

# Die Kunst der naturwissenschaftlichen Untersuchung

## Eine konstruktive Kritik des Verstehensbegriffs bei Martin Wagenschein

von

**Florian Theilmann**

*Universität Potsdam*

### Teil II

#### **Zusammenfassung**

Die berühmte didaktische Trias *exemplarisch-genetisch-sokratisch* Martin Wagenscheins vereinigt eine ganze Reihe didaktischer und pädagogischer Grundüberzeugungen, Hoffnungen und Anliegen, an denen sich bis heute in vielen Fällen praktischer Unterricht und akademischer Diskurs orientieren. Dieser Text stellt im Kontext der Physikdidaktik einen kleinen Teil davon in Frage, ohne die grundsätzliche Blickrichtung dieser drei Motive abzulehnen: wir werden versuchen zu zeigen, dass der zugrunde liegende Verstehensbegriff Wagenscheins auf einem nicht-naturwissenschaftlichen Wissenstypus aufbaut – und dass darum z. B. auch die „sokratische Methode“ nicht (oder nicht ohne weiteres) ein geeignetes Diskursparadigma für die Naturwissenschaften und insbesondere Physik ist. Dieses Argument wird in zwei Stufen entwickelt: Wir referieren zwei Quellen der klassischen Antike für diese Auseinandersetzung und argumentieren dann dafür, dass auch eine moderne Lesart dieser Quellen vernünftig ist. In einem dritten Teil untersuchen wir, welche methodischen Folgerungen sich damit gerade aus der Blickrichtung Wagenscheins auf eine authentische und individuelle Aneignung von Erkenntnis der Naturwissenschaften ergeben.

#### **Abstract**

Wagenschein's idea of uniting exemplary, genetic and socratic teaching methods incorporates numerous didactic and pedagogic convictions. Up to the present day, these convictions have influenced both class room practice and academic discourse. Some of these ideals shall be challenged with regard to physics teaching, without rejecting the basic concept. It will be shown that Wagenschein's interpretation of "Understanding" or "Comprehension" presupposes an epistemic approach that is untypical of natural science. Hence, the "socratic method" proves to be an inappropriate paradigm for scientific discourse, especially in physics. We will develop our argument in two steps: Af-

ter an excursion into the antique debate on the topic, it will be demonstrated that a modern interpretation of the classical sources is reasonable. A third section deals with methodological implications regarding an authentic and individual access to scientific insight.

### 3. Individuelle und authentische Lernwege zur Erfahrungswissenschaft Physik

Physik als Lehrgegenstand in Schule und Hochschule ist – in diesem Sinne also in einem gewissen Gegensatz zur Physik als wissenschaftlicher, sich entwickelnder Disziplin – gemeinhin das, was sich an physikalischen Inhalten *systematisch* darstellen lässt. Soweit dieser konzeptionelle Rahmen überschaut wird, besteht die Aufgabe des Lernenden hier darin, die Elemente dieser Praxis wiederzugeben und anzuwenden (KMK 2004). Didaktisch spiegelt sich diese Situation z. B. wider, wenn ein physikalisches Thema “rekonstruiert” werden soll und dafür zunächst “elementarisiert” werden muss<sup>1</sup> (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek 2005) oder wenn innerhalb eines physikalischen Teilgebietes konkurrierende Deduktionsschemata – die sogenannten “Modelle” – gelehrt werden. Doch ein sinnvoller Umgang damit verlangt nicht nur deren korrekte Anwendung, sondern etwa auch die Fähigkeit, sie kritisch zu bewerten – also “Modellkompetenz” (Mikelskis-Seifert, Thiele & Wünscher, 2005; Leisner 2005; Mikelskis-Seifert 2006). Auch ein verständiger Umgang mit Fachwissen auf der Stufe von Transfer (Theilmann 2008), das in den Bildungsstandards vorgesehene Fruchtbarmachen von Fachwissen für gesellschaftliche Fragestellungen und das selbstständige Kommunizieren darüber, der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung etc. verweisen uns auf das Problem, auch für diese Aspekte von Physik entsprechende Fähigkeiten zu entwickeln. Und an dieser Stelle sollte bereits deutlich sein, dass dieses Problem regelrecht *fordert*, neben der üblichen Ausbildung von *epistēmē* (durch systematische Darstellung, quantitative Aufgaben etc.) bei der Ausbildung auch abwägende Reflexion angemessen einzubeziehen. Die Feststellung, dass der so oft bemühte Kompetenzbegriff der Bildungsstandards für Physik (Weinert 2001; KMK 2004),

“die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaft-

---

<sup>1</sup> I. e. festgestellt wird, welcher Satz von Prinzipien zur Deduktion des gewünschten Ergebnisses nötig ist.

ten und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können,”

weitgehend auf der Linie des klassischen Verständnisses der dianoetischen Tugenden liegt, ist hier vielleicht schon überfällig. Kompetenz ist in diesem Verständnis nicht – wie in der allgemeinen Sprachwissenschaft<sup>2</sup> oder im genetischen Strukturalismus – eine generell mögliche, gleichsam phylogenetische Disposition, sondern individuell, biographisch und konkret: es geht um das angemessene Zurecht-Kommen mit, das Fachmann-Sein in einer komplexen Materie in variablen Situationen, wobei Denk- und Erfahrungswissen gefragt ist.

