

Wagenschein, Martin

Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Präsidium des Pädagogischen Hochschultages [Hrsg.]; Geschäftsstelle des Arbeitskreises Pädagogischer Hochschulen [Hrsg.]; Didaktik in der Lehrerbildung. Bericht über den vierten Deutschen Hochschultag vom 7. bis 10. Oktober 1959 in Tübingen. Weinheim : Beltz 1964, S. 70-85. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 2)



Quellenangabe/ Citation:

Wagenschein, Martin: Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts - In: Präsidium des Pädagogischen Hochschultages [Hrsg.]; Geschäftsstelle des Arbeitskreises Pädagogischer Hochschulen [Hrsg.]; Didaktik in der Lehrerbildung. Bericht über den vierten Deutschen Hochschultag vom 7. bis 10. Oktober 1959 in Tübingen. Weinheim : Beltz 1964, S. 70-85 - URN: urn:nbn:de:01111-pedocs-235284 - DOI: 10.25656/01:23528

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:01111-pedocs-235284>

<https://doi.org/10.25656/01:23528>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Zeitschrift für Pädagogik

Allgemeine pädagogische Abhandlungen herausgegeben von
Fritz Blättner/Otto Friedrich Bollnow/Josef Dolch/Wilhelm Flitner/
Erich Weniger

Schriftleitung: Wolfgang Scheibe

Beiträge zur Lehrerbildung herausgegeben von
Hans Bohnenkamp/Georg Geißler/Oskar Hammelsbeck/August Klein/
Franz Vilsmeier

Schriftleitung: August Klein

2. Beiheft

Didaktik in der Lehrerbildung

*Bericht über den vierten Deutschen Pädagogischen Hochschultag
vom 7. bis 10. Oktober 1959 in Tübingen*

Herausgegeben vom Präsidium des Pädagogischen Hochschultages durch die Geschäftsstelle
des Arbeitskreises Pädagogischer Hochschulen, Wuppertal-Barmen, Dietrich-Bonhoeffer-Weg 1

INHALT

Oskar Hammelsbeck	Begrüßungsansprache	1
Leo Weisgerber	Sprache und geistige Gestaltung der Welt	5
Josef Derbolav	Versuch einer wissenschaftstheoretischen Grund- legung der Didaktik	17
Fritz Stückrath	Zur psychologischen Problematik der Volksschul- didaktik	46
Arno Koselleck	Zur Didaktik des Geschichtsunterrichtes	56
Martin Wagenschein	Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts	70
Kurt Sydow	Musik der Gegenwart als Maß der Didaktik	86
Rudolf Schaal	Probleme des Gesamtunterrichtes in der Bildungs- situation der Gegenwart	101
Fachgruppenberichte	116
Walter Rest	Didactica magna oder didactica parva	138
Franz Vilsmeier	Zusammenfassung des Tagungsergebnisses	150
Oskar Hammelsbeck	Schlußwort	161

1. Auflage 1960

2. Auflage 1962

3. Auflage 1964

© 1960 Julius Beltz, Weinheim und Schwann, Düsseldorf

Printed in Germany

MARTIN WAGENSCHHEIN:

Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Sie haben mir einige Anmerkungen zur Didaktik der Naturwissenschaften anvertraut, obwohl ich ohne unmittelbare Volksschul-Erfahrung bin. Ich verstehe das so, daß Sie erwarten, die Lage dargestellt zu hören von einer allgemeinen Basis aus, die alle Arten allgemeinbildender Schulen trägt.

Ich werde mir also nicht anmaßen, mich allzuweit in die Einzelheiten der Volksschul-Didaktik einzulassen, und werde die Höhere Schule, die ich recht gut kenne, in meine Betrachtungen mit demselben Gewicht einbeziehen wie die Volks- und Mittelschule, aus folgenden Gründen:

Die Naturwissenschaft ist noch so jung, daß wir sie wohl in keiner Schulart — Hochschulen übrigens eingeschlossen — in ihrer Bildungsfunktion schon recht erkannt haben können.

Es sind dieselben Kinder, die im gleichen Alter der Volksschule, der Mittelschule und der Höheren Schule angehören, insofern, als sie, zwar verschieden in ihrer Fähigkeit, verallgemeinernd denken zu lernen, doch übereinstimmen in den Wandlungen ihrer gesamten seelischen Struktur, von denen das Bereitwerden zum naturwissenschaftlichen Denken abhängt.

Alle Lehrer unseres Volkes sind Abiturienten. Was und wie die Höhere Schule lehrt, wirkt sich auf die gesamte Volksbildung aus.

Ich bleibe in meiner Betrachtung vorwiegend bei der Physik. Nicht weil ich sie für die maßgebende Naturwissenschaft hielte, sondern weil ich leider nur hier Bescheid weiß.

I.

Lassen Sie mich in einem ersten kritischen Teil das so unglücklich ausgereckte Verhältnis zwischen dem naturwissenschaftlichen Unterricht der Höheren Schule und der Naturlehre (und Naturkunde) der Volksschule gleich mit hineinnehmen und genauer betrachten. Es scheint, daß hier Vorstellungen, die in der Naturwissenschaft wie in der Pädagogik längst überwunden sind — Vorstellungen von Physik, vom Kinde, von Schule — im öffentlichen Bewußtsein verharren und von da aus versteifend in die Schule hineinwirken.

Physik gilt den meisten Menschen als eine absolut vorurteilslose und voraussetzungslose, also „objektive“ Wissenschaft, die an den Tag bringt,

wie die nicht belebte Natur „eigentlich“ („von sich aus, in Wirklichkeit“) „ist“: eine Inventarisierung. Ihre Methoden erscheinen, weil mathematisch, Vielen zwar dunkel (eine oft zu hörende Wendung: die Wissenschaftler haben „ausgerechnet“), aber als Hauptergebnis drängt sich dem öffentlichen Bewußtsein ein optimistischer Eindruck auf: Die Natur ist — wenigstens in ihrem unbelebten Teil schon jetzt — verfügbar.

Das heißt: Technik und Physik werden nahezu identifiziert. Die Natur tritt immer mehr in den Hintergrund: Bei „Physik“ denkt man heute an Maschinen, Apparate, Laboratorien, Formeln. Im Walde sucht sie Niemand. Andererseits aber greifen die Maschinenvergleiche auf Gebiete über, die mit Physik nichts Wesentliches zu tun haben: „Physikalismus“. Man versteht und „überholt“ seinen Körper nach dem Vorbild des Motors.

Aber nicht alle lieben Physik. Viele Schulumädchen besonders nicht. Sie finden, sie sei ein trockener Greuel. Und manche Lehrer finden sich damit ab und meinen, Physik läge den Mädchen nun mal nicht.

