

Martin Wagenschein

**Die Laien als erste Zielgruppe
des Physikunterrichts der Schulen –
Konsequenzen für das Physikstudium
der Physiklehrer**

Vortrag im Physikalischen Kolloquium

der Universität Karlsruhe am 2.5.1974 (Wagenschein nennt den 3.5., W.K.)

Ihre freundliche Einladung habe ich gern angenommen, weil ich überzeugt bin, dass der Physikunterricht der Schulen ohne die entscheidende Hilfe der eigentlichen Physiker sein Ziel verfehlt: nämlich ein Unterricht für alle zu werden. – Ich meine die auch pädagogisch entscheidende Hilfe.

Der Titel meines Vortrages ist, was die Altersstufe der Lernenden und die Schulart angeht, so umfassend wie möglich gemeint. Es geht also nicht nur um die Frage: Wie kann ich als Gymnasiallehrer auf der Sekundarstufe II die moderne Physik auch denen verständlich machen, die sich später mit Physik nicht beschäftigen werden?

Ich meine also nicht nur die *Kluft*, die in einem viel beachteten Buch von SNOW vor einigen Jahren erörtert worden ist:

Die fehlende Verbindung zwischen den „beiden Kulturen“, wie er sagt, zwischen der „literarischen“ und der „naturwissenschaftlichen“.

Tatsächlich ist diese Spaltung nur eine der sogenannten Gebildeten. Sie tritt zutage auf Kongressen und in Salons.

Das heutige Thema gilt einer Spaltung, die durchgehender, einschneidender und, glaube ich, wichtiger ist: Sie durchzieht die ganze zivilisierte Gesellschaft und alle Schichten:

Die Kluft zwischen unverständlichen Experten und (trotz Schule) unverständlich gelassenen Laien.

Sie nimmt auf der ganzen Welt an Tiefe zu.

Sie ist sehr beunruhigend, da sie den sozialen Frieden bedroht.

Sie kann nicht umgangen werden, sie muss, wenn nicht geschlossen, so doch überbrückt werden.

Bleiben wir bei der Physik: Sie begegnet heute Allen und täglich; nicht nur in ihren Apparaturen, sondern nicht weniger in ihren Sprechweisen und Denkformen, auch außerhalb der Naturwissenschaft.

Sie ist (wie die Mathematik) auch als Schulkomplex eine Macht geworden; freilich keine souveräne. Eher eine umworbene und bedrängte, ein „besetztes Gebiet“, einbezogen in das wirtschaftliche und politische Machtgefüge. Deshalb hat Jeder, mehr als früher, in einer freiheitlichen Gesellschaft, das Anrecht darauf: zu *verstehen*, ernstlich zu verstehen, was in dieser Wissenschaft eigentlich geschieht. Und dieses ernstliche Verstehen ist ja nicht garantiert für den, der weiß, wie man eine Funktion auf ihre extremen Werte untersucht, oder wie man einen elektrischen Widerstand misst.

Bisher – und das sieht jeder Unbefangene – laufen unsere Lehrpläne (Bildungspläne, Richtlinien, Curricula) unleugbar darauf hinaus, in erster Linie und von vornherein dem wissenschaftlichen und technischen Nachwuchs eine Vorausbildung zu geben. Und zu hoffen, zu glauben, zu versichern, zu beteuern: dass dabei, wie es fast immer formuliert wird „*gerade auch*“ der

künftige Laie das ihm Nötige erfahre und auch bewahre, wenn er (mindestens bis zum Beginn der Sekundarstufe II) schlicht mitgeführt wird*.

Es mag sein, dass dieses Konzept („vor allem der Nachwuchs, nebenbei der künftige Laie“) bis zum Ende des 19. Jahrhunderts noch realisierbar gewesen ist.

Wenn es nun, wie ich seit Jahrzehnten deutlich zu sehen glaube, und im Folgenden belegen möchte, dem Laien gegenüber *versagt*, so liegt der Grund tragischerweise in den überwältigenden Fortschritten unserer Wissenschaft. Denn der Schulunterricht folgte ihnen nur konsumierend und kam dabei außer Atem.

Nun kommt das aber nicht nur von der *Schnelligkeit*, mit der man einem gewaltig fortschreitenden Entdeckungs-Zug auf den Fersen zu bleiben sich genötigt glaubte, nicht nur aus seinen unerwartet großen Funden; es liegt wesentlich daran, dass diese *Fortschritte* im 20. Jahrhundert viel mehr als früher auch immer gewesen sind: Fortschritte fort von den Fundamenten, das heißt: von der primären, der vorphysikalischen Naturwirklichkeit des Kindes und des Laien. – Genauer:

Fort von der freien Natur zum Labor und seiner Apparatur

Fort vom Wort zum Symbol, vom Satz zur Gleichung

Fort von der Anschauung zu Strukturen hohen Abstraktionsgrades

Fort vom Phänomen zum Modell

Von der Makrowelt zur Mikrowelt, und methodisch:

Fort von der Induktion zur Deduktion, zur Axiomatik.

Pädagogisch gesehen sind das Schritte von zuvor nie da gewesener Spannweite.

Sie dürfen nicht Diskontinuitäten werden, wenn es uns ums Verstehen geht, denn Verstehen heißt *stehen* auf den Fundamenten der Natur-Phänomene und so möchte ich auch Wissenschafts-Orientiertheit definieren. – Denn ich kann nicht umhin, bei diesem Wort „Orient“ zu denken an den „*Aufgang*“ der Wissenschaft aus dem Horizont der primären Wirklichkeit.

Es geht bei der Einführung in die zweite Wirklichkeit der Physik (eine im eigentlichen Sinne un-heimliche, d.h. ungewohnte: eine Schattenwelt, wie Eddington sie nannte), es geht da um mehr als „Lernprozesse“ und „Information“.

Das gilt auch für die Mathematik. Ich übernehme deshalb einige Sätze aus dem Vortrag, den ich Ostern 1973 hier in Karlsruhe der Mathematischen Sektion des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts vorgetragen habe. („Der Vorrang des Verstehens“, in „Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht“ (MNU), XXVI.7, v. 15.10.1973. – Erweiterte Fassung in „Neue Sammlung“ 1974/2, S.144.)

Wenn wir die *Verstehensprozesse*, die hier zu leisten sind, im Unterricht übereilen – und das tun wir! – dann wird das, was der Unterricht „bringt“, zwar „in sich“ exakt absolviert und auch, wie man sagt „kapiert“ (ein Wort mit deutlich geringschätzigem Unterton). Aber wir *überzeugen* nicht.

Dieses Wort kommt in unseren Plänen nicht vor. Wo aber die Überzeugtheit fehlt, da wird das „Wissen“ verbal, scheinhaft und äußerst hinfällig.

Wer von den Menschen draußen auf der Straße ist denn davon überzeugt, dass wir auf einer bewegten Erde wohnen, nicht bloß überredet? Es ist kein Verstehen, wenn man den „FOUCAULT’schen Pendelversuch“ verwundert gesehen und am Modell einigermaßen akzeptiert hat, dann aber ratlos wird (was sogar bei Physikstudenten vorkommen kann), gegenüber dem Einwand Tycho BRAHES, dass dann aber doch fallende Steine weit nach Westen zurückbleiben müssten (bei uns etwa 300 Meter in der Sekunde)? Niemand weiß, wie viele Laien solche Zweifel heimlich mit sich herumtragen.

Der potentielle Nichtfachmann verdient unsere Beachtung von Anfang an, sonst ist es zu spät. Er muss die Übergänge von der ersten zur zweiten Wirklichkeit kontinuierlich selber wahrnehmen können, hin und zurück und auf breiter Bahn. Es kommt nicht nur auf Ergebnisse, Routine und Anwendungen an. Man reist auch hier nicht nur, um anzukommen!

Die Verluste, die sonst entstehen, äußern sich nicht nur in Partikeln des Unverständnisses, von denen nicht nachher einige analysieren will, sie führen zu einer Gesamthaltung gegenüber den mathematischen Naturwissenschaften, die wir nicht wünschen können.

Es wimmelt seit Jahrzehnten von Erwachsenen, die Mathematik als eine Geheimwissenschaft scheu verehren oder gekränkt verabscheuen und Physik einordnen als die dazu gehörige denaturierte, laborgebundene magische Praxis.

