“ besteht darin, dass es den Entstehungs- und Wirkungszusammenhang aufzuklären bestrebt ist: Wie konnten Menschen auf die im Wissen offen liegenden Zusammenhänge kommen? Welche Irritationen, Interessen, Wünschen und Notlagen sind – subjektiv einzelnen Handelnden – objektiv aus gesellschaftlichen Konstellationen – in das Bemühen um eine bestimmte Erkenntnis – oder in den Widerstand gegen sie und ihre Verwertung – eingegangen?“ (Messner & Rumpf 1992, 12) „Verstehendes Wissen“ ist automatisch eines, das Selbstkompetenz fördert, da es auf persönliche Evidenz beruht und ggf. in aktiver Auseinandersetzung mit anderen Meinungen gebildet wird. Neben der Selbstkompetenz fördert das auf mæutische Weise gewonnene verstehende Wissen auch die Sozialkompetenz, indem es in Empathie und Perspektivenübernahme einübt (vgl. Rehm 2003a, S. 206ff) in etwas einüben? Formulierung seltsam!

¹³ „Das Stufenmodell ist Teil des Kompetenzmodells. In diesem wird ausgewiesen, welche Abstufungen eine Kompetenz annehmen kann bzw. welche Grade der Niveaustufen sich bei den einzelnen Schüler/-innen feststellen lassen.“ (Maag & Merki 2005, 12).

3.2 Welcher Kompetenzbegriff liegt dem hier entwickelten Kompetenzmodell zu Grunde?

Bisher wurde stets auf Weinerts Kompetenzbegriff Bezug genommen, weil auch die Klieme-Expertise dies zu Grunde legt. In der erziehungswissenschaftlichen Diskussion um den Kompetenzbegriff wird freilich umfassender diskutiert. Häufig wird der Begriff Kompetenz mit Chomsky (1969) assoziiert, der ihn für die Linguistik fruchtbar machte. Chomsky unterscheidet die Ebene der Kompetenz – als universalistische Fähigkeit – von der Ebene der Performanz – der Realisierung. Während Kompetenzen bei Chomsky unabhängig von äußeren Bedingungen in das Subjekt veranlagt wurden, ist die Ebene der Performanz von äußeren Faktoren abhängig, wie der Biografie, der Handlungsmotivation, der Rollenerwartungen etc. sowie von institutionellen Bedingungen. Ähnlich verstand Piaget unter der Kompetenz des „epistemischen Subjekts“ eine ideale kognitive Struktur des Menschen, wobei er von der tatsächlichen Entfaltung der Kompetenz im individuellen „empirischen Subjekt“ abstrahiert.

Die idealisierte Kompetenz des konstruierten „epistemischen Subjekts“ ist, im Anschluss an den „Genetischen Strukturalismus“ (Piaget, Selman, Kohlberg, ...), von der tatsächlichen Entfaltung in einem „empirischen Subjekt“ zu unterscheiden. Bei einem gegebenen Menschen („empirisches Subjekt“) hängt die Ausprägung der Kompetenzen von der Individualgenese der konkreten Person ab. Eben diese Individualgenese bzw. Humanontogenese (Lenzen 1997) will kompetenzförderndes pädagogisches Handeln bewirken. Kompetenzförderung wird in meinem Sinne daher aufgefasst als zielgerichteter Prozess zur *Ermöglichung* von Bildung (und damit auch naturwissenschaftlicher Bildung), um diesen die Möglichkeiten zu geben verstehensfähig zu sein. Das heißt, abweichend von Chomskys oder Piagets Modell beschreibt der hier verwendete Kompetenzbegriff keine idealtypischen

Strukturen, sondern rechnet mit dem individuellen epistemischen Subjekt, der konkreten Schülerin (Schüler).

Auch die Kompetenz des Verstehens ist systematisch eine Handlungskompetenz:

Für das zu entwickelnde Kompetenzmodell müsste man sich eines umfassenderen Begriffs der Handlungskompetenz bedienen als es in der Klieme-Expertise geschieht, beispielsweise müsste man den von Hurrelmann (1998) verwenden (vgl. Diätenberger 2002, Rehm 2003a). Dieser Kompetenzbegriff steht meines Erachtens nicht im Widerspruch mit dem oben zitierten Weinertschen Kompetenzbegriff, geht aber über ihn hinaus: Letztlich beschreibt der Kompetenzbegriff bei Hurrelmann ein Gefüge von unterschiedlichen „Fähigkeiten zur Auseinandersetzung mit der äußeren und der inneren Realität“ (Hurrelmann 1998, 171). Ähnlich wie Hurrelmann, für den Fähigkeiten als Voraussetzung von Kompetenzen gelten, schlage ich vor Kompetenzen in einem Kompetenzmodell auf bestimmte Fähigkeiten zu beziehen, die diese Kompetenzen mit Inhalt füllen. Das heißt ‚Fähigkeit‘ ist der inhaltlich-substantielle Begriff, ‚Kompetenz‘ der strukturell-formale. Fähigkeiten können somit bestimmten Kompetenzen nahe stehen oder ihnen inhärent sein.

Für die empirische Forschung hieße das dann, auf der Performanzebene die Äußerung der jeweiligen Fähigkeiten, die Fertigkeiten mit angemessenen und auf den jeweiligen Bereich zugeschnittenen methodischen Designs erheben zu können. Ein Kompetenzmodell beschreibt dann die Ausprägung der zu einer Kompetenz gehörenden Fähigkeiten in einem bestimmten Kompetenzbereich (im Falle der Verstehenskompetenz vor allem sprachlich-kognitiv). Und die Kompetenzniveaus in einem Stufenmodell beschreiben die qualitative Ausprägung dieser Fähigkeit. Zu erforschen sind dann allerdings bestimmte auf dem jeweiligen Niveau angesiedelte „Texte“, die der empirischen Forschung – sei es der quantitativen und/oder der qualitativen – auch zugänglich sind.

⁵ Die Antwortskala reichte von „Einmal pro Jahr“ bis „Jede Stunde“. Zwei Lehrkräfte haben jedoch explizit „Nie“ angegeben.

3.3 Dimensionen der Kompetenz „Verstehendes Wissen“

Die Aufschlüsselung der Kompetenz Verstehen von Phänomenen und Begriffen macht es nötig den Begriff „Verstehen“ zu klären. Wenn ich hier nun die Förderung des *Verstehens* von Phänomenen und Begriffen in der Didaktik der Naturwissenschaften thematisiere, rückt Martin Wagenschein in den Mittelpunkt der Diskussion. „Verstehen Lehren“ ist der Titel eines Buches, in dem Wagenschein drei wichtige Aufsätze zusammengefasst hat (Wagenschein 1991). Wagenschein thematisiert das Verstehen als echtes, ursprüngliches und vor allem als selbst vollzogenes Verstehen. Er fasste dies mit dem Begriff des „genetischen Verstehens“ zusammen.

Die genetische (prozessuale) Dimension

Die Kompetenz „Verstehen“ von Phänomenen und Begriffen kann dadurch aufgeschlüsselt werden, dass man aufzeigt, was „genetisches Verstehen“ bedeuten kann. Hierzu muss gezeigt werden, welche Ideen der Didaktik Wagenscheins zugrunde liegen und wie diese Didaktik den Begriff des „genetischen Verstehens“ fasst. Durch dieses Vorgehen wird dann nicht nur die dem Kompetenzmodell zugrunde liegende Kompetenz des genetischen Verstehens aufgeschlüsselt, sondern es wird gleichsam eine didaktische Möglichkeit aufgezeigt, wie diese Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden kann und welche Ziele in einem solchen (Teil-)Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts verfolgt werden.