### 3.1 Ein individueller lernpsychologischer Rahmen: Erfahrungsumkreise und referentielle Aspekte

*What does it take to learn?* Marton und Booth (1997) entwickeln ihre bereits oben zitierte Untersuchung zu dieser Frage selbst in bester aristotelischer Manier: Jede Erfahrung (*experience*) hat eine “Was-Seite”, den referentiellen oder Bedeutungs-Aspekt, und eine “Wie-Seite”, den strukturellen Aspekt: eine Art “Hintergrund” oder “Rahmen”, vor dem (bzw. innerhalb dessen) sich der Gegenstand des Lernens als Gegenstand – also als umrissener Bewusstseinsinhalt – formiert. Dieser Hintergrund lässt sich differenzieren in den externen Umkreis (*external horizon*), in den alles fällt, was die Erfahrung äußerlich konstituiert, und den internen Umkreis (*internal horizon*), das, was wir aufgrund unseres Vorwissens oder von Vorerfahrungen her innerhalb der aktuellen Erfahrung als Struktur, Beziehungen etc. “hineinsehen” (Abb. 4).

Lernen besteht offenbar gerade darin, dass innerhalb des eigenen Lernhintergrundes neue Beziehungen gestiftet werden und sich das “hintergrund-bildende” Gefüge von Gegenständen, Erwartungen, Kategorien, Konzepten etc. nicht einfach als Bestand fortpflanzt, sondern modifiziert wird. Die erste Experimentiergruppe kommt mit ihrem Bestätigungsexperiment zwar nicht glatt durch, das Problem ist aber völlig systematischer Natur: die vorschnelle Analogisierung der räumlichen Abstandsverhältnisse mit den zeitlichen Verhältnissen des Vorgangs – wohl auch eine plausible Schülerfehlvorstellung – geht nicht auf und muss korrigiert werden. Die zweite Experimentiergruppe erlebt eine echte Differenz zwischen dem konkreten und dem theoretisch-idealen Geschehen: der reale Vorgang zeigt gar nicht die Merkmale, die ihm in den

---

<sup>2</sup> In Opposition zu “Performanz” etwa bei Chomsky (1969).

Fallgesetzen zugeschrieben werden. Stückchenweise kann sich aber klären, welche Experimentierbedingungen diese Merkmale brauchen (oder: bräuchten).

Die beiden geschilderten Studentengruppen machen ihre jeweiligen (Lern-)Erfahrungen in recht vergleichbaren externen Umkreisen. Insofern die Fallgesetze als Gegenstand von *epistēmē* behandelt werden, spiegelt sich das deutlich im internen strukturellen Aspekt – sie werden als Teil der formal-mathematischen Struktur “Mechanik” genommen. Das impliziert dann ein affirmatives Experimentiersetting, wobei Reibung ebenso wenig in Betracht gezogen wird wie Probleme, die sich aus der räumlichen Ausdehnung von Lichtschranken, Gleitern etc. ergeben mögen. Auch der referentielle Aspekt (Reduktion auf Orte, Zeitpunkte, reine Gesetzmäßigkeiten etc.) ordnet sich dem unter. Das Lernproblem hier ist, ob es gelingt, die entsprechenden Strukturelemente und eine adäquate Vernetzung zu realisieren. Auf die korrespondierende Struktur der Erfahrung im genetischen Lehrgang sind wir in Abschnitt 2.2 bereits kurz eingegangen – was ist das korrespondierende Lernproblem für die erfahrungswissenschaftlichen Aspekte?

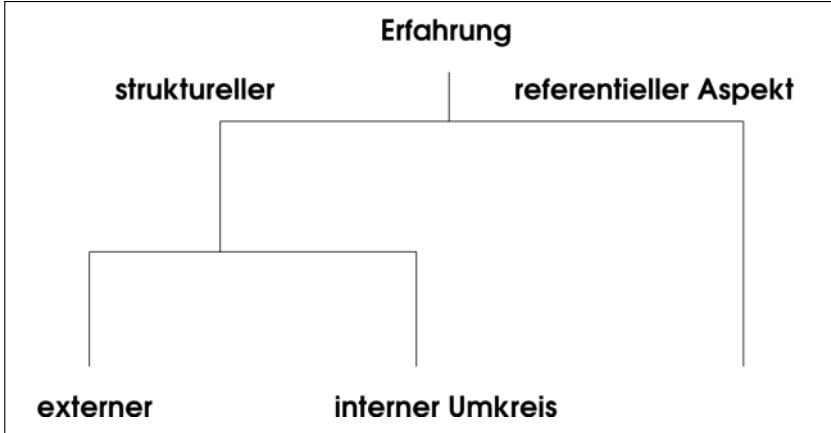


Abbildung 4: Die generelle Struktur der Erfahrung nach Marton und Booth (1997).