Und die *Kinder* überhaupt: Wie sieht man ihr Verhältnis zur Physik? Trotz ihrer, der Kinder, Faszination durch die Gebilde der Technik und ihrer uns Älteren oft unheimlichen Plastizität in der Anpassung an sie, trotzdem man weiß, daß — wie Spranger ¹⁾ sagt, — das „Knabenalter“ ein „brennendes Interesse“ zeigt dafür, „wie man Dinge macht“, wird Physik selbst, auch bei Pädagogen, oft für kinderfremd gehalten. In einem modernen pädagogischen Lexikon heißt es:

„Der Weg von der jugendlichen Umwelterfahrung bis zur Erkenntnis rationaler Zusammenhänge ist für die Schüler jeden Alters schwierig, muß aber zurückgelegt werden, wenn keine Ersatzphysik geboten werden soll... das Kind muß am Anfang einer seiner geistigen Reife angemessenen aber straffen Führung unterworfen werden, bis es in der ihm vollkommenen neuen, streng gefaßten, physikalischen Begriffswelt eigene Schritte zu gehen vermag.“ ²⁾

Eine angesehene Methodik ³⁾ der Physik für Höhere Schulen schreibt, daß der Schüler „unvorbereitet“ in den ersten Physikunterricht komme, daß er „seine Hand ebensowenig zu gebrauchen verstehe wie seine Sinne“. Er könne ja nicht einmal mit einem Lineal oder einem Stativ umgehen.

Eine Kluft wird also oft gesehen zwischen einer begrifflich so hoch gezüchteten, abstrakten, mathematischen, systematischen Wissenschaft und den Kindern. Sie erscheinen wie „unterentwickelte“ Wesen mit „beschränkter Auffassungsgabe“, durch magische und emotionale Trübungen noch lange unfähig, die Welt so zu sehen, wie sie — angeblich — „ist“.

Die *Volksschule*, meinen deshalb manche Lehrer, da sie so lang nicht warten kann, sollte sich ehrlich beschränken auf das sogenannte „volks-

tümliche Denken“ des lebensklugen, gemeinen Mannes, jenes praktische, konkrete, situationsgebundene, von dem sie sagen, es führe kein Weg von ihm zum wissenschaftlichen Denken hin. Daneben mehren sich Bestrebungen, zur Physik selbst vorzudringen. Dabei wird allerdings bisweilen die Höhere Schule gerade in fragwürdigen Zügen nachgeahmt: Messen allein tuts nicht.

Zu einer geordneten Zusammenschau der physikalischen Naturgesetzmäßigkeit scheint es in keinem Fall recht zu kommen. Sehr Vieles wird zwar berichtet und auch veranschaulicht — etwa das Kopernikanische System oder das Atom — ohne doch dadurch allein schon verstanden sein zu können, wenn wir das Wort „Verstehen“ ernst nehmen, im Sinne eines bruchlosen, heilen Angliedern an das ursprüngliche und uneingeschränkte Einvernehmen mit der Natur.

Die *Höhere Schule* dagegen, mehr logisch als pädagogisch gestimmt, wartet; überläßt das „brennende Interesse“ der Elf- bis Zwölfjährigen sich selber und beginnt dann, wenn die Volksschule aufhören muß. Sie wartet: auf die Erfüllung von Voraussetzungen: der Fähigkeit zur Abstraktion und die mathematischen Vorkenntnisse, die sie inzwischen ansammelt. Sie verfährt recht systematisch. Bisweilen beginnt sie sogar mit einem Vorkursus der Grundpraktiken (etwa: Wägen — um des Wägens willen) und der Grundbegriffe.

Sie beginnt also, gemessen am spontanen Denken des Kindes, *zu spät*, zugleich aber in ihrem Bemühen um die Systematik, Mathematisierung und Theoretisierung, *zu früh*. Nur so kann der Gymnasiallehrer rationell und ohne logische Gewissensbisse das ihm bevorstehende Stoffgebirge einigermaßen termingerecht durchmessen. Ein Inventar muß vollständig sein. Ein solcher Unterricht kann, physikalisch gesehen, wissenschaftlich sein; pädagogisch gesehen ist er es nicht. Und *schließlich* auch physikalisch nicht: Wer die fachliche Wissenschaftlichkeit am Anfang verfrüht, der büßt sie am Ende ein.

Denn die eilige Häufung nur obenhin (bis morgen) „verständener“ lokaler Exaktheiten verstopft den Durchblick auf die einfachen Zusammenhänge, die der künftige Volksschullehrer gerade braucht. Aber *sein* Lehrer, der Gymnasiallehrer, kann es sich gar nicht leisten, die von ihm ungeahnten Fragen und die so scheuen wie klugen Gedanken der kindlichen Geister (die das wirkliche Verstehen ja erst *einlassen*), zu Wort kommen zu lassen. So bleiben *ihm* diese Gedanken verborgen, den *Kindern* die Antworten darauf, und *beiden* die Scheinhaftigkeit ihres gemeinsamen Tuns. Was „hängen bleibt“, sind meist exakte Merksätze wie „Auftrieb gleich Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge“. *Warum* man aber im Wasser so leicht wird, weiß kaum ein Abiturient, wenigstens nicht auf einfache Weise, zu sagen. Verborgen bleibt es also, bis — nun: bis dieser Abiturient als Volksschullehrer Naturlehre unterrichten möchte oder sich auf der pädagogischen Hochschule darauf vorbereitet.

Was ich in meinen Übungen und Vorlesungen in Jugenheim seit Jahren genau sehe, und was mir von den Kollegen anderer pädagogischer Hochschulen durchweg bestätigt wird, ist eine — leicht zu dokumentierende *) — fast vollständige Unwissenheit der Abiturienten gerade über das Elementare. Sie würde die Physiklehrer der Höheren Schule alarmieren, wenn es gelänge, sie ihnen zum Bewußtsein zu bringen. Aber kann ich erwarten, daß die Kollegen der Höheren Schule mir glauben, was mich selbst doch in jedem Semester neu entsetzt? Kaum zu glauben, aber wahr, daß etwa ein Viertel unserer Abiturienten für die Mondphasen den Erdschatten verantwortlich macht. Sie haben nicht gelernt, hinzusehen. Was hier versagt, ist nicht der einzelne Abiturient, nicht sein Lehrer oder seine Schule, es ist ein Versagen der Verfassung, in welche die Höhere Schule überhaupt allmählich — aber schon lange — geraten ist. Es bedeutet nicht, daß sie eine ihr zu Unrecht zugeschobene zusätzliche Aufgabe, hier eine berufliche Ausbildung der Volksschullehrer, nicht annimmt, sondern daß sie ihre eigene Aufgabe nicht mehr lösen kann. Wenn der Lernende das Gelernte nicht so verstanden hat, daß er es — nach Möglichkeit — auch einfach sagen kann, dann hat er es eben *nicht* verstanden, trotz mathematischer Verbrämung und theoretischer Verhüllung †).