Wagenschein drängt darauf, dass beim genetischen Lehren und Lernen der „Aspektcharakter“ der Wissenschaft heraus zu stellen ist. Die Einwurzelung des Wissen von Wissenschaft, ihre Erkenntnisse und Grenzen gehen über das bloße Wissen darum hinaus. Die Schülerinnen und Schüler verstehen nun das Phänomen in der Welt, in ihrer Welt. Ein genetisch-sokratisch-exemplarischer Unterricht intendiert individuelles Verstehen, um das Erleben des Selbst im Verstehen anzustoßen. „Ich das Individuum, ich der Unteilbare, bin es, der dies schafft“ (Buck 1997, 63). Die Lernenden können die Fragwürdigkeit des Phänomens erhellen bzw. erklären, indem sie das Phänomen in die/in ihre Welt einordnen können. Sie stellen eine Beziehung zwischen sich, dem Phänomen in der Welt her und bauen hierdurch neue Strukturen auf. Der Prozess des Verstehens von Phänomenen im Kontext der Natur bzw. der Naturwissenschaft heißt für Wagenschein *„Vom ursprünglichen Verstehen zum exakten Denken“*. In diesem Prozess werden Fähigkeiten virulent, die das Subjekt veranlassen, sein ontologisches Wissen hervorbringen bzw. in der Lage zu sein eigene mentale Konstruktionen/Erfindungen phänomengebunden zu entwickeln.

Hieraus entwickelt: ein Prozessmodell des Verstehens

Die Kompetenz „Verstehen von Phänomenen und Begriffen“¹⁴ kann nun zusammenfassend durch das folgende Prozessmodell der Fähigkeiten aufgeschlüsselt werden:

¹⁴ Auch Begriffe, die in den Naturwissenschaften gebraucht werden und auf Konventionen beruhen (zum Beispiel der Begriff des „Mols“) begegnen den Schülerinnen und Schülern als Phänomen, allerdings als Phänomen der Naturwissenschaft, also als Phänomen der Kultur, nicht als Phänomen der Natur (vgl. Abb. 3).

Fokus des Subjekts	Fähigkeit	Beschreibung der Fähigkeit	Hinweise zur Didaktik Wagenscheins
Phänomen	Fragwürdigkeit erkennen: Ein Phänomen als fragwürdig erkennen können.	Das Subjekt erfasst/erkennt ein Phänomen, das es in der Welt entdeckt bzw. das ihm dargeboten wird, als fragwürdig (Aporie, Problem, rätselhafter Zusammenhang, ...)	<i>Am Anfang steht eine Aporie, die durch ein Phänomen ausgelöst wird, ...</i>
Subjekt ↔ Phänomen	Beziehung stiften: Eine Beziehung zum Phänomen aufbauen können.	Das Subjekt schreibt dem Phänomen eine Bedeutung für sich selbst zu und baut hierdurch eine Beziehung zu diesem Phänomen auf.	<i>... um das Erleben des Selbst im Verstehensprozess anzustoßen.</i>
Subjekt	Sinn stiften: Sinn konstruieren können.	In einem aktiven Konstruktionsprozess entwickelt das Subjekt einen Sinnzusammenhang zwischen sich und dem Phänomen bzw. das Subjekt ist in der Lage die Bedeutung des Phänomens für sich selbst in bestehende Sinnzusammenhänge einzuordnen und diese damit zu erweitern.	<i>Das Subjekt entwickelt für sich eine Erfindung bzw. eine Konstruktion, die an das Phänomen geknüpft ist.</i>
Subjekt und Phänomen in der Welt	Verstehen: Das Subjekt versteht das Phänomen	Das Subjekt kann die Fragwürdigkeit des Phänomens erhellen bzw. erklären, indem es das Phänomen in die/in seine Welt einordnen kann. Es stellt eine Beziehung zwischen sich, dem Phänomen in der Welt her und baut hierdurch neue Strukturen ¹⁵ auf.	<i>Das Ziel ist Einwurzelung in die/in seine Welt. Wer von Grunde auf versteht, bildet feste Wurzeln aus!</i>

Abbildung 4: Konstruktivistisches Kompetenzmodell für den Verstehensprozess von naturwissenschaftlichen Phänomenen und Begriffen¹⁶

Die Tiefendimension des Verstehens – Sechs „Rangstufen des Kennens“ bei Wagenschein

In seinem Vortrag vom 24. März 1960 geht Wagenschein der Frage nach, auf welcher „Rangstufe“ der Physik- oder Mathematiklehrer sein Fach „kennen“ (gemeint ist: „verstehen“) sollte. Er unterscheidet dabei sechs Rangstufen:

1. nur verbal: man kennt den Wortlaut,
2. nur technisch: man kann darüber verfügen, sich seiner bedienen,

3. einsichtig: man weiß, warum ein Satz wahr ist,
4. Stufe der fachmethodischen Schulung: In der Mathematik ›beweisen‹; in der Physik ›experimentieren‹,
5. Stufe der systematischen Expansion: man kennt ein Stück des [Fach-]Gewebes, des [Fach-]Systems,
6. Stufe der Abstand nehmenden Betrachtung: man weiß um das Exemplarische.

(Wagenschein 1970, 408-411)

¹⁵ Der hier verwendete Begriff „Struktur“ lehnt sich an das Paradigma des Genetischen Strukturalismus (Piaget, Selman, Kohlberg ...) an.

¹⁶ Ein (philosophisch-) phänomenologisch fundiertes Verstehensmodell würde nicht von Konstruktion, sondern von *Konstituierung* sprechen (Murmman 2002, S. 61ff)

Johannes M. Walter (2003, 36–41) hat aus diesen sechs Rangstufen der inhaltlichen Lehrkompetenz von Wagenschein sechs „Rangstufen des Verstehens im Musikunterricht“ für den Kursunterricht der gymnasialen Oberstufe und den Musiktheorie-Unterricht an Hochschulen entwickelt. Aus zwei Beispielen heraus entwickelte er einen Kriterienkatalog für Musikverstehen, ganz in dem Sinne wie ich meine, dass Verstehensprozesse beurteilt werden können. Man könnte Walters Modell des Verstehens von Musik (und entsprechend Wagenscheins Vorlage als Kompetenzmodell des Verstehens von Mathematik) als ein *Qualitätsmodell* des Verstehens bezeichnen, im Gegensatz zum Prozessmodell des Verstehens wie es in der Abbildung 4. dargestellt wurde.