### 3.2 Was heißt “Verstehen” im Kontext von Denk- und Erfahrungswissen?

Wagenscheins elegante Wendung “Verstehen heißt, selber einsehen, ‘wie es kommt’” (Wagenschein 1999, 120) ist im Grunde genommen eine moderne Spielart des Aristotelischen Verstehensbegriffs, der *theōria*, i. e. der umfas-

senden Anschauung einer Sache. Nun ist es an dieser Stelle naheliegend zu unterscheiden, wie sich eine solche Anschauung auf dem Gebiet des logisch-spekulativen Denkens anders ausnimmt als auf dem Gebiet der abwägenden Reflexion. An der schiefen Ebene ist es etwa möglich, logisch-analytisch einzusehen, dass Streckenverhältnisse von 1:3:5:... für in aufeinanderfolgenden Zeitintervallen zurückgelegten Strecken zu Sätzen wie " $s = at^2/2$ " oder " $v \propto t$ " führen und umgekehrt. Auch die Beziehung dieser Sätze zur Flugbahn einer schweren und nicht zu schnellen Kugel – der Wurfparabel – oder zum Bogen eines Wasserstrahls am Brunnen kann eingesehen werden. Eine Überschau über diese Zusammenhänge mag mit Recht als "Verstehen" (etwa der Fallgesetze) angesprochen werden und die Nähe zu *epistēmē* ist deutlich: Physik ist wiederum System. So gesehen zeigt sich: Wagenscheins Lehrgänge sollen gar nicht die Natur explorieren, sondern das fachliche Verstehen durch einen entsprechenden Aneignungsprozess auch in der Persönlichkeit des Lerners "einwurzeln"<sup>3</sup>

Der Charakter von Überschau auf einem Gebiet des Erfahrungswissens ist anders als der einer systematischen Überschau. Ein guter Automechaniker zeichnet sich nicht vorrangig dadurch aus, dass er die Vielzahl der Teile und ihre Funktionen benennen oder beschreiben kann, sondern eher dadurch, dass er Öl- oder Abnutzungsspuren sucht und deutet, Geräusche, Lebensdauern oder Risiken angemessen einschätzt, Probleme erkennt oder Lösungen findet, die nicht auf der Hand liegen. Ein "guter Arzt" zeichnet sich nicht primär durch Fachwissen, sondern durch diagnostisches oder handwerkliches Geschick aus, aber auch durch eine glückliche therapeutische Hand. Erfolgreiche naturwissenschaftliche Arbeitsgruppen sind nicht notwendig fachlich besser als andere, aber sie haben typischerweise spezifisches praktisches *know-how*, etwa Expertise im Umgang mit komplexen Geräten oder der Reduktion bzw. Interpretation von Daten, sie kennen die Möglichkeiten und Grenzen ihrer Apparate oder Programme, sie kennen auch ihren Forschungsgegenstand so gut, dass neue Projekte eher an wichtigen oder erfolgversprechenden Stellen angesetzt werden.

Das tieferliegende Motiv, die Kompetenz, ist in diesen Fällen eine Art Exzellenz *in der Sache*, die durch die Arbeit an dieser Sache erworben worden ist. Diese "Beschäftigung mit etwas" entwickelt eine Art Organ, unter Um-

---

<sup>3</sup> Wagenschein leiht sich dieses Bild bei Simon Weil: die naturwissenschaftliche Erkenntnissuche soll nicht unabhängig oder irgendwie außerhalb der sonstigen Lebenswirklichkeit des Lernenden stattfinden, sondern innerhalb derselben als sinnvoll Erlebtes.

ständen sogar eine Gewohnheit für die Anwendbarkeit der dabei verwendeten Techniken, Denkbewegungen und Gesichtspunkte – *phrónēsis*. Diese Entwicklung ist wohl noch kaum auf Bewusstsein von Methodik etc. oder der eigenen Rolle angewiesen. Wenn dieses Bewusstsein vorhanden ist, können weitergehende Fragen nach den Grenzen von Methode oder Systematik entstehen. Das Befragen von Zusammenhängen und die eigenständige Konzeptualisierung derselben sind dann Anwendungen von *nūs*. Die Frage nach einer Einwurzelung dieser Art Verstehens stellt sich offenbar dabei so gar nicht. Was “überschaut” wird, ist nicht vorrangig eine äußere Systematik, sondern bereits ein persönlich-biographischer Kontext von Erfahrung, Konzepten, Problemlösungsstrategien oder Fragerichtungen. Und damit lässt sich das erfahrungswissenschaftliche Lernproblem formulieren: Es gilt ebendiesen Kontext herzustellen.

### 3.3 “Verstehendes Wissen”: Ein Kompetenzstrukturmodell für Erfahrungswissen?

Markus Rehm entwickelt in seinem Kompetenzmodell (Rehm, 2006) ein Komponentenmodell für eine Kompetenz “verstehendes Wissen”, die er im Sinne eines Genetischen (i. e. genetisch-sokratisch-exemplarisches) Verstehen von Phänomenen und Fachbegriffen anlegt. Eine solche Orientierung ergänzt die Output-Orientierung konventioneller Standards und der gängigen Lesart von *scientific literacy* um die Perspektive auf das Subjekt, das diesen Output hervorbringen soll, bzw. dessen “*Bildung*”. Er unterscheidet dafür vier Kompetenzstufen, die vier Fähigkeiten des erkennenden Subjektes entsprechen, sich zu einem Phänomen in Beziehung zu setzen (Abb. 5). Das Anliegen Rehms entwickelt sich dabei aus der Auseinandersetzung mit der Spannung zwischen dem eher ergebnisorientierten Blick auf naturwissenschaftliche Kompetenz vom Standpunkt der SL aus und der Orientierung an “Prozessen” bzw. naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Shamos, 2002; Hammann, 2004) als Schritt “vom Prozessmodell zum Qualitätsmodell des Verstehens”. Diese Fähigkeiten sind prozessorientiert charakterisiert und schildern Stufen einer immer umfassenderen und differenzierteren Auseinandersetzung zwischen erkennendem Subjekt und einem Phänomen.