Das Verhältnis Volksschule — Höhere Schule scheint mir also unheilvoll verkoppelt zu sein: Die Höhere Schule scheut vor dem Kinde, und so muß die Volksschule vor der Physik scheuen. — Die Höhere Schule denkt „von oben her“ †), deshalb können ihre Schüler später nicht mehr „von unten her“ lehren.

So lange das nicht anders wird, *kann* der Naturlehre-Unterricht der Volksschule nicht in Ordnung kommen. Didaktik ist ja schließlich nicht die Lehre davon, wie man etwas lehrt, wovon man *Nichts* weiß.

Es ist hohe Zeit, daß die Dozenten der Pädagogischen Hochschulen und Lehrer der Höheren Schulen sich dieses Schadens gemeinsam annehmen. Bis dahin müssen die Pädagogischen Hochschulen es zusätzlich auf sich nehmen, die Scheinkenntnisse der Abiturienten auszuroden und eine Lichtung behutsam aufzuforsten. (Das kann nur exemplarisch geschehen.) Diese Mängel hängen damit zusammen, daß gegenüber den physikalischen, erkenntnistheoretischen, anthropologischen und pädagogischen Einsichten der letzten fünfzig Jahre eine so beharrliche Institution wie die „Verwaltete Schule“ ins Hintertreffen geraten mußte, und natürlich im naturwissenschaftlichen Unterricht, der noch keine rechte Tradition hat, besonders.

Es hat leider erst der sogenannten Sputnik-Krise bedurft, um diesen Rückstand ins öffentliche Bewußtsein zu bringen; aber in einer so gefährlichen Vereinfachung, daß wir uns hüten müssen, — mit dem Hinweis auf die (unzweifelhaft) fehlenden 50 000 Ingenieure — *nichts* zu fordern als: *mehr* Physik und Technik in den Schulen. Ich meine dagegen: vor allem *anders!*

Der naive Ruf nach bloßem Mehr droht nämlich zwei wichtige, und zum Glück allgemein akzeptierte Zielsetzungen über den Haufen zu werfen: 1. eine konstruktive Stoffbeschränkung ist unumgänglich, 2. allgemeinbildende Schulen dürfen keine Fachschulen werden.

(Der „Deutsche Ausschuß“⁷⁾ schreibt — sogar für die Realschule —, daß die Schule, die „Verantwortung für die Wahrheit, nicht nur für die Verwertbarkeit der Dinge zu bewirken habe“.)

Das hängt nun zusammen mit dem, was ich die *Korruption* des Naturverstehens in unserer Zeit nennen möchte, etwas noch nie Dagewesenes. Der Zustand nämlich, daß dem Kind, zunächst außerhalb der Schule, der Beweggrund des Nachdenkens, das Staunen, verschüttet wird: Das Kind wächst auf in der Gesellschaft undurchschaubarer, aber bedienbarer, technischer Wunschfüller — von der ferngelenkten Puppe bis zum Fernsehapparat — und unter einem Regen öffentlicher Popularisierungen, die sich verständlich geben, in Wahrheit aber versimpelt, nebulos, oft falsch sind.

Wenn nun Derartiges gar in die *Schulen* selbst einzudringen beginnt (durch technisch allzu perfektionierte Lehrmittel, und infolge eines durch kein Phänomen motivierten Geredes etwa von Atomen, weil die Kinder das ja schon „wüßten“), so ist das ein Zugeständnis an die außerschulische *Korruption* des Verstehens.

Das Kind wird durch solches sogenanntes „Lernen“ verhindert, das Wichtigste zu lernen: Was es in der Naturwissenschaft heißt, eine Sache zu „verstehen“: jener elementare Akt der Erhellung, der zugleich Bescheidung wie Ermutigung bedeutet.

Damit besteht höchste innere Gefahr. Die Furcht vor äußeren Gefahren kann uns für sie blind machen. Es gibt auch eine innere Okkupation.

II.

In einem II. Teil möchte ich jetzt andeuten, wie ich glaube, daß wir heute Physik, das Kind und beider Verhältnis zueinander für die Schule sehen sollten.

Physik ist nicht entfernt eine vorurteilslose Bestandsaufnahme, die beanspruchen könnte, eine „einzig wirkliche“ Natur „festgestellt“ zu haben. Sie ist eine bestimmte *einschränkende* Verstehensweise, die eine *geordnete Behandlungsart* voraussetzt: das *eingreifende* „Experiment“. Dabei geschieht der Natur etwas, und zugleich geschieht dem Menschen etwas. Es verändert sich das Bild der Natur in uns, und zugleich kommen wir selber in eine besondere Verfassung zu ihr hin.

Es ist die *Verwandlung*, die der Mond erleidet, wenn er aus dem freundlichen Gefährten unserer Nächte eine Kugel wird, vom Radius r , von der Masse m , der Geschwindigkeit v usf. Eine *einschränkende* Verwandlung, ein Verlust an Wirklichkeit.

Das Ergebnis dieses Vorgehens ist eine Distanzierung, eine Auseinandersetzung. Ursprünglich, als Kind, auch als Primitiver, ist der Mensch viel inniger in die Natur verschlungen, mit allen seinen und ihren Wesenszügen. Physik entsteht, wenn er sich dieser Umarmung entzieht und alle seine „Arme“ zurückzieht außer dem des messenden Verstandes. Mit diesem, dem logischen „Arm“ hält er sie, wenn man so sagen darf, nun von sich ab, und sieht sie dann, wie wir sagen, „objektiv“. Denn es ist diejenige Distanzierung, in der wir alle einig werden können, weil die Natur hier einer rein logischen Inquisition unterworfen wird ⁹⁾).

Objektiv sein heißt also nicht: voraussetzungslos sein. Die Voraussetzung ist die, daß nur Fragen zugelassen sind, deren Antwort in Zahlen gegeben werden kann. Aber „eine verkürzte Welt und objektiv zu sein, bedeutet keinen Vorrang an Wirklichkeit“ ⁹⁾).

Die qualitätslose, physikalisierte Natur ist, wie Eddington sagte, eine „Schattenwelt“. Sie zeigt nicht ein Bild, von dem man sagen dürfte, daß Natur so und nur so „eigentlich sei“. Sie zeigt nur, wie Natur antwortet, der quantifizierenden Inquisition mit Ja oder Nein antwortet. Sie gibt einen *Aspekt* der Natur.