3.4 Die inhaltliche Vielfalt des Verstehens, dazu empirische Untersuchungen

Empirische Untersuchungen der Forschergruppe um den schwedischen Erziehungswissenschaftler Ference Marton zum Verstehen naturwissenschaftlicher Phänomene und Begriffe legen die Vermutung nahe, dass die Anzahl empirisch aufzeigbarer, inhaltlich unterscheidbarer Verstehensstufen von den untersuchten Phänomenen und Begriffen selbst abhängig ist. Ihre empirischen Befunde wurden mit der Methode der Phänomenographie (vgl. Marton & Booth 1997) gewonnen. Diese kann als eine international anerkannte Untersuchungsmethode angesehen werden, die in den späten 70er Jahren entwickelt und seither auch von zahlreichen anderen Arbeitsgruppen herangezogen wurde. Sie basiert auf dem phänomenologisch-philosophischen Hintergrund von Edmund Husserl und untersucht die besondere Art und Weise, wie Erfahrung gewonnen wird (vgl. Buck et al. 2003). Sie untersucht empirisch, wie Empirie entsteht. Das Erkenntnisinteresse ist dabei ein lernpsychologisches und/oder ein pädagogisches. Hier zeige ich die Ergebnisse von drei solchen Untersuchungen:

A) *On mole and amount of substance – A study of the dynamics of concept formation and concept attainment– Strömdahl (1996)*

So fand Strömdahl (1996) für das Verstehen des *chemischen Stoffbegriffs* sechs Stufen:

(a) ‚Stoff‘ wird verstanden als homogene Materie, (b) ‚Stoff‘ wird verstanden als Ansammlung sichtbarer stofflicher Körnchen, (c) ‚Stoff‘ wird verstanden als Ansammlung unsichtbarer, sehr kleiner stofflicher Körnchen (d) ‚Stoff‘ wird verstanden als Aggregat unendlich teilbarer kleinster Teilchen, (e) ‚Stoff‘ wird verstanden als Aggregat endlicher kleinster Teilchen, (f) ‚Stoff‘ wird verstanden als Teilchensystem.

B) *Displacement, velocity and frames of reference: phenomenographic studies of students' understanding and some implications for teaching and assessment – Bowden et al. 1992*

Eine neunköpfige schwedisch-australische Arbeitsgruppe, die die physikalischen Begriffe *Bewegung, Geschwindigkeit und Bezugssysteme* untersuchte, fand im Verständnis von Testfragen, in denen die Bewegung eines Gegenstandes gegen ein bewegtes Medium beschrieben werden sollte, fünf Verstehensmuster, die zu drei Stufen zusammengefasst werden können: (a) Verstehen unter expliziter Verwendung eines Bezugssystems, (b) Verstehen mit Verwendung von Begriffspaaren (Abstand/Schnelligkeit; Verschiebung/Geschwindigkeit), aber ohne Verwendung eines Bezugsrahmens und (c) die bloße Argumentation mit Kräften oder Abständen (unvollständiges Verstehen).

C) *Phänomenographische Untersuchungen zum Molbegriff – Lybeck, Marton, Strömdahl & Tullberg (2003)*

Kürzlich erschien auch eine deutsche Veröffentlichung, in der die Untersuchungsmethode näher betrachtet wird. Lybeck, Marton, Strömdahl & Tullberg (2003) fanden darin beim chemischen *Molbegriff* fünf unterschiedliche Konzeptualisierungen in vier Stufen:

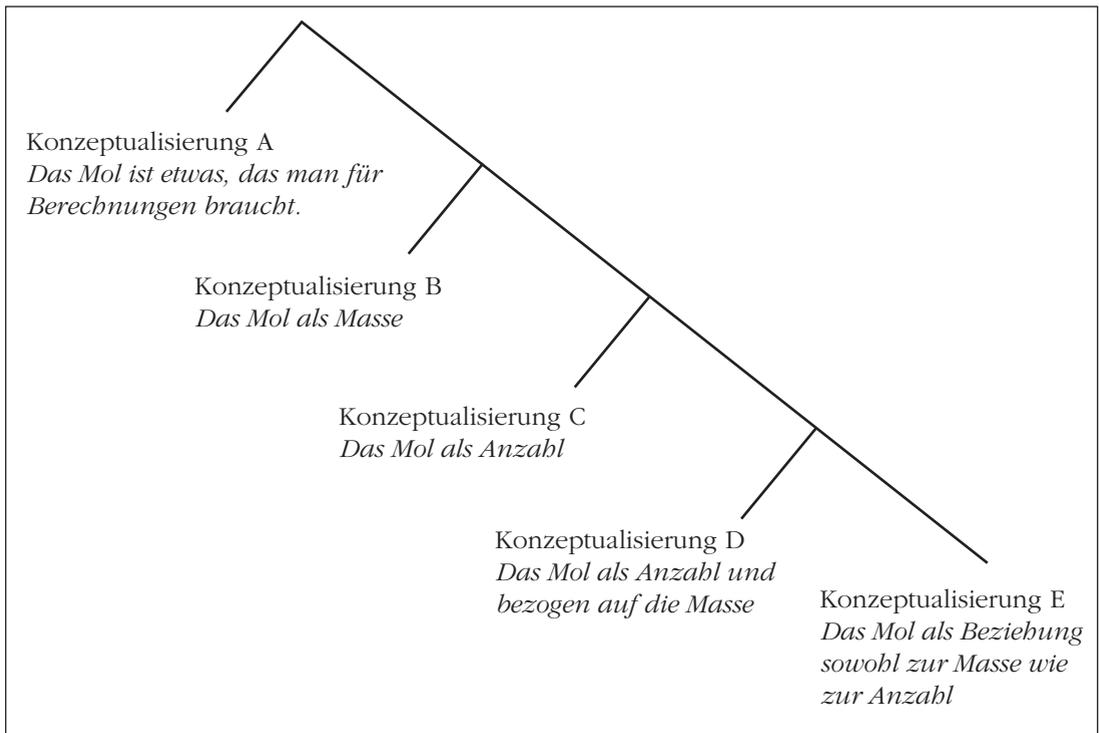


Abbildung 5: Der „Ergebnisraum“ der Konzeptualisierungen des Mols

Bereits diese drei Untersuchungen zeigen: Verstehensstufen sind nicht ohne weiteres universalisierbar. Es treten dazu Spielarten des Verstandenen auf. Wertungen sind häufig schwierig zu treffen, auch die Stufenfolgen des Verstehens sind in der Regel vielfältig; es können verschiedene Verstehenswege beschritten werden, die zu demselben Verstandenen führen. Kurzum: An der Inhaltlichkeit des Verstandenen wird deutlich, dass Standardisierungen einen gewissen Willkürcharakter annehmen können. Dennoch können gerade diese empirischen Untersuchungen für die Testkonstruktion der Kompetenz Verstehen von naturwissenschaftlichen Phänomenen und Begriffen herangezogen werden. Im Abschnitt 5.2 zeige ich ein Beispiel dafür.

3.5 Empirische Stützung: Kohärenzprüfung des entwickelten Kompetenzmodells zum Verstehen von Phänomenen und Begriffen

Interessant ist in unserem Zusammenhang auch die phänomenographische Untersuchung des Phänomens bzw. Begriffs von *„Lernen“* (Marton, Watkins & Tang 1997), da man die Ergebnisse dieser Untersuchung in einer ähnlichen Weise auf ein Stufenmodell des Verstehens beziehen kann, wie das beispielsweise Johannes M. Walter mit den sechs „Rangstufen des Kennens“ von Wagenschein getan hat. Das heißt, das in Abb. 4 entwickelte 4-stufige Kompetenzmodell zum Verstehen von Phänomenen und Begriffen lässt sich auf die Untersuchung von Marton, Watkins & Tang (1997): *Discontinuities and Continuities in the Experience of Learning* beziehen. In der folgenden 4-stufigen Darstellung soll die Kohärenz dieses in Abb. 4. dargestellten Kompetenzmodells zum Verstehen mit dem Lernbegriff bei Marton, Watkins & Tang (1997) deutlich werden:

Fähigkeit zu verstehen (Rehm)	Fähigkeit zu Lernen (Marton)
Fragwürdigkeit erkennen: Ein Phänomen als fragwürdig erkennen können.	“committing to memory (words)” a) der Proband merkt sich Wörter b) der Proband erinnert sich Wörter c) der Proband reproduziert Wörter
Beziehung stiften: Eine Beziehung zum Phänomen aufbauen können.	“committing to memory (meaning)” a) der Proband merkt sich Bedeutung b) der Proband erinnert sich an Bedeutung c) der Proband reproduziert Bedeutung
Sinn stiften: Sinn konstruieren können.	“understanding (meaning)” a) der Proband versteht eine Bedeutung b) der Proband legt sich Sinn zurecht (produziert Sinn) c) der Proband kann etwas tun d) der Proband kann etwas anderes tun e) der Proband kann etwas auf andere Weise tun
Verstehen: Das Subjekt versteht das Phänomen	“understanding (phenomenon)” a) der Proband legt sich eine Erklärung für ein Phänomen zurecht (produziert Erklärung für ein Phänomen) b) der Proband versteht ein Phänomen c) der Proband kann Beziehungen knüpfen d) der Proband erkennt Strukturen (Marton & Booth 1997, 88)

Die beiden Kompetenzmodelle (Rehm und Marton u. a.) lassen sich im Sinne einer Kohärenzprüfung widerspruchsfrei aufeinander beziehen. Bei dieser kohärenztheoretische Prüfung „geht es nur um eine Probe auf die Kohärenz verschiedener, nicht direkt aufeinander zu beziehender Theorien; diese dürfen sich auf der metatheoretischen Ebene, wo wir verschiedene Theoriestücke zusammensetzen, nicht widersprechen“ (Habermas 1992, 79). Das gibt beiden Modellen eine theoretische bzw. empirische Stützung: Damit kann sich das vorgelegte Kompetenzmodell – wie von Hamann formuliert – „auf empirische Forschung stützen“. Durch die Kohärenz von „Verstehen von Phänomenen und Begriffen“ einerseits und „Lernen“ (bei Marton u. a.) andererseits wird auch sichergestellt, dass das hier entwickelte Kompetenzmodell „nicht einseitig aus der Fachperspektive konzipiert [wird], sondern die Perspektive der Lernenden in den Mittelpunkt rückt“ (Hamann 2004).

4 Anmerkung zur Erfassung der Kompetenz „Verstehen naturwissenschaftlicher Begriffe und Phänomene“

Die TIMSS und PISA-Studie verführen dazu, ausschließlich papierene Aufgaben zur Kompetenzerfassung einzusetzen. Ihre leichte Handhabung ist verführerisch. Jede Kompetenz muss dabei allerdings durch das Nadelöhr der Lesekompetenz gezogen werden. Wer mit der Schulpraxis vertraut ist, weiß, dass dadurch zahlreiche Schüler und Schülerinnen schlechter abschneiden, als es eigentlich ihrem Stand entspricht.

Dennoch führe ich im Anhang eine auf Verstehen hin konzipierte paper&pencil-Aufgabe an, die den Unterschied in der Gestaltung solcher Aufgaben zeigen soll:

Ein Kollege meinte kürzlich, eine PISA nachempfundene Aufgabe für seine Studierenden entwickelt zu haben. Er wollte zeigen, dass zu den künftigen Berufsanforderungen an einen Lehrer/eine Lehrerin die Fähigkeit gehört,

Aufgaben zu entwickeln, die in einem OECD-PISA-Assessment eingesetzt werden könnten. Vor dem Hintergrund der Debatte um Bildung als wirtschaftliche Ressource bzw. um den Aufbau von „Humankapital“ fiel mir auf, dass dieser Kollege, der sich einer phänomenologischen Wissenschaftstradition zugehörig fühlt und mit einer anderen wissenschaftstheoretischen Grundeinstellung die Aufgabe formulierte, ein anderes Ergebnis bzw. eine andere Lösung ansteuerte, als das bei Assessment-Studien üblich ist. Ich will diese Aufgabe (sie ist im Anhang abgedruckt) mit einer Vorzeige-Aufgabe aus PISA 2000 „Unit Semmelweis' Tagebuch“ vergleichen. (Diese Aufgabe ist im Internet unter <http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/beispielaufgaben.html>¹⁷ abrufbar.)

In beiden Aufgaben müssen die Schülerinnen und Schüler Schlussfolgerungen ziehen. Es soll einerseits geschlossen werden von der Konzentration auf den Geschmack – in der Aufgabe des Kollegen (vgl. Anhang); andererseits bei PISA (vgl. Semmelweis-Aufgabe) soll auf den Zusammenhang von Temperatur und Keimabtötung geschlossen werden. Während es sich bei der Aufgabe meines Kollegen um eine Beziehung zwischen der Temperatur und einer individuellen Wahrnehmung, dem subjektiven Geschmack handelt, lässt die PISA-Aufgabe die Schülerinnen und Schüler auf einen allgemeinen Zusammenhang schlussfolgern.

Der Kollege hat ein sinnlich handelndes Subjekt vor Augen, das selbst zum wissenschaftlichen Ergebnis kommt. Die Korrektur von Halbwahrheiten (wie z.B. „Der salzige Geschmack sei eine Eigenschaft von Kochsalz.“) ist hier ein Ziel. In der PISA-Aufgabe hingegen wird auf einen biologischen Zusammenhang Wert gelegt, den die Testperson bereits kennen muss: Krankheitskeime kann man durch Erhitzen abtöten, und dadurch senkt „die Medizin“ das Todesrisiko von fiktiven Patientinnen. Bei Frage 62 der PISA-Aufgabe fällt auf: die Konstrukteure der Aufgabe nehmen die Schülerinnen und Schüler als Subjekte nicht in den Blick, lediglich das Ergebnis ist wichtig.

Die richtige Antwort A zur Frage, was denn die ursprüngliche Idee von Semmelweis zur Verhinderung des Kindbettfiebers war, diese Antwort A wird formuliert mit dem Satz: „wenn man die Studenten veranlasst, sich nach dem Sezieren zu waschen ...“ (die möglichen Antworten wurden zur Wahl vorgegeben). Diese Formulierung macht die Ausblendung des Subjekts überdeutlich; man hätte auch formulieren können: „Durch das Händewaschen kannst du deine eigenen hygienischen Bedingungen verbessern und dich und andere vor Krankheiten schützen, wie jeder andere auch“. Vergleicht man nun die beiden Aufgaben im Hinblick darauf, wie die Autoren dieser unterschiedlichen Art von Aufgaben den Begriff (Handlungs-)Kompetenz interpretieren, so wird sich im Falle des Kollegen deutlich: Die Kompetenz zeigt sich im (imaginierten) Handeln; im Falle der PISA Aufgabe: Die Kompetenz zeigt sich in Form (memorierter) Handlungsregeln.

Eine etwas differenziertere Auswertbarkeit bieten Testaufgaben, die konsekutiv gestellt werden, wobei durch mechanische oder computerprogrammierte Maßnahmen eine Korrektur der zuvor gegebenen Antwort nicht mehr verändert werden kann. Dadurch gelingt es, einerseits einen individuellen Denkverlauf abzubilden, andererseits kommt man dem Aushandlungscharakter von Verstehensprozessen wohl näher. Im Anhang ist eine solche Testaufgabe abgebildet, die phänomenographische Forschungsergebnisse bewusst zum Ausgangspunkt der Testkonstruktion macht: die empirische Untersuchung von Strömdahl (Strömdahl 1996, vgl. auch: Lybeck, Marton, Strömdahl & Tullberg 2003) zu dem schwierigen chemischen Begriff ‚Mol‘. Der „Ergebnisraum“ dieser Untersuchung, der die Konzeptualisierungen der Schülerinnen und Schüler (ihre Verständnisse, was ein Mol sei) stufenweise ordnet, ist in Abb. 5 oben bereits abgebildet.