Markus Rehm betont ausdrücklich eine “inhaltliche Vielfalt des Verstehens”, i. e. die (phänomenographisch belegte) Tatsache, dass Begriffe und Phänomene individuell auf jeweils charakteristische Weise verschieden und in unterschiedlich vielen Stufen verstanden werden. Eine differenzierte Untersuchung und Schilderung dieses Sachverhaltes findet sich wiederum in Marton

Fokus des Subjekts	Fähigkeit	Beschreibung der Fähigkeit
Phänomen	<b>Fragwürdigkeit erkennen:</b> 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 ...)
Subjekt Phänomen	<b>Beziehung stiften:</b> 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.
Subjekt	<b>Sinn stiften:</b> 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.
Subjekt und Phänomen in der Welt	<b>Verstehen:</b> 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 und dem Phänomen in der Welt her und baut hierdurch neue Strukturen auf.

Abbildung 5: Tabellarische Darstellung der Fähigkeiten, die Rehms Kompetenzmodell für "verstehendes Wissen" konstituieren.

und Booth (1997): Der Weg zum Verstehen ist einerseits ein diachroner Prozess und involviert andererseits verschiedene kognitive Modi (Abb. 6). Er bezieht die vier Modi des "Lernraums" (Abb. 6) im Sinne einer "Kohärenzprüfung" auf die vier Fähigkeitsstufen seines Modells. Zwar ist damit die strukturelle Kompatibilität der angenommenen Kompetenzstruktur mit einer empirisch gewonnenen Landschaft der Lernerfahrungen plausibel, doch bleibt die Frage, welche Art des Verstehens jeweils zugrunde gelegt wird.

Der Schlüsselbegriff des *verstehenden Wissens* integriert verschiedene Wissenstypen (Messner, Rumpf & Buck, 1997; Buck & Müller [Rehm], 2002) oder -formen im Spannungsfeld zwischen mimetisch-symbolischem, lebenspraktischem und systematischem Naturwissen. Er ist dadurch charakterisiert, dass (etwas) nicht "nur gewusst" wird, sondern der Aneignungsprozess

	<b>acquiring</b>	<b>knowing</b>	<b>making use of</b>
<b>committing to memory</b>	memorizing	remembering	reproducing
<b>(words (items))</b>	words (items)	words (items)	words (items)
<b>committing to memory</b>	memorizing	remembering	reproducing
<b>(meaning)</b>	meaning	meaning	meaning
<b>Understanding (meaning)</b>	Gaining understanding	Having understanding	<i>being able</i> to do something, to do something differently, to do something different
<b>understanding</b>	gaining	having	relating
<b>(phenomenon)</b>	understanding	understanding	

Abbildung 6:

Der "erfahrbare Lernraum" (*outcome space of learning*): Matrixdarstellung der tatsächlich stattfindenden kognitiven Aktivitäten und Fähigkeiten, aufgeschlüsselt nach Phasen und Modi des Lernens nach Marton (Marton & Booth, 1997).

die dem Wissensinhalt zugrunde liegenden Entstehungs- und Wirkungszusammenhänge aufzuklären bestrebt ist (Messner & Rumpf, 1992). Verstehendes Wissen verlangt also (wie auch Genetisches Verstehen) einerseits ein persönliches Verhältnis zur Sache, andererseits eine möglichst umfassende *systematische* Übersicht. Wie bei Wagenschein geht es also nicht um Erfahrungswissen, also wirklich eigenständige und selbst zu verantwortende Interesse-, Urteils- und Handlungsfähigkeit.<sup>4</sup> Die Anlage des Kompetenzmodells hin auf verstehendes Wissen überlagert die konsequent vollzogene "*first person perspective*" auf den Lernvorgang mit der Perspektive auf einen gleichsam in absoluten Koordinaten beschreibbaren Wissensraum – das Fachwissen, das auch in den für verstehendes Wissen konstruierten Testaufgaben den Hintergrund für die Problematisierungsprozesse und Diskussionen bildet. Während Martons Lernraum die Entscheidung, mit welcher Sorte Erkenntnisprozess man es zu tun hat und welche dianoetischen Tugenden involviert wer-

<sup>4</sup> Wie schon oben bemerkt, wird Physik bei Wagenschein etwa in Wagenschein (1962) explizit vor dem Hintergrund einer geschlossenen Fachsystematik verhandelt, die exemplarisch zur Geltung gebracht werden soll.



den, (auch aufgrund einer gewissen begrifflichen Unschärfe) nicht präjudiziert, impliziert das Ideal der Überschau ein Primat von *epistēmē*, von spekulativ-analytischen Denkbewegungen im Sinne von Abschnitt 1.3. Mit anderen Worten: wir sind noch nicht bei einem wirklichen Paradigmenwechsel angekommen.