Wird sie als bare Münze, als, wie Litt einmal sagt, „Abklatsch“ der Natur unterrichtet, so führt sie zu einer den Menschen verarmenden, die Natur verödenden Benommenheit oder zur Spaltung: beides Gegensätze zur „Bildung“. Das schließt nicht aus, daß — Arbeitsunterricht vorausgesetzt — Beobachtungsfähigkeit, logisches Denken, Gewissenhaftigkeit und fachliche Schulung gedeihen, und die — vermeintlich voraussetzungslos gewonnenen — Ergebnisse den Lernenden beeindrucken können.

Als Aspekt erfahren, dagegen, bringt sie die vielen Sprachen, in denen Natur zu uns spricht, *nicht* als „Illusionen“ zum Verstummen. Es tritt nur eine neue Sprache hinzu. Bescheiden, insofern sie nicht eine Wesensaussage zu sein beanspruchen kann, aber sehr artikuliert, jedem verständlich und — in Grenzen — Macht verleihend.

Bildend unterrichten heißt: den Aspektcharakter — in der Volksschule: spüren, in der Höheren Schule: erkennen lassen. Nur wer Physik als eine *beschränkende* Sicht erfährt, kann durch sie in seiner Bildung *bereichert* werden.

Das wäre ein *erstes „Funktionsziel“* des Physikunterrichts. Zu dem seit 50 Jahren angenommenen Grundsatz, daß Physik nur im Selber-Tun des forschenden Experimentierens gelernt werden kann, sollte also, meine ich, dies hinzutreten: Der Lernende muß auch „*wissen, was er tut*“.

Ich glaube damit dasselbe zu wollen, was C. F. v. Weizsäcker in seiner Goethe-Rede ¹⁰⁾ in die — wie er selber sagt — etwas überspitze Form gebracht hat: „Können wir hoffen, die Atombomben oder die Ernährung von drei Milliarden Menschen zu meistern, wenn niemand unter uns lebt, der versteht, wie Goethe sich zu Newton verhält? Ich würde denken wir können es nicht hoffen.“

Und zwar meine ich es in dem bescheidenen Sinn, daß der Lehrer von dieser Aufgabe wissen muß. Dann wird er, selbst in der Volksschule, eine Ahnung davon ausstrahlen.

Das Ziel erscheint hoch, und mancher wird annehmen, es könne nur in einer abschließenden studium-generale-Schau der gymnasialen Oberstufe berührt werden. Ich halte für möglich und notwendig, daß es auf allen Stufen vorbereitet wird. (Ich komme darauf zurück.)

Ein zweites „Funktionsziel“ hängt eng mit dem ersten zusammen: Daß die Natur den quantitativen Anruf sozusagen „erhört“, darauf eingeht, ist ein im höchsten Maße staunenswertes Faktum. Heisenberg ¹¹⁾ hat eindringlich erzählt, wie ihm schon in der Schule eben Dies einen unvergänglichen Eindruck hinterlassen hat: daß gewisse natürliche Abläufe mathematisierbar sind.

Einstein sagt es so: Das Unbegreiflichste an der Natur ist ihre Begreifbarkeit.

Physik erweckt also Vertrauen. Eine fundamentale pädagogische Kategorie. Dies erstaunliche Vertrauenkönnen nicht durch oberflächliche Gewöhnung zu verschütten, sondern durch eindringliche und „exemplarische“ Betrachtungen zu eröffnen, ist ein zweites Funktionsziel. Sonst töten wir das Staunen, statt es zu erhöhen.

Es wird, meine ich, jetzt deutlich, daß das physikalische Vorgehen eine pädagogische Dimension in sich trägt: Es verwandelt den Menschen. Es erweckt Vertrauen. Es verleiht Macht. (Das Vertrauen kann zum Übermut führen.)

Betrachten wir nun diese Macht: Daß Physik der — in Grenzen — gelingende Versuch einer determinierenden Behandlungsweise ist, hat Kant etwa so formuliert: Wir verstehen nur das, was wir machen können. Genau: „denn nur soviel sieht man vollständig ein, als man nach Begriffen selbst machen und hervorbringen kann“ ¹²⁾.

Physik ist also — im Ansatz schon — tatsächlich eine *bemächtigende* Wissenschaft. So wie der Mensch ist, mußte die Technik folgen.

Gerade deshalb erscheint es mir heute ungemein wichtig, alle Kinder zu lehren, daß trotzdem die *innere* Haltung des Forschers von der *inneren* Haltung des Erfinders grundverschieden ist. (Was wir leicht vergessen, wenn wir heute die Technik im Dienste der Forschung sehen.) Der Forscher entdeckt immerfort Unerwartetes und Überlegenes. Der Erfinder dagegen weiß von vornherein, was er will, und was geschehen kann. Er arbeitet mit Unterlegenem (womit die, bisweilen gewaltigen, „technischen“ Schwierigkeiten nicht gemeint sind). Mit anderen Worten: Der Forscher fragt: Wer bist du? — Der Erfinder drängt: Willst du wohl!

Technik setzt gelungene Physik voraus. — *Naturam parendo vincimus*, sagte Bacon. Die sogenannte „Naturbeherrschung“ ist nichts anderes

als das mühsame und sorgfältige, ständige Überwachen dieses Einfügens, dieses Gehorchens. Wir müssen (auf die Dauer) „immer dabeistehen“, bei unseren Maschinen.

Daraus ergibt sich *Funktionsziel III*: Das Kind sollte das forschende Denken vom erfindenden Denken unterscheiden lernen. Sonst unterscheidet es nicht mehr das Gemachte und das Geschaffene.

Die Werbungssprache zeigt den Verfall schon an: „Es ist gelungen einen neuartigen Zigarrenanzünder zu ‚schaffen‘“.

Anders gesagt: Die technische Faszination darf dem Kinde nicht die Wirklichkeit der reinen Natur verbergen. — Das ist nicht romantisch gemeint. Der Unterricht kann dazu beitragen, indem er Naturkräfte nicht nur als zu unterwerfende mit dem feststellenden Dompteurblick anzustarren lehrt, sondern mit dem erwartenden Blick auf eben *nicht* zu unterwerfende, aber unsere begrenzte Einfügung erlaubende. Es darf nicht dahin kommen, daß die Schule den Machttrieb zum alleinigen Spannungsfaktor des Naturverhältnisses herausbildet. Ich bin überzeugt, daß wir ins Verderben gehen, wenn uns die Natur als das auch uns selber tragende Geheimnis verloren geht, oder wenn wir dieses Geheimnis nicht in eine klare rationale Beziehung setzen zur Technik und zur Physik: eben als dem Aspekt einer *beschränkenden Ermächtigung*.

Nun das *Kind*.