Bei der Aufgabe zum Molbegriff von Strömdahl wurde versucht, das Wort „verstehen“ ernst zu nehmen. Verstanden werden muss in dieser Aufgabe „was eine Person sagt bzw. meint“

¹⁷ Stand: 1. Mai 2005

und nicht „wie es ist“. Das ist insbesondere dort nötig, wo Konventionen im Spiel sind (etwa beim Begriff Stoffmenge). Je nachdem wie ausgeprägt die Fähigkeit zur intersubjektiven Perspektivenübernahme¹⁸ einer Person ist, kann sie zeigen, welche Konzeptualisierung (A oder B oder C oder D oder E) für sie maßgebend ist und welche Konzeptualisierungen A bis E sie „versteht“, wenn sie beispielsweise von anderen ins Feld geführt werden – was durchaus etwas Anderes ist als das Verstehen der Sache. Das heißt, die Person versteht nicht nur die eigene Konzeptualisierung, sondern auch die der anderen Personen und sie versteht wie andere Personen zum Verstehen kommen oder gekommen sind, also sie versteht die Verstehensprozesse der Anderen. Natürlich wird das Ergebnis einer solchen Konsekutivaufgabe auch vom Verständnis des Lehrers, der unterrichtet, abhängen¹⁹. Man kann erwarten, dass zahlreiche Lehrer ein Molverständnis der Stufe C vermitteln (wollen), welches nicht dem Stand der Wissenschaft entspricht, sondern lediglich „leichter“ zu lernen ist. In diesem Fall wird – möglicherweise aus einer falsch verstandenen „Hilfsbereitschaft“ heraus – zu Simplem und Nicht-Tragfähiges gelehrt. Es kommt mir in diesem Artikel aber darauf an zu zeigen, dass es empirische Untersuchungen darüber gibt, welche inhaltlichen naturwissenschaftlichen Verständnisse Schülerinnen und Schüler tatsächlich entwickelt haben, die man heranziehen könnte, um ihr *Verstehen* – auf das sich das oben dargelegte Kompetenzmodell konzentriert – zu beurteilen. Will man nicht auf klassische Paper&Pencil-Testaufgaben zurückgreifen, dann eigenen

sich auch so genannte „Phänomenprotokolle“ um Verstehensprozesse zu erfassen. Ein Phänomenprotokoll enthält unter der selbst gewählten Überschrift für das Phänomen, welches authentisch vom Probanden in den Blick genommen wird (es kann selbst hervorgerufen oder von einem Anderen demonstriert worden sein) eine Beschreibung des Phänomens und die Bedingungen, unter denen das Phänomen auftritt. Eine eigens vom Phänomen abgehobene „Deutung“ des Phänomens durch den Probanden zeigt auf welcher Ebene der Proband „versteht“, ob er Beobachtung und Deutung vermischt, welche Fragwürdigkeit er erkennt, welche Beziehungen er bemerkt und welchen Sinn er stiften kann. Eigene empirische Befunde zeigen, dass dies ein Instrument ist, das zur Anwendung bzw. zur empirischen Stützung des Kompetenzmodells geeignet ist. Zusammenfassend kann als vorläufiger Befund bereits gesagt werden: Eine eigene empirische Untersuchung, deren Auswertung gerade abgeschlossen wird, stützt die „evidenzbasierte Beschreibung“ des Kompetenzmodells zum Verstehen von Phänomenen und Begriffen zusätzlich zu der Triangulation mit der Untersuchung des Phänomens ·Lernen· bei Marton, Watkins & Tang (1997) weiter ab.

5 Der Verstehens-Ansatz im Vergleich mit den anderen in diesem Beitrag genannten Ansätzen – eine tabellarische Zusammenfassung

In diesem Artikel kamen verschiedene Kompetenzmodelle im Rahmen Naturwissenschaftlicher Bildung zur Diskussion; sie sind in Abb. 6 zusammenfassend tabellarisch dargestellt:

¹⁸ vgl. Selman 1982; Selman 1984

¹⁹ Aina Tullberg hat mit Strömdahls Methode untersucht, wie denn Chemielehrerinnen und Chemielehrer den Begriff ‚Mol‘ verstehen und die entsprechend von diesen Lehrerinnen und Lehrern entwickelten Lehrkonzepte systematisiert. (Tullberg 1997)

<p>Bybee (2002): An <i>faktischen Lernergebnissen</i> orientiertes Kompetenzstufenmodell</p>	<p>1. „nominale Stufe“</p> <ul style="list-style-type: none"> identifiziert Begriffe und Fragen als naturwiss., zeigt jedoch falsche Themen, Probleme, Informationen, Wissen oder Verständnis Falsche Vorstellungen von naturwiss. Konzepten und Prozessen unzureichende und unangemessene Erklärungen naturwiss. Phänomene aktuelle Äußerungen zu Naturwiss. sind naiv 	<p>2. „funktionale Stufe“</p> <ul style="list-style-type: none"> verwendet naturwiss. Vokabular definiert naturwiss. Begriffe korrekt lernt technische Ausdrücke auswendig 	<p>3. „konzeptionelle und prozedurale Stufe“</p> <ul style="list-style-type: none"> versteht Konzepte der Naturwiss. versteht prozedurales Wissen und Fertigkeiten in der Naturwiss. versteht Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen einer naturwiss. Disziplin und der konzeptionellen Struktur versteht die grundlegenden Prinzipien und Prozesse der Naturwiss. 	<p>4. „multidimensionale Stufe“</p> <ul style="list-style-type: none"> versteht die Besonderheiten der Naturwiss. unterscheidet Naturwiss. von anderen Disziplinen kennt Geschichte und Wesen der naturwiss. Disziplinen begreift Naturwiss. als einen sozialen Kontext
<p>SAPA-Projekt (1965) An <i>naturwissenschaftlichen Verfahrenswissenschaften</i> („processes“) orientiertes Kompetenzstufenmodell</p>	<p>1. observing</p> <ul style="list-style-type: none"> beobachten 	<p>2. basic processes</p> <ul style="list-style-type: none"> klassifizieren kommunizieren Raum-/Zeit-Beziehungen Zahlen verwenden messen schlussfolgern vorhersagen 	<p>3. integrated processes</p> <ul style="list-style-type: none"> Daten interpretieren Hypothesen formulieren operational definieren Variablen kontrollieren Modelle formulieren 	<p>4. experimenting</p> <ul style="list-style-type: none"> experimentieren
<p>Marton, Watkins & Tang (1997): An eine phänomenographische Untersuchung des Phänomens „Lernen“ angelehntes Kompetenzstufenmodell</p>	<p>1. committing to memory (words)</p> <ul style="list-style-type: none"> merkt sich Wörter erinnert sich Wörter reproduziert Wörter 	<p>2. committing to memory (meaning)</p> <ul style="list-style-type: none"> merkt sich Bedeutung erinnert sich an Bedeutung reproduziert Bedeutung 	<p>3. understanding (meaning)</p> <ul style="list-style-type: none"> versteht eine Bedeutung legt sich Sinn zurecht (produziert Sinn) kann etwas tun kann etwas auf andere Weise tun Achtung: Es gibt phänomenographisch (d.h. empirisch) ermittelte Landkarten des Verstehens von Grundbegriffen („big ideas“, etwa Zahl, Stoff, u.a.) 	<p>4. understanding (phänomen)</p> <ul style="list-style-type: none"> legt sich die Erklärung für ein Phänomen zurecht (produziert Erklärung für ein Phänomen) versteht ein Phänomen kann Beziehungen knüpfen erkennt Strukturen
<p>Rehm (2006) Am „Verstehenden Wissen“ orientiertes Kompetenzstufenmodell</p>	<p>1. Fragwürdigkeit erkennen: Ein Phänomen als fragwürdig erkennen können.</p> <ul style="list-style-type: none"> Das Subjekt erfasst/erkennt ein Phänomen, das es in der Welt entdeckt bzw. das ihm dargeboten wird als fragwürdig (Aporie, Problem, rätselhafter Zusammenhang). 	<p>2. Beziehung stiften: Eine Beziehung zum Phänomen aufbauen können:</p> <ul style="list-style-type: none"> Das Subjekt schreibt dem Phänomen eine Bedeutung für sich selbst zu und baut hierdurch eine Beziehung zu diesem Phänomen auf. 	<p>3. Sinn stiften: Sinn konstruieren können</p> <ul style="list-style-type: none"> In einem aktiven Konstruktionsprozess entwickelt das Subjekt einen Sinnzusammenhang zwischen sich und dem Phänomen bzw. das Subjekt ist in der Lage die Bedeutung des Phänomens für sich selbst in bestehende Sinnzusammenhänge einzuordnen und diese damit zu erweitern. 	<p>4. Verstehen: Das Subjekt versteht das Phänomen</p> <ul style="list-style-type: none"> Das Subjekt kann die Fragwürdigkeit des Phänomens erhellen bzw. erklären, indem es das Phänomen in die/in seine Welt einordnet kann. Es stellt eine Beziehung zwischen sich, dem Phänomen in der Welt her und baut hierdurch neue Strukturen auf.