Was noch stärker beunruhigen muss als die nicht seltene Wissenschaftsfeindlichkeit (auf die ich gleich zurückkomme), ist die zunehmende *Wissenschaftsungläubigkeit*, ja Hörigkeit in allen Schichten:

Wenn aber in einer Gesellschaft Wissenschaftsungläubigkeit um sich greift, so sollte das ein Warnzeichen sein dafür, dass der wissenschaftliche Schulunterricht gestört ist. Denn wissenschaftsverständige Haltung hat mit Gläubigkeit nichts zu tun, umso mehr mit Kritik und Selbstkritik.

Es handelt sich natürlich nicht um eine nur deutsche Mangelkrankheit. Der englische Physiker Stephen TOULMIN hat in seinem Buch „Voraussicht und Verstehen“ für den Physiklehrer aller Stufen wichtiges geschrieben. Das Vorwort eines Laien, Jacques BARZUN (Professor an der Columbia Universität) enthält den zentralen Satz:

„Man kann sagen, dass die westliche Gesellschaft gegenwärtig die Wissenschaft beherbergt wie einen fremden, mächtigen und geheimnisvollen Gott.“

Wenn dieses Urteil zutrifft (und ich bin davon überzeugt), so müssen wir unser Lehren ändern (an Schule und Hochschule)

Auch die wissenschaftsfeindlichen Erwachsenen, in denen der Fachmann, eingegraben in liebgewordene Defensivstellungen, gern Erbfeinde aus der Vergangenheit zu erkennen glaubt:

Wer weiß, ob sie nicht solche sind,

deren (als sie Kinder waren) Verstehensbereitschaft, Verstehenshoffnung, Verstehensforderung an uns (oder unsere Väter und Großväter im Amt) nicht erkannt wurden?

Solche, die dann aus Entmutigung apathisch, allergisch oder gar aggressiv geworden, eine durchaus falsche Vorstellung von der Naturwissenschaft davongetragen haben, und sie nun zeitlebens diesen Wissenschaften nachtragen?

Nicht weil sie unbegabt waren (es sind ja hervorragende Köpfe unter ihnen), sondern weil wir sie nicht erreicht haben: enttäuschte Liebhaber.

Wir sollten das wenigstens für möglich halten.

Wir sollten uns ernstlich fragen, ob wir in unseren Schulen nicht seit langem dabei sind,

nicht nur (wie wir gerne glauben möchten) Fähige von Unfähigen zu scheiden, - sondern eine Spaltung zwischen Eingeweihten und Eingeschüchternen zu *erzeugen*.

Die künftigen Laien sind übrigens in *allen* Wissenschaften schlecht dran, die gerade schnell und weit vorgestoßen sind und Neues heimgebracht haben. Die Schule erliegt dann leicht zwei, sozusagen didaktischen Erbschwächen der Menschheit (die wir ja auch jeder in uns selbst spüren): Ich meine die *Vielwisserei* und die *Neuigkeits-Sucht*.

Die Vielwisserei (begleitet von der Belehrungs-Sucht): Schon HERAKLIT soll gesagt haben, dass man von ihr vernünftiger jedenfalls *nicht* werde.

Nicht zuletzt einige Physiker haben die allgemeinen Folgen erkannt:

LICHTENBERG in seinen unvergänglichen „Sudelheften“:

„Der allzu schnelle Zuwachs an Kenntnissen, der mit zu wenig eigenem Zutun erhalten wird, ist nicht sehr fruchtbar. Die Gelehrsamkeit kann auch ins Laub treiben. Man findet so sehr seichte Köpfe, die zum Erstaunen viel wissen.

Der unbeschreiblich witzige Mensch hat hierzu noch viel schönere Sachen gesagt:

„Vielleicht wird man in ein paar hundert Jahren Universitäten gründen, um die alte Unwissenheit wieder herzustellen.“

Das war vor 200 Jahren.

100 Jahre nach ihm sagte Ernst MACH (ein Satz, der sich täglich bewahrheitet):

„Ich kenne nichts Schrecklicheres als die armen Menschen, die zuviel gelernt haben. Was sie besitzen, ist ein Spinnengewebe aus Gedanken, zu schwach, um sich darauf zu stützen, aber kompliziert genug, um zu verwirren.“

Bei der Tübinger Resolution von 1951 (unter den Pädagogen waren zwei Physiker: GERLACH und WEIZSÄCKER):

„Arbeiten können ist mehr als Vielwisserei.“

Fasst man die Urteile dieser Autoren zusammen, so entsteht eine ziemlich grausame Liste der Eigenschaften, die man durch quantitatives Pauken sich zuziehen kann:

Vielwisserei (und Belehrungssucht) macht unvernünftige, seichte, unfruchtbare Köpfe, schwach, verwirrt und vergesslich.

Wichtig ist nun, dass alle die Genannten nicht bei der negativen Kritik bleiben, sondern einen positiven Gegenvorschlag machen. Es ist bei allen derselbe: das, was wir heute das exemplarische Prinzip nennen.

In voller Präzision bei LICHTENBERG:

Was man sich selbst erfinden muss,
lässt im Verstand die Bahn zurück, die
auch bei anderer Gelegenheit gebraucht werden kann.

Hier ist nicht nur der „Transfer“ „drin“, wie man es heute nennt, auch das Kreative, das Selbertun, nicht bloß nachvollziehen, sondern sich selbst erfinden..

Bei MACH nicht anders, nur heißt es hier „entdecken“.

„Ich wäre zufrieden, wenn jeder...einige wenige mathematische oder naturwissenschaftliche Entdeckungen (Entdeckungen sagt er, nicht etwa Kenntnisse oder Beweisverführungen oder Ergebnisse) sozusagen miterlebt und in ihren weiteren Konsequenzen verfolgt hätte.“

In diesen Empfehlungen liegt nun nicht nur das „exemplarische“, sondern auch das „genetische“ Prinzip (erfinden, entdecken, selber gleichsam miterleben).

Und ganz entsprechend steht in der „Tübinger Resolution“ von 1951

„Ursprüngliche Phänomene der geistigen Welt können am Beispiel eines einzelnen vom Schüler wirklich erfassten Gegenstandes sichtbar werden.“

Auch der gegenwärtige un abgeschlossene Reformversuch muss ständig auf der Hut sein, vor dem Informationseifer von Interessengruppen.

So viel über die Vielwisserei, ihre Folgen und die Gegenmittel.

Die zweite Versuchung ist nicht so alt. Sie tritt zur ersten erschwerend hinzu. Man will nicht nur alles wissen und lehren, sondern vor allem das Neueste.

Nun ist an sich nichts dagegen zu sagen, dass man von dem Neuen bewegt ist und etwas wissen und auch etwas weitergeben will. Ich möchte deshalb nur dann von einer Neuigkeitssucht sprechen, wenn das Neue und Abstrakte *auf Kosten* des Fundamentalen und Elementaren vorgezogen wird.

Ein Beispiel genügt:

Das Hauptschulkind schon „lernt“ heute etwas über Atommodelle, versteht aber die Mondphasen nicht mehr. (Übrigens auch viele Abiturienten, erwachsene Akademiker und sogar einige Physikstudenten nicht.)

Was historisch betrachtet zurückliegt, gerät schon in der Volksschule in den Schatten des Neuen, ohne Rücksicht darauf, dass das historisch Frühe eben gerade das Zugängliche ist, das aus der ersten in die zweite Wirklichkeit hinführt.

Das Kind lernt das ihm Unverständliche und erblindet dadurch für das unmittelbar Selbst-Verstehen, das in den Vorschuljahren, bevor es in die Fänge der Schule geriet, seine Leidenschaft war.

Drei Zitate:

Die geniale französische Jüdin Simone WEIL (gestorben 1942), von manchen in ihrem wissenschaftlichen und religiösen Rang neben PASCAL gestellt, schreibt – sie war zeitweise Lehrerin:

„Man ist gewöhnlich der Ansicht, ein kleiner Bauernjunge, der nur die Volksschule besucht hat, wisse mehr als Pythagoras, weil er gelehrig nachplappert, dass die Erde sich um die Sonne dreht. In Wirklichkeit betrachtet er die Gestirne nicht mehr. Jene Sonne, von der im Unterricht die Rede ist, hat für ihn nichts gemein mit der Sonne, die er sieht. Man reißt ihn aus dem Allgesamt seiner Umweltbeziehungen heraus.“

Dieser Satz gilt nicht nur für die Sonne. Und er gilt auch nicht nur für kleine französische Bauernjungen. Er gilt, fürchte ich, für die meisten Zeitgenossen der zivilisierten Welt, Akademiker nicht ausgeschlossen.