Daß es eine Kluft geben solle zwischen ihm und der Physik und, was dasselbe ist, eine Kluft zwischen dem volkstümlichen und dem wissenschaftlichen Denken, habe ich nie einsehen können aus demselben einen Grund: Wie hätte denn Physik je entstehen können, wenn nicht aus dem volkstümlichen Denken jener Männer, die in dem großen Rausch des 17. Jahrhunderts die Möglichkeit der Physik entdeckten, und die doch, samt ihren 2 000jährigen Ahnen, alle auch einmal Kinder waren? Sie muß in ihnen erwacht sein. Sie liegt im Menschen.

Galilei sagt es ausdrücklich selber ¹³⁾: „daß die bewunderungswürdigste und schätzbarste Eigenschaft der demonstrativen Wissenschaften das Hervorquellen und Hervorkeimen aus ganz bekannten gemeinverständlichen und unbestrittenen Prinzipien sei“, und seine Discorsi beginnen mit einem Problem des Schiffbaus. Auch braucht man ja nur mit den Kindern zu reden, das heißt: auf sie zu hören, um zu spüren, daß sie auf dem Wege zur Physik sind, nicht nur zur Technik, und daß sie auf dem Wege stehen und „warten“, daß wir sie abholen. Auch die kleinen Eskimos und Amazonas-Indianer. Allein können sie es nicht. Sie brauchen unsere, der geschichtsbeladenen Erwachsenen Hilfe dazu.

Nur helfen wir ihnen nicht, wenn wir ihre Impulse nicht aufnehmen. Die gehen freilich noch nicht gleich auf Messen, Mathematisierung und System; sie erwarten nicht das, was *wir* als Voraussetzungen eines syste-

matischen Weges ansehen. Sie gehen das einzelne Staunenswerte an, das sie in Elementarakt des Verstehens aufzulösen versuchen, wo auch immer es ihnen begegnet, im Rahmen irgend eines „Gesamtvorhabens“. Sie sind zunächst Gelegenheitsdenker, aber was für welche! Und schon vor dem 12. Jahr, in welchem sie etwa die Phase des volkstümlichen Denkens erreichen. Ihr Denken beginnt schon eher sich zu regen, sowohl das bemächtigende wie das nachsinnende (wenn wir es ihnen nicht abgewöhnen). Der Magnet ist ihnen Bestandteil des Motors nicht nur, sondern auch Geheimnis.

Das magisch-animistische Verstehen wird ja vom Kinde nicht abgeworfen wie eine Haut, sondern langsam ins Innere zurückgenommen. Schon früh, in dem, wie mir scheint, besonders intelligenten fünften Lebensjahr, gibt es inselhafte Einsichten, die auf das naturwissenschaftliche Denken hinzielen. Das Kind kann dann schon einer Frage nachgehen, wie der, ob der Vogelruf, und ob auch das Murmeln des Baches, „einfach da“ sind, oder ob sie wie der Ball durch die Luft angefliegen kommen, so daß es eine Weile dauert, bis man sie hört. Leidenschaftlich können sie solchen Fragen nachgehen und doch noch jahrelang unzugänglich sein der Zumutung, dergleichen zu messen, in Begriffe zu verflüchtigen oder auf das Schnürchen der Systematik zum Trocknen aufzuhängen. Wir sollten es aufnehmen, was sie uns da bringen, und mit ihnen sprechen in ihrer Sprache und in ihren Begriffen.

Wir wissen darüber noch nicht viel. „Es gehört“, sagt Litt ¹⁴⁾ „zu den vordringlichsten Aufgaben der philosophischen Anthropologie, das Wesen des Vorgangs bloßzulegen, in dem sich die rechnende Naturwissenschaft aus dem Schoße des vorwissenschaftlichen Welterlebens hervor-bildet.“ Wertvolle Ansätze liegen aber schon vor: Wir können, was wir wissen wollen, unmittelbar nur von den Kindern erfahren, und am besten aus dem zurückhaltenden (und von ihnen nicht bemerkten) Betrachten ihres — nicht korrumpierten — Tuns und Miteinander-Redens.

Zweitens können wir es erfahren aus den Aufzeichnungen der Pioniere der erwachenden Naturwissenschaft des 16. und 17. Jahrhunderts.

Nicht so sehr die letzten Ergebnisse, als die ersten Regungen, die Ursprünge, der Naturwissenschaft gehen uns Lehrer an.

Wenn wir Physik als Aspekt verstehen und lehren, so müssen wir uns freimachen von dem Dünkel, das Kind bringe ein beschränktes und falsches Bild der Natur mit in die Schule, und wir hätten nun die Pflicht, es auszumerzen und es durch das „allein wahre“ der Naturwissenschaft zu ersetzen. Wir wissen vielmehr, daß das Kind erfahren, geschickt und nachdenklich und von jeher im Geiste beheimatet, ein anderes Naturbild mitbringt, und zwar ein reicheres als das physikalische ist, zu dem wir es beschränken.

An Stelle der Verfrühungssucht sollten wir uns bemühen um die „Bewahrung der Frühstufen“, weil, wenn ich einen Satz von Spranger auf

unsere besondere Frage anwenden darf: „weil in ihnen etwas für die reife Stufe Unentbehrliches sich ausbildet, das als Fundament erhalten bleiben muß, andernfalls verkümmern Kräfte, deren auch die reife Kultur noch bedarf“¹⁶⁾.

Das ist das Prinzip des „Verwandelt-Bewahrens“, wie Spranger es nennt. Achtung der Frühstufen heißt hier: nicht romantisches Verlängern, auch nicht einfach abwarten (wie es die Höhere Schule tut), sondern die spontanen Ansätze der Übergangszeit aufnehmen, sich dabei aber noch nicht an den Intellekt *allein* wenden, als wäre er in der Isolation überhaupt zu bilden.

III.

Ich komme nun in einem III. Teil zu einigen praktischen Vorschlägen, lose aneinandergereiht, in der Hoffnung, daß sie sich ohne weiteres aus dem Gesagten ergeben:

1. Ich sehe drei Zugänge zur Physik:

- a) von der Natur aus: der „natürlichste“, heute aber oft verbaut,
- b) von zunächst undurchschaubaren technischen Geräten aus: faszinierend, aber nicht leicht,
- c) von Handwerk und Werkzeug her: der leichteste, auch früheste: Hier wird schon rational verstanden, wenn Natur und Maschine noch magisch umwittert sind.

2. Trotzdem: Die *technische* Berücksichtigung der Jugend aufnehmen. Also auch mit *technischen* Geräten — nicht zu hoher Komplikation — beginnen. Aber nicht als „Anwendung“ vorher behandelter physikalischer Gesetze, sondern umgekehrt: als Weg zu ihnen, das heißt aber: *im technischen Gerät die Natur ausgraben*. Unverstandene Technik erzeugt falsche Magie. Mißverstandene Physik entzaubert die Natur. — Recht verstandene Physik entzaubert die Maschine und tastet den Zauber der Natur nicht an.