### 3.4 Primat der Methodik vs. “Kunst der Untersuchung”

Es sollte soweit exemplarisch deutlich geworden sein, dass sich dianoetische Tugenden innerhalb realer Lehr-Lern-Situationen im Kontext moderner Physikausbildung als Kategorien konkreter Erkenntnisschritte wiederfinden lassen. Doch wird auch spürbar, dass es nicht leicht ist, ihnen innerhalb des typischen zeitgenössischen Verständnisses von Physik oder Physiklernen eine klare epistemische Rolle zuzuweisen oder entsprechende lerntheoretische Konstrukte anzugeben – ist *nūs* so etwas wie “Verstehen” und was würde das denn heißen? Der Grund für die Schwierigkeit, die persönlichen Erkenntnisprozesse, in denen sich dianoetische Tugenden aussprechen, zu verorten, wird in Holt (2002) allerdings klar in den Blick genommen: Das moderne Verständnis von Wissenschaftlichkeit definiert sich idealerweise *gerade nicht* durch moralische oder intellektuelle Autorität oder gesellschaftliche Rolle des Wissenschaftlers, sondern durch die Referenz auf eine entsprechende Methodik samt einer entsprechenden Fachsystematik, einschließlich der Fachsprache. Hier ist nicht die Stelle, diese Position grundsätzlich zu kritisieren (was in Holt (2002) durchaus geschieht), aber es entstehen Fragen: Muss dieses Verständnis von Wissenschaftlichkeit auch für die Ausbildung leitend sein oder ist es unter Umständen hinderlich?<sup>5</sup>

Epistemisch heißt der Fokus auf Systematik und Methodik die Frage nach propositional organisierten Inhalten, entsprechenden mentalen Repräsentationen und deren kanonischem Beziehungsgeflecht. Auf dem Gebiet der abwägenden Reflexion greifen diese Werkzeuge jedoch nur bedingt – propositionale Strukturen sind nicht mehr Referenzpunkte, von denen ausgehend wir den Status des Lernenden beschreiben könnten. Sie interessieren auch als solche

---

<sup>5</sup> So setzt etwa Wagenscheins Forderung nach exemplarischen Arbeiten gerade am Primat der Systematik an – und bleibt solange unwirksam, wie an diesem Primat festgehalten wird. Dass Wagenschein die Physik und auch exemplarisches Arbeiten selbst immer im Rahmen einer anzustrebenden, übergeordneten Fachsystematik denkt (vgl. Wagenschein (1953, 17 ff.) oder Wagenschein (1999, 7 ff.)), ist an dieser Stelle dann schon belanglos.

gar nicht vorrangig – wir interessieren uns für den Prozess des Lernenden, in dem er diese Fixpunkte hinter sich lässt oder aufhebt. Die Beschreibung des Erwerbs von fachbezogenem Erfahrungswissen als kognitivem Prozess wird also nicht vor dem Hintergrund einer stabilen propositionalen Struktur geschehen können, sondern mit Blick auf Erkenntnisdispositionen und auf die Frage, ob mögliche, fachtypische und -relevante Begriffsbildungen oder Denkbewegungen auch realisiert werden. Das entsprechende Lernproblem besteht so gesehen darin, ob der fachtypische Aneignungsprozess gelingt, ob “die Kunst der physikalischen Untersuchung” gelernt wird – und genau darauf stellen eine Reihe der gängigen fachspezifischer Kompetenzen auch ab!

Es ist klar, dass der lerntheoretische Rahmen diese Fragerichtung widerspiegeln muss. An scheinbar nah verwandten Themen leben bei den Studenten in den beiden geschilderten Experimentier-Projekten nicht nur zwei sehr verschiedene “Erkenntniskonfigurationen” oder “Erfahrungsd dispositionen”, oder, in der Ausdrucksweise von Marton und Booth, zwei sehr verschiedene Formen von *awareness*. Sie unterscheiden sich auch dadurch, dass die Erfahrung am Experiment im ersten Fall innerhalb *einer* bestimmten Konfiguration steht (und auch stehen soll), während sich die *awareness* der Teilnehmer am zweiten Projekt verschiebt, verändert (und auch verändern soll). Somit geht es bei einer “Kunst der Untersuchung” ähnlich wie beim didaktischen Umgang mit “Schülervorstellungen” und “Konzeptwechsel” um Änderungen der Konzeptualisierung des Lerners. Das Kriterium für Erfolg ist aber nicht ein Erreichen oder Nicht-Erreichen eines Wissenskanons, Bestehen oder Nicht-Bestehen einer bestimmten Form von *awareness*, sondern die Qualität eines autonomen, selbstkonzipierten Prozesses, der Wissensbestand und *awareness* verändert. Die Untersuchung der Studenten im genetischen Lehrgang wird zu einer *physikalischen* Untersuchung,

- indem der lebensweltliche Vorgang zum quantitativen, wissenschaftlichen Vorgang wird, der in fachtypischen Begriffen und Beziehungen formalisiert werden kann, und
- eine systematisch adäquate Struktur gesucht und formuliert wird
- und diese wiederum – und zwar u. U. durchaus spannungsvoll – auf die bisher gemachten und in Zukunft zu machenden Erfahrungen bezogen wird.

