

Bruno Redeker

## **Umlernen**

in: Aus Erfahrung lernen  
Anschlüsse an Günther Buck

Redeker, Bruno: Umlernen,  
in: Schenk, Sabrina, Torben Pauls (Hg)  
Aus Erfahrung lernen – Anschlüsse an Günther Buck  
Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn 2014

## Umlernen

Bruno Redeker

Anfang August 2013 jährte sich der Todestag Günther Bucks zum 30. Male. Als Torben Pauls und Sabrina Schenk um einen Beitrag zu diesem Erinnerungsband an Günther Buck anfragten, habe ich mit einer Zusage sehr gezögert.

Einerseits, mit Carl Friedrich v. Weizsäcker, der Phänomenologie und schließlich mit Martin Wagenschein waren Arbeiten Bucks eine der wichtigen Quellen meines Bemühens um eine wissenschaftliche Orientierung der Physikdidaktik – vor allem „*Lernen und Erfahrung*“.<sup>1)</sup> Andererseits, nach „*Martin Wagenschein phänomenologisch gelesen*“<sup>2)</sup>, bin ich mit didaktischen und pädagogischen Diskussionen nur mehr am Rande in Kontakt geblieben. Andere Aufgaben nahmen mich in Anspruch: Gründung und Aufbau der Carl Friedrich von Weizsäcker-Gesellschaften Deutschland, Österreich, Schweiz und die Errichtung der Carl Friedrich von Weizsäcker-Stiftung. Sie füllen auch heute noch den Tag. Das hinterlässt die eine und andere Spur auch in diesem Beitrag.

Zwei Überlegungen haben mich dann doch zu einem Beitrag bewogen: einmal die Möglichkeit, hinsichtlich des Lehrens und Lernens von Physik die anscheinend weitgehend vergessene, vielleicht auch verdrängte Aktualität Bucks für die derzeitige Diskussion sichtbar zu machen, speziell der Fachdidaktik – in Konturen wenigstens. Dieser Überlegung korrespondiert die Intention des hier vorgelegten Bandes, eine produktive Aufarbeitung und Weiterentwicklung der Arbeiten Bucks auf den Weg zu bringen. Sodann, *Zukunft der Bildung* ist einer der fünf Projektbereiche der drei Weizsäcker-Gesellschaften und der Weizsäcker-Stiftung. Ich komme zum Ende noch einmal darauf zurück.

### Ein Blick auf Günter Buck

Buck erinnert an Aristoteles: „*Alles* Lehren und Lernen geschieht aufgrund eines schon vorhandenen Wissens.“<sup>3)</sup> In einem großen, geistesgeschichtlichen Bogen, im Rückgriff auf Platon, Leibniz, Kant, Husserl, Heidegger und andere, differenziert Buck dieses immer schon vorhandene Wissen in ausdrückliches, gewusstes Wissen und vorgängiges, unausdrücklich wirksames Wissen, das sein Werk wesentlich in *unthematischer* Weise verrichtet – so wie die Grammatik einer Sprache, die gerade dann ihre Funktion optimal erfüllt, wenn sie sich im Reden und in der Botschaft des Redens verbirgt. In den Erfahrungs- und Verständnishorizonten eines solchen Vorverständnisses ist der Mensch, wie Maurice Merleau-Ponty z. B. sagt, immer schon „*zur Welt*“<sup>4)</sup> in der er anders wiederum allererst und vor jeder Analyse und Wissenschaft lernt, „was dergleichen wie Wald, Wiese und Fluss überhaupt ist.“<sup>5)</sup>

Untersuchungen zum Lehren und Lernen geschehen ebenfalls aufgrund eines schon vorhandenen Wissens. Zu diesem Wissen zählt vielfach ein unausdrücklich motivierter Vorgriff des Individuellen, geeignet, Lernen in so viele und vielfältige – „komplexe“ – Prozesse aufzulösen,

---

1) Buck, Günther: *Lernen und Erfahrung*. Stuttgart 1969; erweitert Darmstadt 1989

Hervorhebungen sind in der Regel Hervorhebungen von mir (B. R.), auch in Zitaten. Ausnahmen sind jeweils kenntlich gemacht.

2) Redeker, Bruno: *Martin Wagenschein phänomenologisch gelesen*. Weinheim 1995

3) Buck 1969, S. 31; 1989, S. 177

4) Merleau-Ponty, Maurice: *Phänomenologie der Wahrnehmung*. 1966, S. 7

Mit dem Begriff des Zur-Welt-seins wehrt Merleau-Ponty u. a. die These ab, die Realität der Wahrnehmung sei „nur auf die innere Kohärenz der ‚Vorstellungen‘ gegründet“. Vielmehr ist die Wirklichkeit der Welt „ein solides Gewebe“, das „unser Urteil“ nicht abwartet, „um seltsamste Phänomene sich einzuverleiben“ und „noch so wahrscheinliche Phantasien ... zurückzuweisen.“ (Ebd., S 6f.)

5) Ebd. S. 5

wie es Individuen gibt. Nun mögen wir Individuen im Sinne des Wortes unserer Biographie nach sein. Unseren Verständnis- und Erfahrungshorizonten nach sind wir es nicht! Das persönliche Bewusstsein der Einzelnen ist sowohl im soliden Gewebe der wahrgenommenen Welt verankert wie in einem gemeinsamen Bewusstsein der Vielen, „der Kultur“ (v. Weizsäcker). Modifiziert zwar, aber doch in typischer Weise nach Nation, Landschaft und Gesellschaftsschicht beispielsweise, nach Lerngeschichte, Tätigkeit und Sprache, von denen jede wiederum, „auch die abgelegenste“, als „Trägerin einer tausendjährigen Überlieferung“ angeeignet ist (Umberto Eco).