Auch Ernst MACH ist wieder zur Stelle: Er wünscht nicht, schreibt er, „dass die Jugend durch verfrühte Abstraktionen verdorben werde.“

Ähnlich hart, heute Walter HEITLER (1973 in den Physikalischen Blättern):

„Es ist ein Vergehen an jungen Menschen, ihnen etwas beibringen zu wollen, was sie unmöglich verstehen können, oder, um es verständlich zu machen, es falsch darzustellen.“

Ich sehe zwei Folgen der Neuigkeitssucht:

1. Sie raubt dem Unterricht die Zeit für die Fundamente und Elemente
2. Der Schüler *verlernt* dabei, was es heißt, eine Sache wirklich verstehen.

Dabei wird der spätere Laie am meisten betroffen sein, denn er hat nicht, wie der Physikstudent, die Gelegenheit, das Unverständene zu klären.

Ich fasse noch einmal die beiden allgemeinen didaktischen Erbschwächen und ihre Folgen zusammen:

Die Vielwisserei macht die Kenntnisse hinfällig die Neuigkeitssucht verweigert ihnen die Wurzel; das, was Simone WEIL „*enracinement*“ nennt.

Beide Versuchungen führen zu schweren Selbsttäuschungen.

Aber auch die Auswege sind eröffnet:

Gegen die Vielwisserei: das exemplarische Prinzip.

Gegen die Neuigkeitssucht: das genetische Prinzip.

Ich komme darauf zurück.

Die Hinfälligkeit und Wurzellosigkeit der Kenntnisse unserer Abiturienten hängt nun damit zusammen, dass sie durch Noten, durch Zahlen gemessen und bescheinigt werden.

Damit berühre ich einen dritten. Faktor, der den Erfolg der Schule besonders bei den künftigen Laien herabsetzt und damit unsere Selbsttäuschungen begünstigt:

Die Leistungsberechnung durch Noten, Zensuren, also Zahlen. Dieses Problem ist ebenfalls nicht gerade dem Physikunterricht eigen, hat aber auf eine bemerkenswerte Weise mit unserem heutigen Thema zu tun, auch mit der Physik selber.

Es ist ein Beispiel für den „Physikalismus“.

Viele glauben an Noten! (Wie schön, wie genau! – auf zwei Dezimalen schon hinter dem Komma) wie gerecht also. Hätten sie im Physikunterricht ihrer Jugendzeit selbständig, konkret, bewusst und kritisch erfahren, was dazugehört, dass ein Zustand durch eine *Zahl* charakterisiert werden kann, so wäre ihnen die Problematik der Zensuren bedrückender. – „Drei“ kann alles mögliche bedeuten.

Abgesehen davon, dass die Noten ungenau und ungerecht sind, weil sie einen nicht materiellen Zustand mit ihrer täuschenden Funktionalität nicht gerecht werden können, zerstören sie die sachliche Motivation. Wie viele Schüler arbeiten nur für die Noten, angetrieben durch Wettbewerb und Furcht. „Studium ohne Hingabe“, sagte LEONARDO, „schädigt das Gedächtnis.“ Und der amerikanische Pädagoge, John HOLT, ein Mann der Praxis, ergänzt: Furcht zerstört die Intelligenz. Kurz: Quantifizierter Leistungsdruck, sobald er Angst erzeugt oder keimende Neurosen, zerstört die Leistung.

Daher eine unglaubliche und wenig bekannte Hinfälligkeit des Abiturwissens (Halbwertszeit etwa sechs Monate). Denn man behält nicht, was man nicht lernt aus Interesse, herausgefordert durch Probleme, die einem welche sind. **Ich habe genug Reifeprüfungen mitgemacht und durchgemacht, um zu sagen: auch ein löcheriger Topf bleibt nach dem energischen Füllen noch voll, wenn man ihn schnell genug fotografiert.**

Dieses Zerrinnen des Wissens und erst recht des Verständnisses, setzt nicht erst nach der Schulzeit ein, es geschieht auch vorher fortwährend und bleibt nur verborgen, auch der Schule selber, durch den Brauch des ständigen Wiederholens, immer kurz bevor es die Noten gibt. Ich weiß aus Erfahrung, dass man das unter Umständen für normal halten und als „Festigung“ verstehen kann. In Wahrheit ist es eben Wieder-Holen dessen, was immerfort entläuft und schließlich für immer, sobald sich die Wiederholungen nicht mehr wiederholen.

Nicht weniger beunruhigend sind die erzieherischen Folgen: Frau HAMM-BRÜCHER hat am 14.9. in der ZEIT empört protestiert gegen den, wie sie sagt, „Schilbürgerstreich“ nach dem jetzt die Studienplätze in den Numerus-Clausus-Fächern verteilt werden, nämlich nach der in den Abiturnoten nachgewiesenen, bis in die zweite Stelle nach dem Komma berechneten Leistung. Diese Bestimmung, schreibt sie, werde „die weitere Pädagogisierung des Unterrichts unmöglich machen und sich nachteilig auswirken“ auf die charakterliche und geistige Entwicklung der jungen Generation. „Der Weg zurück zur ... Drillschule ist unaufhaltsam. Die Jagd nach den Noten wird schöpferische Kräfte frühzeitig zerstören. Es wird zur Rücksichtslosigkeit führen. Die Note wird mehr denn je als Mittel der Repression verfügbar sein.“

Ich kann dieses Thema nicht weiter verfolgen. Ich habe es betont, weil es eine Folge des Physikalismus ist, vor dem wir den Laien bewahren müssen. Ich möchte nur noch mitteilen: Es geht auch ohne Noten und besser. Ich habe das in den zwanziger Jahren in der Odenwaldschule neun Jahre lang mitpraktiziert und höre es von den Waldorfschulen.

Außerdem ist es gewiss, dass immer neue Kinder geboren werden, die verstehen wollen. Und dass auch unter den schon lebenden Regenerationen möglich sind. Dem Satz NIETZSCHES: „Es ist ein Kind im Manne, das will spielen“ möchte ich zur Seite stellen die Erfahrung: „Es ist ein Kind im Schüler, das will lernen.“

Die drei betrachteten Faktoren Vielwisserei, Neuigkeitssucht, Notendruck verstricken einander, als hätten sie sich zusammengetan, um Lehrer und Schüler an dem zu hindern, was sie eigentlich gewollt haben.

Der Vergleich mit der Verkehrskrise ist schon mehrfach laut geworden: Autos sowohl wie Schulen waren ja ursprünglich vernünftige Erfindungen.

Fragt man sich nun, wie muss ein künftiger Physiklehrer (gleichgültig, zunächst, welcher Stufe) seine Physik studiert haben, um zwischen diesen drei blinden Mächten einen für Alle einigermaßen glücklichen und glückenden Physikunterricht anzulegen, so zeigt sie – und das ist meine These – dass die einstmals einleuchtende Regel: erst einmal Physik so wie für alle Physiker, dann Didaktik, d.h. die Lehre, was davon und wie man es beibringt, - dass diese Regel nicht mehr haltbar ist, und zwar auch wieder infolge der Fortschritte der Physik selber.

Kurz gesagt: Der Diplomphysiker wäre als Physiklehrer „falsch programmiert.“

Das heißt natürlich nicht, dass der Physiklehrer weniger Physik braucht, oder eine andere (denn es gibt nur eine), sondern, dass er sie auf eine andere Weise studieren sollte. Ich spreche dabei also noch nicht von Didaktik, sondern von dem (gleichsam) Aggregatzustand seines Wissens, der eine Didaktik, die den künftigen Laien ernstnimmt, also eine genetische, überhaupt erst möglich macht!

Ich versuche nun, meine These aus konkreten Erfahrungen heraus zu entwickeln:

Die Möglichkeiten solcher Erfahrungen verdanke ich dem Glücksfall meines beruflichen Weges. Nach meiner physikalischen Promotion: fast zehn Jahre in der Odenwaldschule der vielzitierten zwanziger Jahre, dann über zwei Jahrzehnte öffentliche Gymnasien, nach 45 Teilnahme an staatlichen Versuchsschulen und Reformversuchen; seit 1955 Übergang in die Lehrerbildung an Pädagogischer Hochschule, Technischer Hochschule, Universität.

Dort führe ich, fast nur in Seminaren, sokratisch gerichtete Gespräche mit Lehrerstudenten, nicht nur der Physik und Mathematik, aber an konkreten Problemen dieser Disziplinen.

Dabei zeigt sich etwas Interessantes:

Allgemeine Didaktik nützt wenig. (Manchmal denke ich – leichtfertig genug – es gibt sie gar nicht.)