3. Die Kinder *einmal*: rein *forschen* lassen: „Wie hängen Elektrizität und Magnetismus zusammen?“, ein *andermal*: rein *erfinden* lassen: „Wie erfinde — nicht bloß: ‚baue‘ — ich einen elektromagnetischen Selbstunterbrecher für eine Strombahn?“

4. Einige notwendige Eigenschaften des Physik-Lehrers:

Er sollte der ganzen Natur verbunden sein, nicht nur der Physik und nicht nur der Technik.

Er darf kein Verächter der Technik sein.

Er sollte unbedingt einen Klassiker der aufkommenden Naturwissenschaft an der Quelle gelesen haben (Kopernikus, Galilei, Kepler, Guericke, Pascal, Newton).

5. *Beginn*: im „Freien“ oder in der Werkstatt lieber als in der Schule.

6. *Beginn*: So früh, wie sich bei einem situationsgebundenen Gesamtverhalten in den Kindern Ansätze zeigen.

Später (etwa im 7. Schuljahr) Abgliederung einer noch „ungefächerten Naturbetrachtung“.

Das heißt nicht: Zusammenfassung von Fächern, die für das Kind schon bestehen, sondern: Entfächern. Ein See, als Thema, kann spüren lassen: Die „Fächer“ behandeln nicht verschiedene Dinge, sondern sehen die Dinge unter verschiedenem Aspekt. Natürlich auch in der Höheren Schule ¹⁶⁾ (eine Aufgabe für die „Förderstufe“).

7. Sobald es physikalisch wird:

Einzel-Akte, *Einzelkristalle des Verstehens*: pflegen, aufschreiben, sammeln. „Verstehen“ heißt: Erstaunliches als etwas anderes, längst Vertrautes, wiedererkennen: Der Schall kommt angelaufen wie ein Ball. Kein Wunder, daß die Milch nicht aus dem Eimer fällt, den ich mir über den Kopf schwinge: auch ohne Eimer flöge sie ja im Bogen weiter.

8. Nie Messen um des Messens willen!

Erst dann, wenn die Sache es verlangt, um eine Frage zu beantworten. Ein kleines Landerziehungsheim weiß ich, da bauten die Kinder mit dem Lehrer ein kleines Schwimmbecken. — Im April war es fertig. Die Buben wollten sofort hinein. — Ihr werdet ja zu kalt! — Aber wir können doch aus dem neuen Heißwasserspeicher 80 Liter kochendes Wasser hineingießen! — Gut! machen wir! — Das führte, unter anderem, zu Messungen, sogar zur Calorie.

9. *Mathematisierung*, Formeln. *Lichtenberg*, der es wissen muß, sagt:

„zu glauben, daß . . . Mathematik zur Physik absolut notwendig sei, ist Torheit; denn wo dieses wirklich stattfindet, hat der Mensch schon das Beste gefunden. Es dahin zu bringen, daß er es dem Mathematiker übergeben kann, das ist die Sache . . .“ ¹⁷⁾. Die Mathematisierung ist die letzte Stufe. „Je mehr ich einen Gasvorrat zusammenpresse, desto mehr wehrt er sich“. Daraus kann mehr Verstehen sprechen, als dem gelerntem oder sogar gemessenen „ $p \cdot v = \text{const.}$ “

Solche *Wenn-dann-Formulierungen*, *Je-desto-Überlegungen* bezeichnen eine legitime Stufe wissenschaftlichen Denkens. — Die Physiker nennen sie „*qualitativ*“; leider, denn sie ist natürlich auch schon quantitativ. Die Höhere Schule achtet sie gering. Die Volksschule hält sie deshalb bisweilen für eine kindliche Stufe. Sie ist es nicht.

Einstein erinnert sich:

„Auch ich hatte das Glück“ (zwischen 12 und 16) „die wesentlichen Ergebnisse und Methoden der gesamten Naturwissenschaften in einer vortrefflichen, populären, fast durchweg aufs Qualitative beschränkten Darstellung kennen zu lernen“ ¹⁸⁾.

Sie hat ihm offenbar nichts geschadet.

10. Umso wichtiger: die *Sprache*.

Der sogenannte „exakte Ausdruck“ und die sterile Fachsprache sind

etwas, das schließlich *auch* gekonnt sein soll. Das erreicht man aber nicht durch fettgedruckte und auswendig gelernte Merksätze. Nicht durch sprachliche Korrekturen - in - flagranti eines Kindes, das in den ehrwürdigen Stand des stammelnden Denkens vorgedrungen ist. Sondern man erreicht das *zuletzt nebenbei*, wenn man zuerst an Wertvolleres denkt: Daß die Kinder in ihrer eigenen lebendigen Sprache reden und schreiben. Wenn ein Siebenjähriger, mit Magnet und Nagel spielend, ausruft: „Das hopft schon, wenns noch weg ist“¹⁹⁾, so ist das unübertrefflich. Und Dialekt ist nur förderlich.

Aufsätze dieser Art brauchen wir. — Keine Furcht vor bildhafter Sprache. „hopft“ ist nicht schlechter als „Eine Kraft wirkt auf ihn“. *Knappheit* ist eine späte Tugend. Es kommt auf ganz etwas anderes an. Vergleichen wir das Leitungswasser des Lehrbuches: „Läßt man einen Magneten auf Wasser schwimmen, so stellt er sich in die Nord-Süd-Richtung ein“, vergleichen wir das mit dem Quellwasser eines Textes aus dem Jahre 1269, geschrieben von dem Kreuzritter Pierre de Maricourt²⁰⁾:

„Nimm ein rundes Holzgefäß . . . , lege dahinein den Magnetstein und dieses nun, mit dem Stein darin, setze in ein anderes großes Gefäß voll Wasser, so daß der Stein im ersten Gefäß sitzt wie der Schiffer im Schiff; das erste Gefäß aber sitze im zweiten, geräumigen, wie das Schiff auf den Wellen treibt: Der so gelagerte Stein dreht nun sein kleines Gefäß, bis der Nordpol des Steins gerade auf den Nordpol des Himmels zu steht und der Südpol gerade auf den Südpol des Himmels. Und, selbstverständlich, wird er, wenn er tausendmal weggedreht wird, tausendmal in seine Lage zurückgewendet.“

Das ist die Sprache der Ursprünglichkeit. Genau so wollen auch unsere Kinder schreiben lernen, genau so ursprünglich und genau so genau. Mir scheint, wir hindern sie daran. — Und wie *jung* darf man sein, um dieses Stück Physik zu sehen und zu beschreiben!

11. Kein *voreiliges* Vorerzählen von *Atomen, Elektronen* und ähnlichen Realitäten, die nicht auf der Wirklichkeitsstufe der handgreiflichen, der sichtbaren und hörbaren Phänomene stehen, sondern die erst im Denken aus ihnen gebildet werden wollen.