Wir sehen drei charakteristische, der Fachdidaktik durchaus vertraute Stufen oder Phasen eines individuellen Aneignungsprozesses von Erfahrungswissen charakterisiert: eine erste “Problematisierungsphase” (in der die lebensweltliche Erfahrung zum Fachproblem wird), eine “Orientierungs- und Verortungs-

phase” (in der das Fachproblem seinen – eventuell noch zu schaffenden – systematischen Platz erhält) und eine “Etablierungsphase” (in der das in der zweiten Phase erreichte Verständnis zu anderem Erfahrungswissen und neuen Erfahrungen in Beziehung gesetzt wird – und sich bewährt, relativiert etc.). Dabei weist letztere über die unmittelbare Auseinandersetzung mit der Experimentier-/Erfahrungssituation hinaus.

### 3.5 Ausblick auf eine erfahrungswissenschaftliche Naturwissenschaftsdidaktik

Ganz offenbar ist es uns Menschen möglich (und vermutlich auch fruchtbar, ja vielleicht sogar nötig), jenseits von bloß reproduzierend Angeeignetem auch persönliches und genuines “Wissen” zu *lernen*, und wir können mit Aristoteles auch in aller Kürze sagen, wie das funktioniert: Durch Anwendung generischer kognitiver Fähigkeiten, entweder von *epistēmē* (etwa gegenüber Mathematik) oder aber durch Anwendung von *phrónēsis* und *nūs* (etwa in den Naturwissenschaften). Die klassischen Ein-Wort-Übersetzungen für diese Fähigkeiten, “Wissen”, “Besonnenheit”, “Vernunft” etc., befriedigen dabei (ähnlich wie bei *awareness*) nicht wirklich. Umschreibungen könnten lauten

*epistēmē* klar einsehen,  
analytisch durchschauen  
*phrónēsis* etwas als “Fall von X” nehmen,  
mit Zielblick einordnen  
*nūs* auf den Punkt bringen,  
das Wesentliche “einfangen”,

und die Frage, welche deutschen Ausdrücke hier treffen, mag noch offen bleiben. Wir schauen dabei auf kognitive Aktivitäten, die sich weder auf bestimmte Tätigkeiten (Experimentieren, Lösen von Rechen- oder Verständnisaufgaben etc.) beschränken noch auf bestimmte Funktionen festlegen lassen, sondern als Evidenz-stiftend in konkreten – und das heißt auch: individuellen – Erkenntnismomenten aufscheinen. Der fachliche und auch der erzieherische Wert solcher Momente ist offensichtlich.

Diese Liste intellektueller Tugenden besteht aus i. A. positiv belegten Erkenntnismomenten und auf den ersten Blick scheint es unproblematisch, dieselben innerhalb der Fachdidaktik als Gesichtspunkte einzubeziehen. Ein wesentlicher Punkt beim Herausarbeiten der Rolle dieser Fähigkeiten für das individuelle Erkennen war allerdings die Einsicht, dass es zwei konkurrieren-

de, echt verschiedene Erkenntnismodi gibt – spekulativ-analytisches Denken und abwägende Reflexion – und ersterer für Naturwissenschaft als Lehrgebäude, zweiterer für Naturwissenschaft als Erkenntnisfeld anzuwenden ist. Das gängige Verständnis von “Kompetenz” impliziert eindeutig Fähigkeiten mit beiden Seiten der Naturwissenschaft, also einerseits *epistēmē* für den Umgang mit Denk-Wissen<sup>6</sup> und andererseits *phrónēsis* und *nūs* für den Umgang mit Erfahrungswissen<sup>7</sup>. Hier besteht offenbar weiterer Bedarf nach theoretischer Auseinandersetzung – zu der dieser Text beitragen möchte.

Die fachdidaktisch entscheidende Frage ist jedoch analog zu der, die Menon gestellt hatte: „Wie lässt sich ein Gebiet von Erfahrungswissen *lehren*?“ Die hier vertretene Antwort ist „Durch Ausbildung der entsprechenden Erkenntnistugenden!“. Wir zielen damit auf die Selbstständigkeit der Lerner und rechnen mit deren individuellen Möglichkeiten und Lernbiographien. Die Frage nach der Rolle von Erkenntnistugenden in der Unterrichtsgestaltung kann helfen, klare(re) Gesichtspunkte dafür zu bekommen, welche Ziele und Methoden in konkrete Unterrichtsgestaltung einbezogen werden sollen. Offenbar setzt der Erwerb von Erfahrungswissen auch ein geeignetes Angebot an zu machender Erfahrung voraus, was ein Hinweis auf eine Sonderrolle des Experimentierens ist. Wie bereits erwähnt, lässt sich durchaus vertreten, dass mit dem Experimentieren der Schüler der Erwerb wesentlicher naturwissenschaftlicher Kompetenzen verbunden ist (Hamann, 2004) und es ist zumindest plausibel, dass auch Anwendung und Ausbildung von Erkenntnistugenden dabei geübt wird.