Aber an der Klärung eines physikalischen einfachen Problems kann sogar ein Germanist Didaktisches lernen, und vor allem kann das ein Pädagogik als Hauptfach Studierender, der vorher etwa Hauptschullehrer war. Und der Physikstudent hat den Vorteil, dass er erst in fachlich gemischten Gruppen seine „Déformation professionnelle“ verliert, die ihm sein Diplomstudium so leicht zufügt.

Worüber sprechen wir da?

Über fragwürdige Phänomene und die Möglichkeit ihrer radikalen Klärung, bis jeder Anwesende zufrieden ist.

Etwa: Warum der Mond seitlich von der geraden Straße immer mitläuft wie ein Hund?

Warum die Leute, im tiefen klaren Wasser stehend bis zu den Knien, so kurze Waden haben?

Selbstverständlich erkläre ich selber nichts, sondern werfe mich ernsthaft auf die Seite derer, die Einwände haben.

Dabei ist bemerkenswert, dass offenbar der Unterricht, der so traurige Rückstände hinterließ, experimentell und logisch im allgemeine korrekt gewesen zu sein scheint. Im Sinne eben des Diplomphysikers. – Ein Paradox könnte man meinen.

Aber prüfen sie selbst in den folgenden Beispielen, ob nicht im Geiste des Abiturienten gerade das nicht erreicht ist, was der Geist des Diplomphysikers begrifflicherweise überholt und abgeworfen hat.

1. Beispiel:

Der Mond ist nur selten kreisrund, aber oft (um mit Kepler zu reden) „ausgehöhlt“ oder auch „buckelig.“ Wie kommt das eigentlich? Sie können sich leicht davon überzeugen, dass fast jeder Laie (Akademiker oder nicht, und bisweilen sogar Physikstudenten) wie posthypnotisch vor sich hin murmelt: Das ist doch der Erdschatten, nicht?

Offenbar eine Verwechslung mit der Mondfinsternis.

Diese kleine Falschmünze haben mehr als die Hälfte aller Leute bereit. Ich glaube zu sehen, wie sie ihnen, als sie in die Grundschule gingen, ins Fäustchen gedrückt wurde, das ja alles festhält, was ihm wirklich gefällt. Ich denke mir, hier ist es die Erinnerung an eine frühe Schulstunde, als der Lehrer den Fenster-Laden dicht machte, eine Kerze anzündete, Apfel und Nuss aus der Tasche zog, um die Mondfinsternis zu demonstrieren. Da war es einmal gemütlich und wirklich anschaulich! – Kein Grund, darüber sich zu wundern, dass der später erwachsene Laie, wenn er einmal den halben Mond über die Dächer wandern sieht, auf diese frühe Erinnerung zurückgreift.

Wie steht es aber mit seiner Beobachtungsfähigkeit und –bereitschaft, die doch die Schule ausbilden wollte? Merkt er nicht, wenn er einmal am Abendhimmel Mondsichel und Sonne nah beieinander sieht, dass „das mit dem Erdschatten“ unmöglich stimmen kann? Hat er keine Kritik gelernt oder sich sie wenigstens bewahrt? Die Schule hat sich in diesem Fall eine einfache aber großartige Gelegenheit entgehen lassen (nicht gleich in der Grundschule und nicht an einer Rarität wie der Finsternis), sondern später, am Himmel, am Objekt, eine nicht ganz leichte Entdeckung machen zu lassen, die sich ergibt, wenn man den Einfall hat, die Mondsichel in Hinblick auf die Sonne zu sehen. Heraklit sah das noch nicht. Und Aristoteles betont den Scharfsinn, der dazu gehört. Auch heute sieht das keiner von selbst (so genial sind wir nicht); der Lehrer wird seinen, minimalen, Beistand geben müssen.

(Die Sache selbst, woher die Mondgestalten kommen, ist nicht wichtig. Man kann auch ohne sie leben und eine sehr enge Beziehung zum Mond haben, ohne ihn physikalisch zu sehen. Wie viele, von uns als primitiv bezeichnete Gesellschaften haben allein mit der magischen Beziehung zu ihm gelebt, und einige leben noch heute so.)

Wir leben zusammen ohne ihn, auch wenn wir ihn besteigen.

Das Beispiel ist repräsentativ.

Es zeigt, wie das, was das Phänomen selber dem noch unbelehrten und unbewaffneten offenen und kritischen Blick sagen könnte, verdeckt wird durch eine verfrühte (und hier noch dazu verwechselnde) Information (die ohne Bezug auf ein Phänomen aber „schön“ demonstriert war.)

Wie recht hatte Simone WEIL: „In Wirklichkeit sieht er die Gestirne nicht mehr.“

Das Verstehen der Mondgestalten hat nun sogar, um mit MACH zu reden, ihre „weiteren Konsequenzen“: Man sieht nun, dass die Sonne viel weiter von uns absteht als der Mond.

Gelingt es einem, das im Freien angesichts der Mondsichel-Sonne-Konstellation zu SEHEN, so erschrickt man (wegen dieser verschiedenen Abstände) darüber, wie die Himmelskuppel sich nicht halten kann, sich auflöst und den Raum freigibt.

Denken Sie übrigens nicht, dass der Glaube an den Erdschatten als den Erzeuger der Mondphasen durch die Berichte der Astronauten von ihrer Mondfahrt auch nur erschüttert worden wäre. Im Südkurier, Bildfunk (dpa/UPI) vom 31.5.69 sieht man ein Bild, von Apollo X aus fotografiert: Die Erde halb beleuchtet über dem Mondhorizont schwebend: Unterschrift: „Die Erde steht voll am Himmel, wird jedoch zur Hälfte vom Mondschatten verdunkelt“:

Es rührt mich zu sehen, der Laie ist nicht ganz gelähmt: Auf der freilich falschen Grundinformation denkt er doch konsequent weiter.

2. Beispiel:

Hier ist es die *Formel*, die, obgleich richtig, ihren eigenen Inhalt blockiert.

Ich stelle eine Frage an 50 Studenten einer Technischen Hochschule, fast alle naturwissenschaftlich gerichtet: Ich weiß, die Frage ist ungewöhnlich. Ich wundere mich auch nicht, dass sie über sie staunen. Ich wundere mich über die Schule, die diese Frage nicht gestellt hatte.

Meine Frage war: das Fallgesetz auf Deutsch? (Ohne mathematische Zeichen, Symbole. Verständlich für 10-Jährige.)

Ich sage jetzt schnell, was da zu erwarten gewesen wäre. Und urteilen Sie bitte, ob so etwas unwichtig und überflüssig ist, oder nur ein Sport: Wenn dies (ich zeige zwischen zwei senkrecht übereinander gehaltenen Fingerspitzen irgendeine Strecke) die Strecke bedeutet, die ein Stein in der ersten Zeiteinheit fällt, es braucht nicht die Sekunde zu sein – dann läuft er in der nächsten, der zweiten. Zeiteinheit das – nein, nicht zweifache sondern – dreifache dieser Strecke; in der dann wieder nächsten, dritten, das 5fache; dann das 7fache, das 9fache und so fort. Sie sehen, die ungeraden natürlichen Zahlen treten der Reihe nach auf.

Das ist das Fallgesetz auf Deutsch, in Sprache. Bei GALILEI steht es entsprechend italienisch; ist das nun wichtig oder überholt? Nur in dieser Form wird das von Pythagoras bis Heisenberg

erstaunlich bemerkbar: die nicht zu erwartende Einfachheit vieler elementarer Gesetze und jedenfalls ihre Mathematisierbarkeit.

Gewiss muss jeder Hauptschüler schon die bekannten Vorzüge der Formel kennen und schätzen lernen, aber er muss auch wissen, dass sie keine Geheimsprache oder Zauberei ist, er muss zu ihr aufsteigen, ohne sich am Ende verstiegen vorzukommen. Er muss auch wieder auf den Boden zurückfinden können.

Das Beispiel ist repräsentativ. Es will sagen:

Die wissenschaftliche Tendenz unserer Schulen könnte auf beinahe tragische Weise zu ihrem Gegenteil geraten: Sie legt den Weg zur Formel (allgemein: zum abstrakten Endergebnis) als eine schnelle Einbahnstraße an, als ginge es hier „durch Nacht zum Licht!“ Wird aber nicht auch der Rückweg genau so stark geübt, so ist das Ende Verdunkelung. Mit anderen Worten: Wie oft lernen unsere Schüler eine Sache in solcher Form, dass sie sie „wissen“, ohne doch eigentlich zu verstehen, was sie „wissen“? Sie können sie nur manipulieren, und das heißt, dass sie selbst manipuliert sind.