Ganz im Gegensatz zu dem eigenen Grundsatz: Erst das Experiment, dann die Folgerungen, erzählt selbst die Höhere Schule schon dem Anfänger von Molekülen, Atomen, Elektronen, ohne daß die Phänomene sie fordern. Die Volksschule macht es mit umso besserem Gewissen nach. Bedeutet das nicht das Eindringen der Korruption des Verstehens in die Schule selbst?

Statt der frühen Suggestion: „Ihr müßt euch vorstellen, in dem Draht fließen kleine Elektronen!“, sollte der Lehrer sagen: „Seht euch diesen glühenden Draht an, der da zwischen den Polen des Akkumulators ausgespannt ist: seht *ihr* etwas fließen? Seht *ihr* gar *Elektronen*? Paßt gut auf sie auf!“

Ich weiß wohl, wie schwer das ist: Darauf ist der Lehrer nicht vorbereitet, weil der Abiturient es nicht ist, und der nicht, weil der Studienassessor es nicht ist.

12. Das Verweilen bei den *Phänomenen* hindert nicht, schon *Zusammenhänge* zu sehen:

Anfangs glaubt jeder von uns, Wasser sei ein friedliches Element. Wenn es kocht, so nur deshalb, weil man ihm einheizt. Sieht man es aber im Vakuum *kalt* aufkochen, so bekommt die Sache ein ganz anderes Gesicht: Alles Wasser *will* kochen, von sich aus. Nur der Druck des Luftmeeres hält es nieder.

Hierzu paßt nun eine ganze Reihe anderer Phänomene: Siedepunktverschiebung, Verdunstung, Diffusion, Eigendruck der Gase, Brownsche Bewegung.

Ergebnis: Die so friedlich erscheinende Materie „hat es in sich“: einen geheimen Aggressionstrieb. Das ist die phänomenologische Seite der kinetischen Theorie der Materie. (Hier können wir manches von der Pädagogik der Waldorfschulen lernen.) ²¹⁾

13. Damit soll nicht gesagt sein, daß man Theorien, *Bildern*, Modellen, aus dem Wege gehen sollte: Dann nicht, wenn sie sich *aus der Sache* den Kindern *aufdrängen*. Kinder bilden gerne Theorien: Wenn ein ungeladenes Elektroskop, mit einem geladenen durch einen Draht verbunden, ebenfalls einen „Ausschlag“ bekommt, so rufen sie (in Darmstadt): „Ewwe isses eniwwegelaafe!“ (Eben ist es hinüber gelaufen!) Dieses „es“ ist die — durchaus unsichtbare — „Elektrizität“, Vorstufe der „Ladungsmenge“.
14. Vieles ist mit *einfachen Denkmitteln* zu verstehen, mehr als der Volksschullehrer wissen kann. Der Abiturient weiß im allgemeinen nicht, *warum* er Kopernikaner ist. Deshalb begnügt er sich später als Lehrer damit, das Kopernikanische System zu veranschaulichen, was noch kein Verstehen bringt. Hier im Aufsuchen vereinfachter, doch noch exakter, Beweisführungen liegt eine wichtige Aufgabe, bei der die Lehrer der Höheren Schule sehr hilfreich sein können ²²⁾.
15. Auf so geschichteten Denkwegen, mit einfachen Experimenten, fast ohne Mathematik, fast ohne Modellvorstellungen läßt sich so am Ende der Volksschule, im neunten oder zehnten Schuljahr, entsprechend am Ende der Mittelstufe der Höheren Schule, sehr wohl ein einfacher *Kanon*, ein Kompendium, errichten, in das die früher gesammelten Einzelkristalle des Verstehens (nebst einigem, was dann noch hinzugefügt und durchaus auch demonstriert, gelegentlich sogar „doziert“ werden darf) sich zusammenschließen.
- Das System ist der Volksschule nicht verschlossen. Nur steht es am Ende, ist nicht Lehrgang, sondern Ziel des Lehrgangs.

16. In diesen „Kanon“ hinein können *exemplarische* Tiefenbohrungen gelegt werden, die die vorhin genannten Funktionsziele (und andere) erhellen. Wie, kann nur in großer Ausführlichkeit gesagt werden. Da ich es an anderer Stelle ²³⁾ oft getan habe, darf ich mich hier mit diesem Hinweis begnügen.

17. Daß die Erde eine Kugel ist, das glauben zu machen, genügt keine Veranschaulichung (durch den Globus), aber auch exakte Beweisführung („man kann in allen Richtungen herumfahren“) genügt nicht, wenn sie zu dünn ist. *Zum Glauben gehört mehr als es-zugeben-müssen*. Es muß zutiefst *assimiliert* sein. Das Antipodenproblem ist nur für wenige Abiturienten so durchdacht, daß sie einem nachdenklichen Kinde, das zu früh davon gehört hat, die Angst nehmen könnten, nachts auf der Unterseite, abzustürzen.

18. Ich kenne kein sichereres Mittel, die Assimilation zu erreichen, als Knaben und *Mädchen* (nicht unbedingt gleichaltrige!) gemeinsam zu unterrichten und sich dabei nach den Mädchen zu richten. Dann wird es auch für die Jungen richtig. Denn das männliche Element in uns ist eher geneigt als das weibliche, das logische Verstehen abzuspalten, statt es auszugliedern. Daß den Mädchen eine — wohlassimilierte — Physik nicht liegen soll, kann ich nicht bestätigen. Und ich fand nicht, daß sie eine stärkere Assimilation brauchen als der Mann und Ritter von Maricourt.

Daß jetzt immer mehr Frauen Volksschullehrerinnen werden, erscheint mir in diesem Zusammenhang günstig.

19. Was kann der Lehrer, auch in der Volksschule, insbesondere tun, um die Physik als *Naturaspekt* erfahren zu lassen (außer den exemplarischen Tiefenbohrungen, sozusagen „unter der Hand“):

Er sollte sich nie so geben, als würden das frühere und ursprünglichere Naturverständnis, und ebenso spätere künstlerische oder religiöse Naturerfahrungen, durch die physikalischen Feststellungen als illusionär abgetan.

Er spreche nicht von den „scheinbaren“ Bewegungen der Himmelskörper, sondern mindestens von ihren „Bewegungen in Bezug auf uns“. Er überschreibe die Optik nicht: „Vom Wesen des Lichts“. Er sage nie (wenn auch Bacon es gesagt hat): Wärme sei „eigentlich *nichts anderes* als Molekularbewegung“.

Er spreche nicht von den magnetischen Kraftlinien, als seien sie Fangarme.