Einen Schritt weiter führt dann, die sich abzeichnende Gliederung des Aneignens von Erfahrungswissen in charakterisierbare Phasen ernst zu nehmen. Die bei Wagenschein oft zu findende Dramaturgie “Problematisierung – Orientierung – Etablierung” oder Martons Folge von “*acquiring – knowing – making use of*” bezeichnen didaktisch-methodisch zu unterscheidende “Räume”, in denen Erfahrung zunehmend differenziert und auch internalisiert werden kann und soll. Eine naheliegende didaktische Folgerung daraus ist es, diese Räume auch bewusst zu schaffen, einzuräumen. Genau das wird typischerweise im phänomenologisch orientierten naturwissenschaftlichen Unterricht

<sup>6</sup> Etwa das Verfügen über ein strukturiertes fachliches Basiswissen bzw. Wissen über Grundprinzipien, die korrekte Beherrschung der Fachsprache und das Verfügen über Metawissen zur Methodik der Physik (EPA, 3 f.).

<sup>7</sup> Etwa Erfahrungen mit Strategien zur Erkenntnisgewinnung und zur Generierung/Strukturierung von Fachwissen, diskursivem Argumentieren oder die Möglichkeit, differenziert zu gesellschaftlichen, sozialen oder technischen Implikationen und Fragen der Physik Stellung zu beziehen (EPA, 3 f.).

an Waldorfschulen praktiziert, wobei dort der Prozess jeweils möglichst zwei aufeinanderfolgende Unterrichtstage einbezieht – eine Praxis, die auch unter modernen erkenntnispsychologischen Gesichtspunkten und unter dem Gesichtspunkt der Schlafforschung Sinn macht (Grebe-Ellis, 2008). Für den Chemieunterricht verfolgte eine empirische Untersuchung über die Anwendung der ikonologischen Erkenntnismethode Erwin Panofskis (die eine analoge Dreistufigkeit aufweist) eine ähnliche Richtung und konnte jüngst ein signifikant positiveres Bild der Chemie, eine positivere Unterrichtsbeschreibung und signifikant bessere Ergebnisse in Wissens-, Kompetenz- und (bezüglich Anwendungs- und Kontextorientierung) erweiterten Test nachweisen (Kuchnowski, 2008). Ein dokumentiertes Fallbeispiel einer an Wagenschein orientierten Unterrichtspraxis zum Themenkomplex Barometer/Luftdruck findet sich in Aeschlimann (1997). Peter Gasser (1997) analysiert in seinem “didaktischen Kommentar” die Arbeitsformen der 16 beschriebenen Schullektionen und zeigt daran ebenfalls die charakteristische, aus Unterrichtsgang und der Sache entstehende Dreiphasigkeit des Lehrgangs auf. Es ist offensichtlich, dass sich hier ein weites Feld für die Ausarbeitung und den Austausch von praktischen Vorschlägen und Erfahrungen, aber auch für den Einbezug kognitionspsychologischer Aspekte öffnet.

Solche Gesichtspunkte lassen sich zwanglos in einem entsprechend weit gefassten methodischen Rahmen verorten und die Handhabung des Lehrens von Erfahrungswissen erscheint dann etwa als Kapitel innerhalb des Bestandes an professionellem pedagogical content knowledge (PCK) (Shulmann, 2004) etc. Probleme entstehen allerdings, wenn angehende Lehrer das Erlebnis von *phrónēsis* und *nūs*, von Evidenz im Angesicht von genuinen Erfahrungen weder in ihrer Schulzeit noch innerhalb ihrer Berufsausbildung kennenlernen. Tatsächlich zeigen unsere Erfahrungen mit entsprechenden Angeboten als “berufsfeldbezogenes Modul”, dass dies im Moment wohl eher der Normalfall ist. So entsteht auf allen Stufen der Ausbildung Bedarf für eine Erweiterung des naturwissenschaftlichen Selbstverständnisses über Beherrschung der Fachsystematik und kanonischer Methoden hinaus. Diese Erweiterung müsste sich als Freiraum für die Entwicklung individueller Erkenntnisfähigkeiten verstehen und würde Naturwissenschaft als Lehrgebäude nicht aufheben, sondern ergänzen. Wie gezeigt, gibt es lerntheoretische Werkzeuge, die eine solche Entwicklung abbilden und der fachdidaktischen Beschreibung bzw. Diskussion zugänglich machen können. Leitend könnte dabei eines der Worte am Rande von Emil Nolde sein, das wahrscheinlich auch als Motto für eine weitere Differenzierung des Kompetenzbegriffs konsensfähig wäre: “Das Beste am Kunstwerk ist das Ungelernte”.