Nehmen wir nun an, der Lehrer sei physikalisch nicht anders als ein Berufs-Physiker ausgebildet worden: Für ihn ist selbstverständlich die Formel das schnell anzustrebende Ziel. Er hat durchaus keinen Anlass, sie in Sprache zurückzuübersetzen. Derartiges muss ihm als Rückschritt erscheinen.

Er kann nicht wissen, dass für die Laien die Formel, hinter der die Brücke zur Sprache abgebrochen ist, zur magischen Formel wird. Ein solcher Lehrer wird – ich zitiere aus dem Titel eines Buches von Hartmut von HENTIG – er wird Magier statt Magister.

3. Beispiel „Brechung“

Die Verdunkelung des Phänomens kann Unheimlicherweise sogar durch das Demonstrationsexperiment geschehen, das das Phänomen fassen wollte.

Eine Gruppe von zehn nicht-naturwissenschaftlichen Studenten einer Universität bat ich (bei der vergeblichen Suche nach dem verlorenen „Brechungs-Gesetz“), sich in Ruhe wenigstens daran zu erinnern, wie seitlich betrachtet ein Ruder aussieht, das schräg ins ruhige klare Wasser hineingehängt (oder, ebenso gut, ein Löffel, der schräg in den wassergefüllten Topf eintaucht)? Zu meinem Erstaunen stimmten sie alle der Zeichnung zu, die einer von ihnen skizzierte: Der ins Wasser eingetauchte Teil werde nach unten abgeknickt (statt, wie es ist, nach oben). Der Grund für diese Verblendung ist klar: Das ist die (allerdings zuständige) Lehrbuchfigur für den Knick, den nicht das Ruder macht, sondern ein Lichtbündel, das die Wasseroberfläche kreuzt. Das Lehrbuchwissen machte blind, verdeckte das Phänomen, das es erklären könnte, und verfälschte es sogar.

Sie sehen sofort, was hier geschehen ist. (Spräche ich übrigens hier zu Laien, so gäbe es Verwirrung und es ginge nicht ab ohne optische Belehrung und das dauerte eine Stunde.)

Nebenbei: Ich halte es nicht für unbedingt nötig, dass jeder Laie das Brechungsgesetz kennt. Aber wir sollten es nicht lehren mit dem Ergebnis, dass er blind wird für das Phänomen.

Der Diplomphysiker wird (da er intensiv und mit den Händen mit dem Experiment vertraut ist) gar nicht auf den Gedanken kommen, dass es manchem die Natur verdeckt. Für ihn ist es noch immer Natur.

Weitere Beispiele

Dem eigentlichen, dem Berufsphysiker ist es selbstverständlich besonders willkommen, schnell zu einem allgemeinen und möglichst quantitativen Gesetz vorzudringen. Etwa dem Energiesatz, oder dem archimedischen Prinzip. Denn es erledigt, es bewältigt, viele, sehr verschiedene Einzelprobleme, in die er sich gar nicht zu vertiefen braucht. (Denken wir an entwürfe für „Perpetua Mobilia“). Der spätere Laie aber hat nicht zu bewältigen. Er will zuerst und vor allem das Sonderbare verstehen, das er vor sich hat. Verstehen heißt: Darin Selbstverständliches erkennen. Zum Beispiel:

Wenn eine rollende Kugel (oder gar ein mit Menschen – Mutter und Schwester – besetzter Wagen) am höchsten Ort einer Looping-Bahn nicht abstürzt, obwohl die Insassen mit den Köpfen nach unten hängen, so ist das für den naiven Zuschauer seltsam und beunruhigend, also das Denken affektiv motivierend.

Der Physikstudent als Lehrer pflegt hier erst alle seinen allgemeinen Kenntnisse (Beharrungsgesetz, Fallgesetz, Zentrifugalkraft samt Formel) in sich antreten zu lassen.

Unnötig: Man bleibe hart am Problem und seinen speziellen Gegebenheiten: Denkt man die Schiene am obersten waagerechten Stück abbrechend, so würde bei hinreichender Geschwindigkeit der Wagen ja auch nicht abstürzen, sondern wie ein geworfener Stein weiterfliegen.

Da wir uns über den geworfenen Stein nicht wundern, ist die Beunruhigung über die Insassen des Wagens ebenfalls verfliegen: auch sie sind geworfen. Der absonderliche Fall ist „beigelegt“ an einem gewohnten. Verstehen ist immer relativ.

Fragt man Lehrerstudenten, wie sie dem Antipodenproblem die Schrecken nehmen könnten, die es für Kinder hat, so glauben nicht wenige, „erst mal“ die Gravitation, die allgemeine, anführen zu müssen, also wieder: Unnötiges und Geheimnisvolles. Die Lösung verlangt nur eine Spur Geometrie: Wenn bezeugt ist, dass rund um die Erdkugel herum alle Dinge zu BODEN fallen, so braucht man nicht zu wissen, warum sie das tun, ob die Erde sie zieht oder der Himmel sie drückt. Das ist schon eine neue Frage.

Das Verstehen-wollen des Kindes und der jungen Leute leidet (buchstäblich), wenn unnötig allgemeine, womöglich quantitative, Machtsprüche mit Namen angerufen werden (deren hastige Begründung früher keine Überzeugungen hinterlassen hat). Wo es doch leichter ist und erhellender, das verwunderliche Phänomen selber genau anzusehen und die speziellen Umstände zu bedenken.

Wie leicht verknöchern Überzeugungen zu Werkzeugen und Einsichten zu Manipulationen! Sie werden missverstanden und das Vertrauen schwindet.

In diesen Zusammenhang gehört auch der vorzeitige Einsatz der großen, der sieghaften Experimente, die ganze physikalische Kapitel wie Landschaften mit einem Schlag erhellen können: das FOUCAULT-Pendel, die Gravitationswaage, der FRESNELSche Spiegelversuch. Wenn sie aber ohne ihre Vorgeschichte eingesetzt werden, so erzwingen sie Zustimmung, aber sie überzeugen trotzdem nicht. Denn der überwältigte Schüler fragt sich: wie kamen denn FOUCAULT, CAVENDISH, FRESNEL auf ihre Ideen? Sie mussten das Ergebnis ja schon vorher vermutet haben! Bleibt unklar woher, so entsteht ein Bild des Forschers als eines Magiers und der Forschung als Magie, ein Bild, das wir nicht wünschen können. In diesem Fall kann man statt von Verdunkelung von Überblenden sprechen.

Was also tun?

Zunächst: In den Schulen.

Welchen Schulen?: In allen, in der Sekundarstufe I. Denn das, was ich an den Beispielen beschrieben habe, fehlt mehr oder weniger bei allen.

Von der Sekundarstufe II spreche ich hier nicht. Vielleicht würde sie Sie mehr interessieren. Aber gerade diese Vorliebe möchte ich gern etwas zu ändern versuchen. Darf ich wiederholen: Die Verödung des Feldes zwischen der 1. und 2. Wirklichkeit kommt ja daher, dass wir zu schnell, zu instrumental mit schon isolierter Intelligenz auf einer steilen Leiter zur begrifflichen Ebene hinaufstapen; möglichst zu einem allgemeinen Satz und uns dann dort oben breit machen, während der Zugang verfällt.

Führen wir also ab und zu (nicht zufällig, nicht als Feierstundenfolge, wie das manchmal erschreckend missverstanden wird), als gleichsam tragende breite Pfeiler des ganzen Unterrichts Lehrgänge aus, die wirklich wissenschafts-orientierend, initierend sind, authentisch, das heißt: Nicht Imitation, auch nicht bloß Information.

Das Ziel ist die Verbindung nach unten, mit den motivierenden Problemen noch der 1. Wirklichkeit, der Welt der natürlichen Phänomene, nicht abreißen zu lassen!

Ein Problem also am Anfang, das nicht der Lehrer stellt, sondern der natürliche Alltag; eines das sich selbst jedem stellt, und dessen Lösung ohne alle Vorkenntnisse und Begriffe in einigen Stunden im Gespräch und Experiment erreichbar sind.

Die Begriffe ergeben sich dann aus der Sache. Der Gang ist induktiv.