Abbildung 6: Vergleich der Kompetenzmodelle von Bybee (2002), SAPA-Projekt (1965), Marton, Watkins & Tang (1997), Rehm (2006)

Literatur

- AAAS Commission on Science Education (1965) [Sears, P.B., Chairman]. Science A Process Approach. Third Experimental Edition, Commentary for Teachers (yellow part). Washington, DC: AAAS Miscellaneous Publication 65-22.
- Amtsblatt des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004). Lehrplanheft 1/2004. Stuttgart: Necker-Verlag.
- Bohnsack, R. (2000). Gruppendiskussion. In U. Flick, E. von Kardorff, I. Steinke (Hg.), *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*. Reinbek b. Hamburg: Rowohlt, 369-384.
- Bowden, J., Dall'Alba, G., Martin, E., Laurillard, D., Marton, F., Masters, G., Ramsden P., Stephanou, A. & Walsh, E. (1992). Displacement, velocity and frames of reference: phenomenographic studies of students' understanding and some implications for teaching and assessment. *American Journal of Physics* 60, 262-269.
- Buck, P. (1985). Symptomatische Halb Wahrheiten IV: Kohäsion. *chimica didactica* 11, 125-132.
- Buck, P. (1997). *Einwurzelung und Verdichtung*. Dürnau: Verlag der Kooperative Dürnau.
- Buck, P., Goedhart, M.J., Gräber, W., Kaper, W.H., Koballa, T., Linder, F., Marton, H. Spiliotopoulou, N.L., Tsagliotis, M. & Vogelesang M. (2003). On the methodology of ‚phenomenography‘ as a science education research tool. In D. Psillos, et al (Hg.), *Science Education Research in the Knowledge Based Society*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 31-41.
- Buck, P. & Rehm [Müller], M. (1998). *Einwurzelung und Verantwortung. Über zwei Bedürfnisse der Seele (Simone Weil), die zugleich Ziel unterrichtlichen und erzieherischen Handelns sind*. In T. Lorenz & A. Abele (Hg.), *Pädagogik als Verantwortung. Zur Aktualität eines unmodernen Begriffs*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Buck, P. & Müller [Rehm], M. (2002). Vier Thesen zur bildungstheoretischen Einordnung eines phänomenologischen Chemieunterrichts. *chimica didactica* 28, 21-26.
- Buck, P. & Rehm, M./Seilnacht, T. (2004). *Der Sprung zu den Atomen*. Bern: Seilnacht.
- Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Hg.), *Scientific literacy – an international symposium*. Kiel: Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften, 37-68.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität?. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, R. Evans (Hg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske und Budrich, 21-43.
- Chomsky, N. (1969). *Aspekte der Syntax-Theorie*, Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Frey, A. (2004). Die Kompetenzstruktur von Studierenden des Lehrberufs. Eine internationale Studie. *Zeitschrift für Pädagogik* 50, 903 - 924.
- Gräber, W. & Nentwig, P. & Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.) (2002). *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske und Budrich.
- Habermas, J. (1992). *Erläuterung zur Diskursethik*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodell. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *MNU* 57, 196-203.
- Helmke, A. & Jäger, R. S. (Hrsg.). (2002). *Die Studie MARKUS – Mathematik-Gesamterhebung Rheinland-Pfalz: Kompetenzen, Unterrichtsmerkmale, Schulkontext*. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Helmke, A. (2000). *Unterrichtsqualität*. Seelze: Kallmeyer.
- Hentig, H.v. (1985). *Eine Antwort an Theodor Wilhelm*. Neue Sammlung 25 Stuttgart: Klett, 151-167
- Hentig, H.v. (2004). *Einführung in den Bildungsplan 2004. Kultus und Unterricht: Amtsblatt des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. Lehrplan helf 1/2004*. Stuttgart: Necker-Verlag.
- Hurrelmann, K. (1998). *Einführung in die Sozialisationstheorie. Über den Zusammenhang von Sozialstruktur und Persönlichkeit*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Klafki, W (2005). Vortrag am 1. Juni 2005 anlässlich der 12. Wagenscheintagung an der Pädagogischen Hochschule beider Basel, Liestal, Schweiz.
- Klafki, W. (2003). *Allgemeinbildung heute – Sinn-dimensionen einer gegenwarts- und zukunftsorientierten Bildungskonzeption*“. *Schulmanagement-Handbuch* 22, 11-28.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. – Cambridge: MIT Press. [erwähnt bei Hammann 2004]
- Klieme, E. u.a. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. Frankfurt/M.: DIPF Februar 2003, auch als Drucksache des BMBF. Berlin: Juni 2003.
- Köhnlein, W. (1998). *Der Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kutschmann, W. (1999). *Naturwissenschaft und Bildung. Der Streit „zweier Welten“*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Lehmann, R. & Gänsfuß, R./ Peek, R. (1999). *Ergebnisse der Erhebung von Aspekten der Lehrausgangslage und der Lernentwicklung von Schülerinnen und Schüler an Hamburger Schulen – Klassenstufe 7. Bericht über die Untersuchung im September 1998*. Hamburg 1999.