## Literatur

- AESCHLIMANN, U. (1997). Pascals Barometer. In H. C. Berg & T. Schulze (Hrsg.), *Lehrkunstwerkstatt I* (S. 90-115). Berlin: Luchterhand.
- ARISTOTELES (2003). *Nikomachische Ethik*. Stuttgart: Phil. Reclam.
- BUCK, P. und MÜLLER [Rehm], M. (2002). Vier Thesen zur bildungstheoretischen Einordnung eines phänomenologischen Chemieunterrichtes. *chimica didactica*, 28, 21-26.
- BURNET, J. (1979). *The Ethics of Aristotle*. Arno Press, 1979/1900
- CHOMSKY, N. (1969). *Aspekte der Syntax-Theorie*. Frankfurt: Suhrkamp Verlag.
- DU BOIS-REYMOND, E. (1914). *Über die Grenzen des Naturerkennens*. Leipzig: Verlag Veit & Comp.
- FEYNMAN, R. P. (2002). *QED: The Strange Theory of Light and Matter*. Princeton: Princeton Science Library.
- FISCHER, E. P. (2003). *Die aufschimmernde Nachtseite. Kreativität und Offenbarung in den Naturwissenschaften*. Lengwil: Libelle Verlag.
- GALILEI, G. (1896). *II Saggiatore*. Bd. VI. Edition Nazionale, Florenz.
- GASSER, P. (1997). Fallstudie zum Lehrstück "Pascals Barometer". In H. Berg & T. Schulze (Hrsg.), *Lehrkunstwerkstatt I* (S. 119-124). Berlin: Luchterhand.
- GREBE-ELLIS, J. (2008). Zeit und Lernen: Erfahrungen mit Epochenunterricht – Eine Recherche. In D. Höttecke (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Schwäbisch Gmünd* (S. 232-234). Münster: Lit Verlag.
- HAMMANN, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 57, 196-203.
- HOLT, L. (2002). *Apprehension. Reason in the absence of rules*. Hants: Ashgate.
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENIEBER, H. & KOMOREK, M. (2005). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftlichdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, 3-18.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Berlin: Luchterhand.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (1989). *Einheitliche Prüfungsanforderungen im Fach Physik*. Verfügbar unter: [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_24-VB-EPA.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_24-VB-EPA.pdf) [Letzter Zugriff: 26.07.2011]
- KOYRÉ, A. & COHEN, B. (Hrsg.) (1972). *Isaac Newton's Philosophiae naturalis principia mathematica*. Cambridge: Harvard University Press.
- KRÜGER, L. (Hrsg.) (1970). *Erkenntnisprobleme der Naturwissenschaft*. Berlin: Kiepenheuer und Witsch.

- KUCHNOWSKI, M. (2008). *Ästhetische Zugänge zur Chemie*. Inauguraldissertation der Christian Albrechts-Universität zu Kiel.
- LEISNER, A. (2005). *Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht*. Berlin: Logos Verlag.
- MARTON, F. & BOOTH, S. (1997). *Learning and Awareness*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- MEGENBERG, C. v. (1990): *Buch der Natur*. Frankfurt: Insel Verlag.
- PLATO (2005). *Menon*. Stuttgart: Philipp Reclam Junior.
- MESSNER, R. und RUMPF, H. (1992): Natur und Bildung – Gedanken zum schulischen Umgang mit Naturfragen. *Die Grundschulzeitschrift*, 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.
- MIKELSKIS-SEIFERT, S. (2006). Modellmethode als epistemologisches und didaktisches Konzept. In H. Mikelskis (Hrsg.), *Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 120-138). Berlin: Cornelsen Verlag.
- MIKELSKIS-SEIFERT, S., THIELE, M. & WÜNSCHER, T. (2005). Modellieren – Schlüssel-fähigkeit für physikalische Forschungs- und Lernprozesse. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(4), 30 - 46.
- REHM, M. (2006). Allgemeine naturwissenschaftliche Bildung – Entwicklung eines vom Begriff “Verstehen” ausgehenden Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 23 -44.
- RAHMENLEHRPLAN FÜR DIE KLASSEN 7 – 10, BRANDENBURG (2008). Verfügbar unter: [http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/curricula\\_s1\\_bb.html](http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/curricula_s1_bb.html) [Letzter Zugriff: 26.07.2011]
- SHAMOS, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewusstsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans, Robert (Eds.), *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 45-68). Opladen: Leske + Budrich.
- SHULMAN, L. S. (2004). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. In S. M. Wilson (Hrsg.), *The Wisdom of Practice: Essays on Teaching, Learning, and Learning to Teach* (S. 189-215). San Francisco: Wiley.
- THEILMANN, F. (2006). *Expeditionen in die Mechanik*. Mannheim: Edition Waldorf.
- THEILMANN, F. (2008). Physikalisches Verstehen als fachbezogene Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 99 -124.
- WAGENSCHHEIN, M. (1953). *Natur, physikalisch gesehen. Eine Handreichung zur physikalischen Naturlehre für Lehrer aller Schularten*. Frankfurt a. M.: Diesterweg.
- WAGENSCHHEIN, M. (1962): *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.

- WAGENSCHNEIDER, M. (1999). *Verstehen lehren*. Weinheim u.a.: Beltz.
- WEINERT, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert, *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz.
- WEIZÄCKER, C. F. v. (1943). Kontinuität und Möglichkeit. In C F. von Weizsäcker (Hrsg.), *Zum Weltbild der Physik* (S. 211-239). Stuttgart: S. Hirzel Verlag.
- WHITEHEAD, A. N., RUSSELL, B. & GÖDEL, K. (2008). *Principia mathematica*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp Verlag.

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. Florian Theilmann: Physikdidaktik, Institut für Physik und Astronomie,  
Universität Potsdam, DE-14476 Potsdam. E-mail: [florian.theilmann@uni-potsdam.de](mailto:florian.theilmann@uni-potsdam.de)