Denn ich glaube nicht, dass man beanspruchen kann, eine Wissenschaft zu verstehen, wenn man nicht weiß, woher sie kommt, obwohl man sich vielleicht sicher in ihrem Gebäude bewegt. Es geht dann also nicht nur um das Werden der Ergebnisse aus der physikalischen Methode, sondern um das Werden der Methode aus dem vorphysikalischen Nachdenken und Sprechen in der Alltagssprache. Diese Genese, exemplarisch durchgehalten, soll immer neu im Bewusstsein des

Lernenden wachgehalten und reflektiert werden. „Wiederentdeckung der Wissenschaft von Anfang an“, wie es von FREUDENTHAL und WITTENBERG für die Mathematik formuliert wurde.

Ich habe versucht, allgemein zu sagen, was ich meine, aber es ist besser, wenn ich ein Beispiel, das im sokratisch geführten Gruppengespräch etwa drei bis vier Stunden brauchen mag, in möglicher Kürze andeute:

Das Thema sei „Luftdruck“. Oder vielmehr ein Problem, das zum Luftdruck führt.

(Übrigens auch ein Kapitel, nach dem man einen Laien einmal beiläufig und freundlich ausfragen sollte:

Luftdruck? Glauben Sie daran? Schon mal gespürt? Gewicht des Luftmeeres meinen Sie? Druck also von oben? Warum denn ändert sich nichts, wenn Sie unter ein offenes Dach treten, das doch den Druck auffangen müsste. Oder gar im geschlossenen Zimmer? Und wenn man es abdichtet? Wie ist es in einem Kassenschrank mit versiegelten Fugen?)

Ich deute einen möglichen Verlauf kurz an: Ich zeige etwas Alltägliches und doch Sonderbares und sage kein einziges Wort. Denn das Gezeigte spricht für sich, es „verwundert uns“, es fragt. In der Küche, oder hinter der Theke beim Spülen von, sagen wir, Biergläsern, hohen am besten, ist es zu sehen.

Ich mache es vor. Jeder macht es nach.

Sie reden miteinander.

Mal aufschreiben? Jeder für sich.

1. Was man macht (genau, nichts sonst).
2. Was ist sonderbar („komisch“) und warum?

(Sprachliche Übungen unter dem Zwang der Sache, um die Deutschlehrer uns beneiden könnten; es sei denn, sie machten mit.)

Die Aufzeichnungen werden miteinander verglichen.

Dann lese ich vor, was hinten bei GUERICKE steht. Wie ein, sonst nicht bekannter, Pater ZUCHIUS (1586-1670) das beschreibt:

„Wenn man ein Glasgefäß unter Wasser taucht,
anfüllt,
darauf innerhalb des Wassers umdreht,
so dass das offene Ende nach unten gerichtet ist,
und es so herauszuziehen sucht, -
so wird man sehen,

dass das in demselben befindliche Wasser
zugleich mit dem Glase
in die Höhe gehoben wird.“

(OSTWALDTS Klassiker, Nr. 59, S. 97)

Allgemeines Lob! (Ich habe auch eine PASCAL-Stelle dazu. Nicht ganz so gut, findet man).

Nun die zweite Frage: Was ist daran „komisch“ und warum ist es komisch?

Ja, sagen sie: dass das Wasser drin bleibt, hängen bleibt („schweben bleibt“, schreibt Pascal).
Seltsam, denn sonst immer fließt Wasser nach unten.

Die sachliche Motivation ist da.

Manche Didaktiker quälen sich zur Zeit herum mit dem Problem der Motivation. (Wie bringe ich die Schüler dazu, dass sie Lust kriegen zu dem, wozu sie keine haben. Ich habe sogar schon das Wort Motivationstechnik gehört!)

Wie gut haben wir es da in der Physik. Es gibt da viel Sonderbares, das mehr als nur „kurios“ ist; denn es ist wiederholbar und doch widerspruchsvoll, also beunruhigend und damit das Denken motivierend. Es reizt die Entdeckungskraft nur dann nicht, wenn wir die Begriffe und allgemeinen Gesetze schon auf Vorrat (also unmotiviert!) bereitgelegt haben und dann das Problem im Handstreich „nehmen“, bewältigen. Aber es geht hier ums Verstehen, um authentische Wissenschaft.

Die Motivation ist da, wie geht es weiter?

Es kann passieren, dass ein Schlaupfiff dabei ist, der sagt, das sei eben natürlich der „Luftdruck“, so um die Ecke herum.

Ein abgehetzter Lehrer ist dann vielleicht froh, dass einer so schnell das Richtige sagt (gleichgültig woher er es hat) und ist in Kürze, in 45 Minuten, am „Ziel der Stunde“. Wenn auch nur scheinbar.

Der Lehrer, der sich die Zeit nimmt, freut sich auch, aber aus anderem Grunde. – Er fragt nun, was die anderen dazu meinen. (Das weiß man nie vorher.)

Wenn dann keiner sieht und sagt, was gegen diesen, von dem Schlaupfiff so schnell apportieren „Luftdruck“ spricht, dann natürlich muss der Lehrer es selber sagen, sokratisch, verwirrend:

Ihr habt noch nicht alles bemerkt, als ihr aufschriebt, was seltsam ist. Machen wir es noch mal?

Dann kommt es: das herausgehobene Glas ist viel zu schwer.

ZUCHIUS: Das Wasser „beschwert sogar mit seinem Gewicht die Hand des Haltenden.“ (Man sieht, was ein Stativ alles verschweigen kann!)

Das ist allerdings seltsam. Als ob es oben klebte. Aber es klebt nicht, das sieht man, wenn man eine Luftblase hineinsteigen lässt.

Und das soll der Luftdruck sein, der das Wasser oben hält? Müsste er dann nicht das Glas in meine Hand hinein nach oben drücken, heben, statt nach unten zu ziehen? –

Ich breche ab, es würde lang dauern. Die ganze Aktion selbst braucht 4 bis 5 Stunden mindestens.

Und kein Mangel an Emotionen und Affekten, wonach man vergebens sucht in der Programmier-Didaktik.

Nicht bloß „Physik macht Spaß“. Vielmehr: Seltsames beunruhigt. Die Lösung suchen ist Leidenschaft. Die Entdeckung macht glücklich. Wir haben die Affekte im Hause!

Bemerkenswert ist, dass diese Entdeckung funktioniert, gleichgültig, ob Sie mit 14jährigen zu tun haben, oder mit 18 Jahre alten, oder gar mit Physik-Studenten hoher Semesterzahl, die hier (anfänglich widerwillig, bald aber mit Genuss) sich regenerieren, indem sie ihre Kenntnisse beiseite stellen wie hinter einen Vorhang. Sie lernen dann eben, wenn auch unnötig spät, die Dinge zu sehen wie zum ersten Male, sie lernen die erste Kunst des Lehrens: zu wissen als wüssten sie nicht, die zweite Naivität, das Wissen ist statu nascendi.

Solche Initiations-Probleme (und zugleich Regenerations-Themen) gibt es manche. Ich nenne noch:

Warum – wo doch Eisen untergeht – schwimmt ein eisernes Boot?

Warum kommt der Schall verspätet?

Warum springt ein Ball wieder hoch?

Wer, als Physiker, meint, das sei ja alles sehr einfach, lese wie unverbildete 9 bis 10 Jährige darauf anspringen. Es gibt dazu Tonbandprotokolle von Siegfried Thiel (PH Freiburg=, enthalten in dem kleinen Buche von drei Autoren (WAGENSCHNEIDER – BANHOLZER – THIEL): Kinder auf dem Wege zur Physik, bei Klett, 1973.

Zur Frage der Organisation

Schaffen wir solche garantierten Reservate des radikalen Verstehens, d.h. genetischen und exemplarischen Verstehens an einzelnen Initiationsproblemen; in Epochen wiederkehrend, angstfrei, also ohne Leistungsdruck (ohne Noten), aber mit rein sachlichem Leistungs-Sog. – Etwa 20 Teilnehmer. – Echter Epochenunterricht (täglich zwei Stunden, einige Wochen lang). – In diesen Intensivstationen wird der Lehrer völlig selbständig und sokratisch arbeiten; nicht das „Mitkommen“ belohnen, sondern den Unglauben ermutigen. Nicht die nervöse Frage im Gesicht tragen: „Kommt ihr alle mit?“, sondern umgekehrt den Prozess der (wie wir heute sagen) „Sozialisation“ soweit bringen,

dass sich jeder Teilnehmer dafür verantwortlich hält, dass alle verstehen. – Dass das geht, weiß ich. Dass wir zur Zeit die Lehrer zum Gegenteil erziehen, weiß ich auch.