- Lehmann, R. & Peek, R. (1997). Aspekte der Lernausgangslage von Schülerinnen und Schülern der fünften Klassen an Hamburger Schulen. Bericht über die Untersuchung im September 1996. Hamburg: Amt für Schule.
- Lenzen, D. (1997). Lebenslauf oder Humanontogenese? Vom Erziehungssystem zum kurativen System – von der Erziehungswissenschaft zur Humanvitologie. In N. Luhmann & D. Lenzen: Bildung und Weiterbildung im Erziehungssystem. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 228-247.
- Lybeck, L. & Marton, F. & Strömdahl, H. & Tullberg, A. (2003). Phänomenographische Untersuchungen zum Molbegriff. *chimica didactica* 29, 61-96.
- Maag Merki, K. (2005). Wissen, worüber man spricht. Ein Glossar. In: G. Becker & A. Bremerich-Vos & M. Demmer & K. Maag Merki & B. Priebe & K. Schwippert & L. Stäudel & K.-J. Tillmann (Hrsg.), Standards. Unterrichten zwischen Kompetenzen, zentralen Prüfungen und Vergleichsarbeiten. Friedrich Jahresheft XXIII 2005. Velber: Friedrich Verlag, 12-13.
- Marton, F. & Booth, S. (1997). Learning and Awareness. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Ass. Publ.
- Marton, F. & Watkins, D. & Tang, C. (1997). Discontinuities and Continuities in the Experience of Learning: An Interview Study of High-School Students in Hong Kong. *Learning and Instruction*, 7, 21-48.
- Messner, R. & Rumpf, H. (1992). Natur und Bildung – Gedanken zum schulischen Umgang mit Naturfragen. *Die Grundschrift* 53, 9-13.
- Messner, R. & Rumpf, H. & Buck, P. (1997). Natur und Bildung – Über Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts und Formen des Naturwissens. *chimica didactica* 23, 5-31.
- Murmann, L. (2002). Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. Eine phänomenographische Untersuchung in der Primarstufe. Berlin: Logos.
- Ramseger, J. (1991). Was heißt durch Unterricht erziehen? Weinheim, Basel: Beltz.
- Redeker, B. (1995). Martin Wagenschein phänomenologisch gelesen. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Rehm [Müller], M. (1997). „Erziehung“ in einer vom Fachwissen dominierten Schulpraxis? *chimica didactica* 23, 32-62.
- Rehm, M. (2003). „Flüchtige Stoffe bestehen meist aus Molekülen mit Atombindungen.“ oder von den Selbst- Täuschungen und schier unzulässigen Vereinfachungen, denen sich ein struktur-orientierter Chemieunterricht der Sekundarstufe hingeben muss. *chimica didactica* 29, 121-136.
- Rehm, M. (2003a). Über die Chancen und Grenzen „moralischer“ Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Berlin: Logos.
- Reusser, M. & Reusser-Weyeneth, M. (1994). Verstehen – psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe. Bern: Huber.
- Rost J. & Prenzel, M. & Carstensen Claus H. & Senkbeil M. & Groß, K. (2004). Naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland – Methoden und Ergebnisse von PISA 2000. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Säljö, R. (1982). Learning and Understanding – A study of Differences in Constructing Meaning from a Text. Göteborg Studies in Educational Sciences, Bd. 41.
- Selman, R. L. (1984). Die Entwicklung des sozialen Verstehens. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Selman, R. L. (1982). Sozial-kognitives Verständnis. Ein Weg zu pädagogischer und klinischer Praxis. In D. Geulen., Perspektivenübernahme und soziales Handeln. Texte zur sozialen-kognitiven Entwicklung, Frankfurt/M: Suhrkamp, 223-256.
- Senkbeil, M. & Rost, J. & Carstensen, C.H. & Walter, O. (2005). Der nationale Naturwissenschaftstest PISA 2003. *Zeitschrift für Empirische Pädagogik* 19, 166-189.
- Shamos, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewusstsein für die Naturwissenschaften entwickeln. W. Gräber & P. Nentwig & T. Koballa & R. Evans (Hg.), Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen: Leske und Budrich, 45-68.
- Strömdahl H. (1996). On mole and amount of substance – A study of the dynamics of concept formation and concept attainment. Göteborg Studies in Educational Sciences, Bd. 106. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Tullberg, A. (1997). Teaching „the Mole“ – A Phenomenographic Inquiry into the Didactics of Chemistry. Göteborg Studies in Educational Sciences, Bd. 118. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Wagenschein, M. (1970). Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken (Band I und II), Stuttgart: Klett.
- Wagenschein, M. (1986). Die Sprache zwischen Natur und Naturwissenschaft. Marburg: Jonas, 80-81.
- Wagenschein, M. (1991). Verstehen lehren. Weinheim und Basel: Beltz.
- Walter, J. M. (2003). Die Bedeutung der Didaktik Martin Wagenscheins für den Musikunterricht und die Musikpädagogik. Augsburg: Wißner-Verlag.
- Weinert, F. E. (Hg.) (2001). Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim, Basel: Beltz.
- Wilhelm, T. (1985). Die Allgemeinbildung ist tot – Es lebe die Allgemeinbildung. Neue Sammlung 25/2. Stuttgart: Klett, 120 – 150.

Dank:

Im intensiven Gedankenaustausch mit Peter Buck sind von ihm Ideen und Anregungen in diesen Beitrag eingeflossen, für die ich ihm herzlich danke.

Für redaktionelle Hinweise danke ich herzlich Isolde Rehm und Dorothee Brovelli.

Anhang

Anhang 1: Testaufgabe, die das verstehende Subjekt in das Zentrum der Aufgabe rückt

Eine PISA nachempfundene Aufgabe:

Im Jahre 1917 untersuchte die finnische Forscherin, Frau Professor Renqvist, wie gut Menschen schmecken können. Für den Salzgeschmack stellte sie Lösungen aus Kochsalz und Kaliumchlorid her. Ihre Versuchspersonen mussten sie kosten und dann in eine Liste eintragen, welchen Geschmack sie bei den einzelnen Proben feststellten. In der Tabelle sind die häufigsten Antworten der Versuchspersonen aufgelistet. Ist z.B. „süß, vielleicht bitter“ genannt, bedeutet dies: am häufigsten wurde bei dieser Lösung „süß“ genannt, am zweithäufigsten „vielleicht bitter“.

Gramm/Liter NaCl in Wasser	Mol/Liter NaCl in Wasser	Geschmack
0,5	0,009	kein Geschmack
0,6	0,01	schwach süß
1,2	0,02	Süß
1,75	0,03	Süß
2,4	0,04	salzig, schwach süß
3,0	0,05	Salzig
5,8	0,1	Salzig
11,7	0,2	rein salzig
58,5	1,0	rein salzig

Gramm/Liter KCl in Wasser	Mol/Liter KCl in Wasser	Geschmack
0,67	0,009	süß
0,75	0,01	stark süß
1,5	0,02	süß, vielleicht bitter
2,25	0,03	bitter
3,0	0,04	bitter
3,75	0,05	bitter, salzig
7,5	0,1	bitter, salzig
15,0	0,2	salzig, bitter, sauer
75,0	1,0	salzig, bitter, sauer