Er überlasse es nicht dem Deutsch- oder Religionslehrer darauf hinzuweisen, daß ein technischer Fortschritt zugleich, in anderer Hinsicht, ein Rückschritt sein kann. Ein geeignetes Beispiel ist das moderne Glockengeläut-ohne-Glocken. Automatisch angeschlagene kleine Bronzestäbchen geben Töne, die, elektronisch tausendfach verstärkt, von Glockentönen nicht zu unterscheiden aber billiger sind. „Es

ist ja auch *dasselbe*“, sagte der Erfinder: „Ton ist ja ‚nur‘ Lufterschütterung“. Dieses Argument zeigt den puren Physikalismus deutlich. — Kinder spüren leicht den Verlust: Man sieht die Glocke nicht mehr vor dem Himmel schwingen. Man sieht nicht mehr — wie in Italien oft — die bewegte Gestalt des Glöckners. Der ein anderer ist von Ort zu Ort, und der sich beim Läuten vielleicht etwas denkt. Dies alles hörte man mit.

Im Gymnasium Sorge der Physiklehrer, daß er nie so verstanden werde, als habe er gemeint: Die Farbe rot ist „eigentlich nur“ eine elektromagnetische Frequenz von 4.10^{14} Hertz.

Ich schließe: *Physik*, wünschte ich, würde unterrichtet als eine geschichtlich gewordene und im Kinde immer neu wieder werdende, besondere und einschränkende Verstehensweise der Natur. Es würde dann für den Lehrer die logische Haltung verschmelzen mit der genetischen und der psychologischen.

Vielleicht könnte das dazu beitragen — im Sinne des Rahmenplanes des Deutschen Ausschusses —, zu verbinden: die moderne Arbeitswelt und die europäische Bildungstradition.

Alles, was ich vorschlug, geht darauf aus, das Kind wirklich *verstehen* zu lehren, bis zum Verstehen des Verstehens. Der Verstehende ist dem nur Manipulierenden und nur Funktionierenden immer überlegen: Die Grundausrüstung für die praktischen Anforderungen ist beweglicher, und er selbst ist als Mensch geschützter.

Anmerkungen

¹⁾ Der Eigengeist der Volksschule, S. 23.

²⁾ Lexikon der Pädagogik, Bern 1951, Band II, S. 394 ff.

³⁾ Karl Hahn: Methodik des physikalischen Unterrichts, Heidelberg 1955, S. 90.

⁴⁾ Die Sammlung, 1952, S. 142 ff und 1955, S. 219 f. Im Besonderen: „Was bleibt unseren Abiturienten vom Physikunterricht?“ in: Zeitschr. f. Päd. 1960/1, S. 29.

⁵⁾ Es ist bekannt, daß auch die experimentelle Erfahrung der Abiturienten ganz unzureichend ist. Ich gehe darauf hier deshalb nicht so sehr ein, weil die Behebung dieses Schadens auf einer ganz anderen Ebene liegt. Es bedarf dazu des Verständnisses der Parlamente und ihrer Bereitschaft, wesentlich größere Geldmittel für die experimentelle Ausrüstung der Höheren Schulen und der Volksschulen bereitzustellen, und zwar am besten ausdrücklich für die elementarste Physik, und derart, daß jeder Schüler selbst experimentieren kann.

Ein engerer und freimütiger Kontakt zwischen Geldspendern, Verwaltern und Lehrern der Schulen wäre zu wünschen. Die sechs Millionen DM, die kürzlich den Höheren Schulen ausschließlich für Lehrmittel zur Kernphysik vom Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft im Einvernehmen mit der Ständigen Konferenz der Kultusminister zur Verfügung gestellt wurden, würden dem Verständnis schließlich auch der Atomphysik sicherlich mehr genutzt haben, wenn sie ohne Einschränkung, zur Hebung des Physikunterrichts überhaupt, verfügbar gewesen wären; etwa auch zur Einrichtung von Schülerübungen auf der Mittelstufe.

Es wäre aber ein Irrtum zu glauben, daß mit dem Selber-Experimentieren alles getan wäre. Es ist zwar eine notwendige Voraussetzung des wirklichen Verstehens, aber durch das Selber-Experimentieren allein ist das Verstehen noch keineswegs garantiert. Von dem, was außerdem nötig ist, spreche ich in diesem Vortrag.

⁹⁾ „Sie kommt also nicht von unten, sondern nach einem geläufigen Wort von oben her.“ Aus: Hochschulreife und Höhere Schule, Stellungnahme zum „Rahmenplan“ des Deutschen Ausschusses für das Erziehungs- und Bildungswesen. Hrsg. v. Hessischen Philologenverband, Gießen 1959, S. 1.

⁷⁾ „Rahmenplan“, 1959, S. 30.

⁸⁾ Vgl. hierzu: Theodor Litt: Naturwissenschaft und Menschenbildung. 3. Aufl., Heidelberg 1959. Clemens Münster und Georg Picht: Naturwissenschaft und Bildung, Würzburg 1954.

¹⁾ Hans Lipps: Die Wirklichkeit des Menschen. Frankfurt a. M. 1954, S. 124.

¹⁰⁾ Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 1. 9. 58.

¹¹⁾ Das Naturbild der heutigen Physik, Rowohlt's Deutsche Enzyklopädie. Bd. 8, S. 39.

¹²⁾ Kritik der Urteilskraft, S. 68. — Siehe auch Münster-Picht.

¹³⁾ Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 11, S. 77.

¹⁴⁾ Litt, a. a. O., S. 118.

¹⁵⁾ Spranger, a. a. O., S. 33, 50, 51.

¹⁶⁾ Vgl. Der math. u. naturwiss. Unt., VIII (1955/56), S. 282.

¹⁷⁾ Aphorismen, Insel-Bücherei Bd. 33, S. 51.

¹⁸⁾ Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher, Stuttgart. 1951, S. 5 f.

¹⁹⁾ Agnes Bannholzer: Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter. Tübinger Dissertation, 1936, S. 48.

²⁰⁾ Neudrucke und Schriften über Meteorologie und Erdmagnetismus, hrsg. v. G. Heldmann, Berlin 1897 Nr. 10, Rara magnetica.

²¹⁾ Hermann v. Baravalle: Physik als reine Phänomenologie. 3 Bände, Bern, Troxler Verlag — (Auch wenn man, wie ich, nicht Anthroposoph ist, wird man dem Spürsinn der Waldorf-Pädagogik, die ja vielfach auf Goethe zurückgreift, wertvolle Abweichungen vom Üblichen entnehmen können, die von den weltanschaulichen Grundlagen der Lehre Rudolf Steiners ablösbar sind.)

²²⁾ Für die Himmelskunde habe ich es versucht in: „Die Erde unter den Sternen“. München: Oldenbourg 1955.

²³⁾ Siehe etwa: Zur Klärung des Unterrichtsprinzips des exemplarischen Lehrens. In: Die deutsche Schule 1959, S. 402 ff.