Soviel Zeit haben wir nicht? Deshalb:

Diese Intensivstationen folgen einander mit größeren Pausen, so wie die Pfeiler einer Brücke. – Zwischen ihnen spannen sich aus, vergleichbar den Brückenbögen, darlegende Kurse (inhaltlich an den Pfeilern befestigte) in Kurzstunden, gekonnt dozierende, für – meinetwegen – 200 „Hörer“ (jetzt, dank den Pfeilern, qualifizierte Hörer!), nicht alles beweisend (denn was das ist, das hat man ja in den Intensiv-Pfeilern gelernt) und mit allen Mitteln, auch technisierter Information (etwa: schwierige physikalische Experimente auf dem Bildschirm vorführend).

Ein Vorschlag, jedenfalls für die Schulen. (Warum nicht auch für Hochschulen?)

Damit komme ich zur fachlichen Lehrerbildung.

Lange Zeit glaubte man, und praktiziert wird es vielfach noch immer, der Fachlehrer müsse zuerst genau wie ein künftiger Fachmann ausgebildet werden. Dieses „zunächst“ bedeutet aber bei dem heutigen Abstraktionsgrad eine schon fast erstarrte Prägung für die obersten Stockwerke seines Faches und damit eine Verengung. Der fundamentale Bezug zur 1. Wirklichkeit ist verloren, das Elementare ist unproblematisches Werkzeug geworden. Der Student kann fast nur noch mit seinesgleichen über Physik reden. Irreversibel hinaus ist er über den Prozess des Werdens, der doch für ihn als Lehrer sein Element sein sollte. Im schlimmen Fall ist er verstört; im guten Fall (von der Hochschule aus gesehen) ist er ausgestattet mit dem Ethos und dem Ehrgeiz seines Hochschullehrers. Das ist gewiss verführerisch. Aber es führt nicht zum Kinde. Er hat damit eine Mentalität gewonnen, die für ihn als Kinder-Lehrer nicht ausreicht, die ihn sogar hindert. Denn der Fachgelehrte muss in seinem Fach „ganz drin“ sein (womit ich nicht etwa den „Fachidioten“ meine). Der Fachlehrer der Schule darf es gerade nicht: er muss zugleich drinnen wie draußen sein können. Das erscheint paradox nur dann, wenn man nicht genetisch denkt. Der Lehrer braucht sein Wissen in einem anderen Aggregatzustand als der Berufsphysiker. Er braucht die Kunst der zweiten Naivität: die Dinge auch seines Faches so zu sehen als sähe er sie zum ersten Mal. Statt dessen ist es heimisch im hintersten Zimmer. Das Alltägliche und das Elementare muss ihm dann als simpel erscheinen, als Etappe. Er vergisst – und das ist begreiflich – die psychologischen Schwierigkeiten des Eingangs. Er hat ihn selbst einmal als Neuling gesehen, aber das weiß er nicht mehr, wozu auch: Es schadet ihm als Berufsphysiker nicht.

Das Studium hat ihn zum Fachmann geprägt, hat ihn gerüstet, in eine Rüstung gesteckt, so dass er für pädagogische Impulse immer unempfindlicher wird.

Das Studium verödet die fast von jedem mitgebrachte pädagogische Ader, mehr oder weniger.

Am Ende verwechselt der Studierende schließlich die logische Fundierung und Stabilität des etablierten Systems mit dem genetischen Weg zu ihm hin. –

Mancher sagt mir: was Sie da machen, das ist keine Physik, das ist Psychologie! Ich antworte: gewiss, Physikunterricht ist ja nicht ein Kapitel der Physik und auch nicht „angewandte Physik“.

Es gibt auch das allergische Missverständnis als hätte ich gesagt: der Physiklehrer habe es gar nicht nötig, sein Fach gründlich und auch in seinen modernen Schichten zu kennen.

Im Gegenteil, er muss es nur anders lernen, als der Berufsphysiker. Sein Blick darf nicht nur auf die „Front“ gerichtet sein, sondern nicht weniger scharf auf die Quelle.

Das Mehr, das wir ihm schuldig sind, ist ein qualitatives, ein anderer Aggregatzustand seines Wissens: psychologisch verflüssigt, genetisch umgeordnet, und das für alle Stufen.

Gerade ein progressiver, ein ins Moderne vorstoßender Unterricht kann es sich heute nicht mehr leisten, die Etappe zu verbrennen.

Der Lehrer-Student darf nicht, vom „Front“-Geist verführt, auf einer Einbahnstraße vorgehen, ohne sich umzusehen, er muss genetisch, janusköpfig studieren. Er muss frei sein von der Auffassung (die dem Berufsphysiker fast nichts schadet): dass die Wissenschaft im Elementaren fertig und nur an jener „Front“ aktuell sei. Dem Lehrer ist alles aktuell. Er darf seine Wissenschaft nicht nur als heutige und zukünftige, auch nicht einfach historisch als gewordene sehen, sondern in allen ihren Schichten als werdende, werdend gewesene, also für seine Schüler und damit für ihn immer werdend bleibende. Auch die „hinter“ dem Lehrer „liegenden“ Schichten müssen sich für ihn wieder aufrichten, er muss sie zugleich hinter sich wie vor seinen Schülern und immer wieder vor sich sehen können. Kurz: genetisch, in statu nascendi, muss er studieren, damit er später ebenso lehren kann.

Ich kann nun schnell sagen, in welcher Weise ich mir das Physikstudium des Physiklehrers anders vorstelle, als das des Physikers:

1. Würde ich den Studenten raten, mit 5- bis 10-Jährigen Kindern zu sprechen, besser: ihnen zuhören, wenn sie über sonderbare Naturphänomene reden, nicht in Laborsituationen, nicht ausgefragt, nicht getestet, sondern unter sich, in ihrer Sprache, gefangen von der Sache. Sie sprechen dann sachlich, der Sache gemäß, die für sie die Sache ist.

Man kann derartiges auch lesen in den Protokollen von Thiel oder Bahnholzer oder in den Geschichten, die ich gesammelt habe. Man hört dann z.B. über den Nagel, der vom Magnet, wie wir sagen, „angezogen“ wird, den viel inhaltsvolleren Satz „Des hopft schon wenn's noch weg ist“.

Oder sie sagen (bei THIEL) in der planmäßigen Untersuchung der Schallverspätung (das sagt einer, bevor sie gemerkt haben, dass mit dem Fortlaufen und Ankommen „des Schalls“ die Luft etwas zu tun hat): „Der Schall hat keine Augen und deshalb fliegt er hin, er prallt so hin und braust so dran, wie der Wind, im Kreis und überall prallt er dran. Dem braucht niemand zu helfen, der fliegt so allein.“

2. Er vertieft sich in einige Quellen der Frühgeschichte der Physik, einzelne, genau, und verfolge die Entwicklung der Gedanken gemäß der Sache. Gemeint ist nicht etwa Geschichte der Physik in Übersicht. Auch hier gelingt die Regeneration nur exemplarisch, und hat kein Ende. Da

findet man dann bei Kepler z.B. folgende Definition der schweren Masse: „Schwär ist diß, was vil irdischen zeugs in der enge bey einander hat.“

Die erkenntniskritischen Bücher von MACH „Die Mechanik in ihrer Entwicklung“ und andere sind noch immer die Grundlage. Viel Neues ist hinzugekommen.

Diese Studien verlangen aber Hilfe: besondere Lehrstühle einzunehmen von besonderen Fachphysikern, durchaus modernen versteht sich, aber genetisch gerichteten, wozu die Historie nur ein Hilfsmittel ist. (Ein Historiker der Physik wäre allein ebenso wenig ausreichend wie ein nur moderner Physiker allein; es geht tatsächlich um ein noch kaum erforschtes vor-didaktisches Gebiet, das zwischen Physik, Psychologie, Historie und Wissenschaftstheorie angesiedelt ist.)

Diese genetische Komponente des Lehrerstudiums der Physik sollte in das übliche verflochten sein oder es imprägnieren.

Dann erst, wenn ein solches Studium erheblich fortgeschritten ist, dann erst kann „Didaktik“ einsetzen, ich meine *genetische* Didaktik. Und dann erst können die Kategorien der Erziehungswissenschaft dazutreten.

Man könnte mich nun fragen, um eine Diskussion vorwegzunehmen:

Warum halten Sie es für nötig, den studierenden Physiklehrer, wie er heute ist, erst noch genetisch zu transformieren, also noch, wie Sie sagen, sein Wissen in einen anderen Aggregatzustand zu überführen? Ist es nicht eben die Aufgabe der Didaktik, die Physik in eine lehrbare Ordnung zu bringen.