1. Kann man sagen, dass Salze **immer** salzig schmecken? (Begründung?)

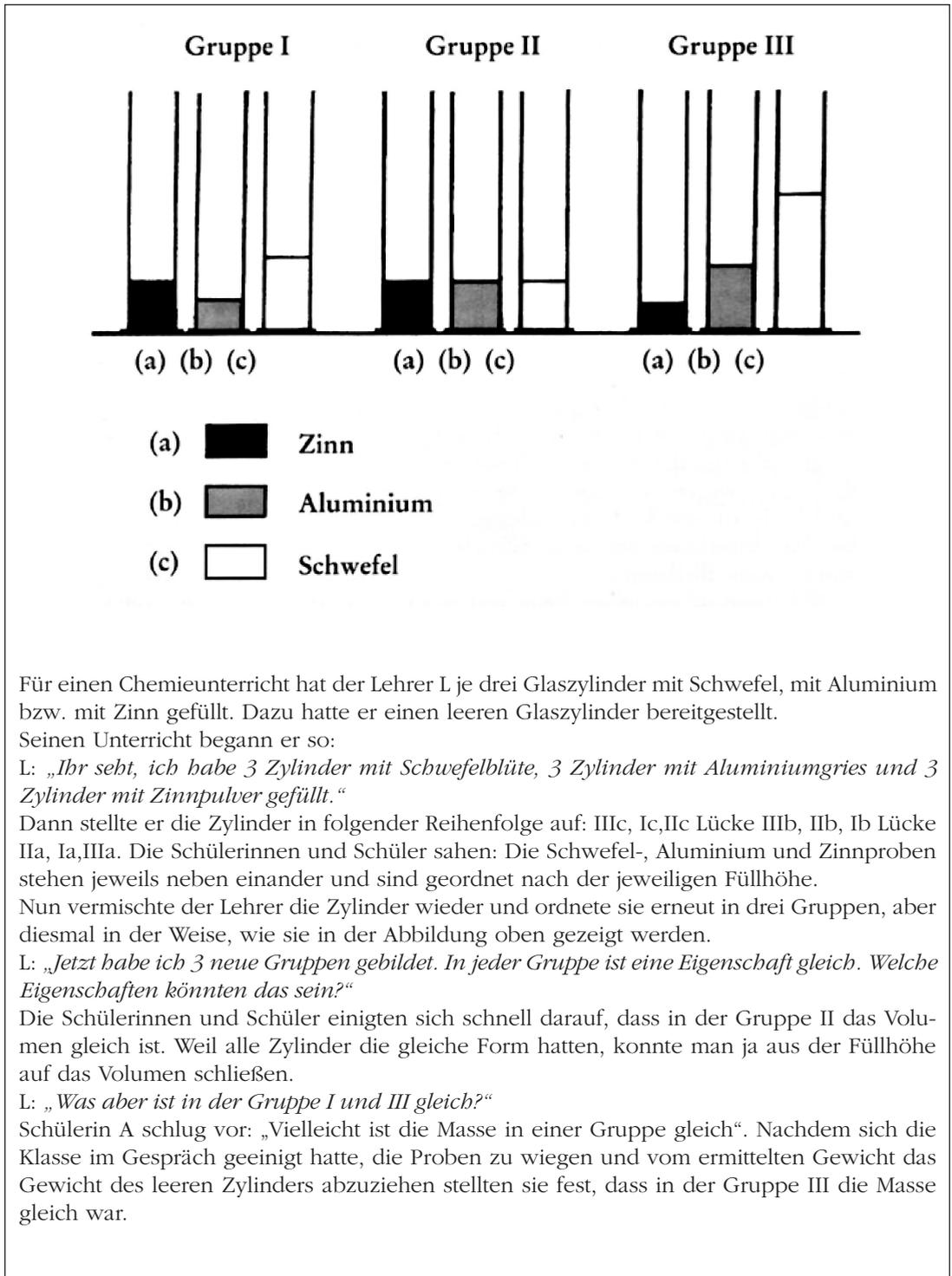
2. Kann man sagen, dass Kochsalz **immer** salzig schmeckt? (Begründung?)

3. Frau Renqvist kam aufgrund ihrer Untersuchung zu folgendem Ergebnis: *Wie etwas (z.B. Kochsalz) schmeckt, hängt von 3 Faktoren ab.* Welche Faktoren waren das?

Faktor a) _____ Faktor b) _____ Faktor c) _____

4. Frau Renqvist behauptete, die Lösungen wären hinsichtlich ihrer Konzentration vergleichbar. Wie meint sie das?

Anhang 2: Konsekutive Testaufgabe, die phänomenographische Untersuchungsergebnisse zum Ausgangspunkt nimmt



L: „Was aber könnte denn in der Gruppe I gleich sein?“

Lange war die Klasse ratlos. Du hast aber vielleicht schon einen Vorschlag:

Mein Vorschlag: „In der Gruppe I könnte _____ gleich sein.“

(Die Antwort wird elektronisch oder mechanisch gesichert, dann wird die Fortsetzung des Tests sichtbar:)

Wir hören zu, was in der Klasse nach einiger Zeit diskutiert wurde:

Der Schüler B sagt zu C: „Die ‚Stoffmenge‘ ist gleich sagst du. Das verstehe ich nicht. In der Gruppe II ist doch auch die Stoffmenge gleich, es sind nämlich gleichviele Milliliter. Und in der Gruppe III ist doch auch die Stoffmenge gleich. Dort sind es gleichviel Gramm.“

C: „Aber ich meine nicht das Volumen und die Masse, sondern die ‚Stoffmenge!‘“

Kannst Du mit Deinen eigenen Worten erklären, was C meinte und B nicht verstanden hatte?

Ich denke, C wollte sagen: _____

(Die Antwort wird elektronisch oder mechanisch gesichert, dann wird die Fortsetzung des Tests sichtbar:)

Fortsetzung:

C fährt fort: „Ich meine die Stoffmenge, die in Mol gemessen wird. Bei der Gruppe I wurde das Gewicht der Stoffportion so berechnet, dass gleichviele Atome in jedem Glasszylinder sein müssten.“

Da mischt sich D ein.

D zu C: „Warum sagst du dann nicht gleich: In der Gruppe I ist dieselbe **Anzahl** Atome drin?“

C zu D: „Weil ich das nicht gemeint habe! Ich habe die Stoffmenge in Mol gemeint und nicht die Anzahl! Herr L ist doch nicht hergegangen und hat die Atömchen einzeln gezählt! Herr L hat die Stoffmengen gewogen! Mit der Waage!“

Stimmt das? Was meinst Du: Ist Herr L vermutlich so vorgegangen wie C sagt? Begründe Deine Meinung!

Meine Meinung/Begründung _____

(Die Antwort wird elektronisch oder mechanisch gesichert, dann wird die Fortsetzung des Tests sichtbar:)

D antwortet C: „Aber die Definition von 1 Mol lautet: In 1 Mol eines Stoffs sind ebenso viele Teilchen enthalten wie Atome in genau 12,000 Gramm ^{12}C -Kohlenstoff enthalten sind.“
 Dann läuft das doch darauf hinaus, dass in jedem Zylinder Ia, Ib und Ic gleichviele Atome sind!“

C zu D: „Das schon, aber dadurch wird die Einheit der Stoffmenge immer noch nicht zu einer Art Riesendutzend. Du weißt schon: $6,203 \times \text{zehn hoch } 23!$ Das Mol bleibt Mol. Es ist die Einheit für eine Stoffmenge, die in Gramm gewogen werden muss, und nicht für einen Haufen Atome, die gezählt werden müssen!“

Stimmt das? Was meinst Du: Ist das Mol ein Maß für die Anzahl Atome, die zum Beispiel in einen Glaszylinder abgefüllt werden (C nennt das ein „Riesendutzend“)? Oder ist das Mol ein Maß für die Stoffmenge einer Stoffportion, die in einen Glaszylinder abgefüllt wird? Begründe Deine Meinung!

Meine Meinung/Begründung _____

(Die Antwort wird elektronisch oder mechanisch gesichert, dann wird die Fortsetzung des Tests sichtbar:)

Gibt es einen Unterschied in den Eigenschaften einer Portion des Stoffs ‚Schwefel‘ und einem Schwefelatom? Erläutere Deine Antwort, egal zu welchem Ergebnis Du kommst!

Markus Rehm ist Hochschuldozent für Chemie, Chemiedidaktik und Erziehungswissenschaft an der Pädagogischen Hochschule der Zentralschweiz in Luzern. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Lehrerbildung in den Naturwissenschaften, Naturwissenschaftliche Bildung, Kompetenzentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Dr. Markus Rehm
Pädagogischen Hochschule Zentralschweiz
Museggstr. 22
CH-6004 Luzern

E-Mail: markus.rehm@phz.ch