Ich würde dann sagen: Es gibt zwei lehrbare Ordnungen, von grundsätzlich verschiedener Art:

I. Die, welche der fertige Berufsphysiker vermutlich für die gegebene hält (ihm, nach seinem Studium „gegebene“), systematisch, von einem oder mehreren Angelpunkten aus deduzierend, in kleinen, sicheren Schritten, rationell aufgebaut und alles „gleich richtig!“ Vorbilder: EUKLID und NEWTON. Er wird zum Dozieren neigen. Sein Partner ist „Hörer“ (Kommen Sie mit?) Aber dieser Partner kann nur, in kleinen Zeitabschnitten, nicken oder schütteln, denn natürlich kann er nicht den Fortgang planen. Wie sollte er, denn der ganze Ablauf ist vom Ende, vom Ergebnis her konzipiert. Ich nenne diese Art des Vorgehens das darlegende Lehren und bestreite nicht, dass es, besonders für die Hochschuldidaktik, oft am Platze ist, und sein wird, aber nicht dominieren darf.

Ein solcher Lehrgang stellt die Wissenschaft so dar, wie sie heute IST, (als „Fertigfabrikat“ (wie der Mathematiker FREUDENTHAL sagt)), er hat etwas Verwaltendes. Jedermann weiß, dass die Wissenschaft in dieser Ordnung nicht entstanden ist, er verfährt nicht wissenschafts-authentisch.

II. Die genetische Methode; die ich empfehle und nach Möglichkeit vorziehe, ja in der Sekundarstufe I für unentbehrlich halte, hat als Vorbild Sokrates. Euklid wurde in der Geometrie sein Antipode.

Der darlegende Lehrer ist immer erst möglich, wenn vor ihm der Entdecker, der Mann der Genese gelebt und gearbeitet hat.

III. Die genetische Methode zeigt nicht bloß, wie das Haus der Physik eingerichtet ist, sie zeigt, woher es kommt, wie es so sein musste wie es wurde. Sie geht aus von der Quelle, von der Herkunft der Physik. Das sind: sonderbare, aber wiederholbare Naturphänomene, die den Menschen beunruhigen; denn er sucht Sicherheit und Einordnung in die Welt des Gewohnten. Dieses Heraustreiben aus einigen Initialproblemen, Fragen sehend, Problem orientiert, wie man heute sagt, tätig, kritisch, selbstkritisch, „kreativ“ und vor allem kontinuierlich, ohne Lehrerwillkür, Lehrplanwillkür: Das wäre „wissenschaftsorientiert“ im Sinne von Wissenschafts-eröffnend. (Die ganze Schulzeit sollte eine eröffnende sein.) Die Grundbegriffe entstehen dann, wie es ja im Vordringen der Wissenschaft auch wirklich ist, im sog des Problems und seiner Lösung. Die Axiome, sofern es so etwas gibt, erscheinen am Ende. Die Fachsprache wird nicht eingewöhnt, sie entsteht aus der Umgangssprache auch sachlicher Notwendigkeit. So wird etwa das Wort „Schwer“ notwendig aufgespalten in „Lastend“ und „schwer zu beschleunigen“.

Ich leugne nicht, dass das zuerst genannte darlegende Lernen durchweg möglich wäre. Es ist das zur Zeit meist angebotene, obwohl man spürt, dass es da, in diesen nicht „offenen“, sondern „geschlossenen“ Curricula mit der Kreativität seine Schwierigkeiten hat. Dieses Vorgehen ist durchaus „physikalistisch“: Atomisierend und addierend. Deshalb für gelernte Physiker verführerisch. Zumal es meist gekoppelt ist mit dem Versuch einer scheinbar objektivierenden Messung dieser kleinsten Fortschritte.

Beim genetischen Lernen dagegen kann der Schüler mitplanen, denn er geht von einem *Initial*problem aus und entwickelt seine Strategie mit seinem Normalverstand. Wie erstaunlich weit, und ganz auf das wissenschaftliche Denken hintastend, zeigen die Protokolle von Thiel.

Der Schüler ist also rein sachlich motiviert, er will dahinterkommen, er ist selbsttätig, frei und nicht eingefädelt: er entdeckt, er spannt selbst die Fäden.

Er „ist dabei“, er sieht, wie Physik unter seinen Händen begreifbar und unter seinen Füßen verstehbar wird. Er macht es selbst. Und was man selbst tut, sich selbst überzeugend, das behält man.

Würde ein reiner Physiker eine Didaktik der Physik herstellen wollen, so würde notwendig eine darlegende daraus werden. (Ausnahmen zugelassen: Einstein etwa). Es würde eine Hochschuldidaktik daraus.

Man hat den Eindruck, aus vielen Veröffentlichungen und Lehrstuhl-Suchanzeigen, dass man sich oft vorstellt, es gebe einfach eine „Didaktik der Physik“, ohne Zusatz, und sie sei abzuleiten aus der Physik allein.

Ist man aber überzeugt, dass der Bruch zwischen der 1. und der 2. Wirklichkeit vermieden werden kann und muss bei den künftigen Laien (und bei den späteren Physikern doch wohl auch), so folgt dass Schuldidaktik etwas anderes ist als Hochschuldidaktik. Hochschuldidaktik kann streckenweise darlegend sein, vorausgesetzt, dass die Schuldidaktik vorwiegend genetisch bestimmt war.

Eine Ausnahme: Die Hochschuldidaktik für die Lehrerstudenten muss vorwiegend genetisch sein.

Die Unterscheidung der beiden Didaktiken erscheint mir zwingend, da sie ja verschiedene Voraussetzungen haben: Grundschule wie Sekundarstufe I wendet sich an den Unbefangenen (und hat seine Unbefangenheit nicht auszuräumen, sondern aus ihre seine Impulse zu gewinnen). Die Hochschuldidaktik wendet sich an solche, die auf dem Feld zwischen der 1. und der 2. Wirklichkeit schon einige Initiationsfeldzüge mitgemacht haben.

Ich leugne nicht, dass wer will, auch nur darlegend, in kleinen Schritten einfädelnd funktionsfähige Physiker und angepasste Laien herstellen kann. Lehrer entstehen so nicht.

Ich betone noch einmal, dass Didaktik der Physik nicht aus der Physik allein ableitbar ist, sondern eine freie, und zwar eine erzieherische Entscheidung vom Lehrer verlangt. Meines Erachtens gibt es keine wertfreie Didaktik. Es kommt darauf an, was für einen Menschen man sich für die Zukunft wünscht. Ich kann ihm nicht wünschen, dass er den Eindruck habe, die Wissenschaft sei vom Himmel gefallen. Er hält sie dann womöglich für die einzige Wahrheit der Natur. Dann ist er nicht wissenschaftsorientiert, er ist nur installiert. Er bewegt sich, womöglich sicher, in einem Gebäude, von dem er nicht weiß, wo es herkommt; er hat keinen Boden unter den Füßen, und empfindet das vielleicht als Hochgefühl.

Die Entscheidung hängt davon ab, ob man folgenden Erziehungszielen zustimmt:

1. Der Mensch von morgen sollte seine Herkunft und Abhängigkeit in keiner noch so progressiven Wissenschaft vergessen.
2. Er sollte sich (also) nicht spalten, wo er ganz bleiben kann.

Die Physiker haben nach 1945 ihre Verantwortung erkannt für das, was aus den Ergebnissen ihrer Forschung von anderen gemacht werden kann. Dazu sollte kommen ihre Verantwortung für die Anfänge, die ihre Wissenschaft in den Geistern der Kinder nimmt, und in den Köpfen der Laien sich fortsetzt.

Ich hatte diesen Vortrag schon aufgeschrieben, als mir eine frühere Schülerin das folgende Zitat brachte.

Es lässt bemerken, dass es nicht allein um Physik geht und nicht nur um unsere Epoche.

Es geht um die Problematik des wissenschaftlichen Fortschritts überhaupt und die Aufnahme dieses Fortschritts durch die Jünger.

Ich lese vor:

„Wie leicht nehmen wir ... das Produkt
einer langen Operation des menschlichen Geistes an,
ohne selbst die Operation zu durchlaufen,
die das Produkt ursprünglich hervorgerufen hat.
...Und das ist der klägliche Zustand
unseres heutigen ganzen Reiches der Gelehrsamkeit.“

Nicht weit davon heißt es zusammengefasst:

„Nun lernen wir also vermittelt der Worte
Begriffe, die wir nicht suchen durften,
und die wir also anwenden, ohne sie zu verstehen.“

Das schrieb 1769 Johann Gottfried HERDER, in seinem Buch „Kritische Wälder“