„Lernen und Erfahrung“ ist u. a. ein starkes Plädoyer, Lernen durch die Vielfalt der Ausdrucksformen und Facetten hindurch und gegen „eine ungeschichtlich gedachte Mannigfaltigkeit einzelner Leistungen“ wieder „als eine *einheitliche* Grundleistung des menschlichen Daseins“ zu begreifen<sup>6)</sup> und das Einheitliche dieser Grundleistung in der Charakteristik der Einheit von Lernen und Erfahrung.

Erfahrung hat Lernen nach Buck nicht lediglich *möglicherweise* zur Folge. Lernen ist vielmehr „im strengen Sinn ... *notwendige* Folge“ einer Erfahrung, ist „eine immanente Konsequenz der Erfahrung.“<sup>7)</sup> „Der Unbelehrbare ist nicht einer, der nichts dazulernt, obwohl er Erfahrungen macht, sondern einer, der keine Erfahrung macht, obwohl ihm so manches passiert.“ Dazulernen aber, beugt Buck vor, ist hier „nicht ein bruchloses Anfügen von Kenntnissen, sondern wesentlich ein *Umlernen*.“<sup>8)</sup> Und dieses Umlernen ist „nicht nur die Korrektur dieser und jener Vorstellungen, die man sich über etwas gemacht hat; es bedeutet auch einen Wandel der ‚Einstellung‘, d. h. des ganzen Horizontes der Erfahrung. Wer umlernt, wird mit sich selbst konfrontiert; er kommt zur Besinnung. Nicht nur gewisse Vorstellungen wandeln sich hier, sondern der Lernende selbst wandelt sich.“<sup>9)</sup> Welche „Erfahrungen ich künftig zu machen fähig bin, das hängt davon ab, ob und wie ich aus der vorangegangenen Erfahrung gelernt habe“<sup>10)</sup> umreißt Buck „die innere Rückbezüglichkeit der Erfahrung“,<sup>11)</sup> in der wir zugleich über unser Lernen mitlernen, ob und was wir u. a. gut, weniger gut, oder auch gar nicht lernen können.

Buck thematisiert Umlernen eher mit einem Seitenblick auf die Institution, die sich Lehren als Profession auf die Fahnen geschrieben hat. Sehr wohl aber untersucht er das Umlernen auf jene „eigentümliche Gangstruktur“ hin, „die wir einhalten müssen, wenn das Lehren Erfolg haben soll“<sup>12)</sup> und die sich auch in jener Selbstverständigung durchhält, die sich vor und außerhalb jeder methodisierter Anleitung zum Lernen immer schon vollzieht.<sup>13)</sup> Und diese Gangstruktur ist, darauf

6) Buck 1989, S. 9f; 1969 S. 13

7) Buck 1969, S. 17; Hervorhebung Buck

8) Ebd., S. 18; Hervorhebung Buck

9) Ebd., S. 44

Besinnung meint hier: Der Lernende wird derart mit sich konfrontiert, dass er auf das Besonnenen wird, „was er, wenn auch unausdrücklich, in der Erfahrung schon *selbst* verstanden hat.“ (Ebd., S. 17; Hervorhebung Buck) Damit reflektiert Buck u. a. „auf jene oberflächliche Entgegensetzung von Lernen und Selbstdenken, die bereits Hegel mit schneidendem Hohn“ in einem Brief an Niethammer „abgetan hat.“ Buck zitiert: „Das Verfahren im Bekanntwerden mit einer inhaltsvollen Philosophie ist nun kein anderes als das Lernen. Die Philosophie muß *gelehrt* und *gelernt* werden, so gut, als jede andere Wissenschaft. Der unglückselige Pruritus, zum *Selbstdenken* und *eigenen Produzieren* zu erziehen, hat diese Wahrheit in den Schatten gestellt; - als ob, wenn ich, was Substanz, Ursache, oder was es sey, lerne, - *ich* nicht *selbst* dächte, als ob *ich* diese Bestimmungen nicht *selbst* in meinem Denken *producierte*, sondern als *Steine* in dasselbe geworfen würden.“ (Ebd., S. 20, Hervorhebungen im Zitat vorgegeben.)

10) Ebd., S. 18

11) Ebd., S. 9

12) Ebd., S. 14

13) „Richard David Precht: ‚Stellt die Schule auf den Kopf!‘“ titelt DIE ZEIT in der Ausgabe Nr. 16 vom 11. April 2013. Wenn ich Precht recht verstehe, folgt er in seiner Kritik wie in seinen Vorschlägen genau dieser Grundüberzeugung: *dass sich Lehren und Schule nach dem Gang des Lernens richten* und das bis in die innere und äußere Architektur hinein (für ein Beispiel des Prinzips „Schule in Schule“ siehe auch „Open Schoolgemeinschaft Bijlmer“; [in: Redeker 1995, S. 197ff.]), anstelle Lehren und Lernen nach

verweist Buck in verschiedenen Wendungen immer wieder, „in ganz entscheidender Weise durch Negativität bestimmt“, <sup>14)</sup> deren „harter Kern“ sich in den Paderborner Untersuchungen in Aporien manifestierte, die mit der „Enttäuschung einer Erwartungsintention“ (Edmund Husserl) begannen. <sup>15)</sup>

Vom Lehren und Lernen der neuzeitlichen Naturwissenschaft bzw. der neuzeitlichen Physik her erhält Umlernen nun noch eine durchaus eigene Dimension, die essentiell mitbestimmt ist von der Antwort auf die Frage nach der Charakteristik neuzeitlicher Naturwissenschaft, speziell der Physik, im Verhältnis zu unserer ursprünglichen Welterfahrung. <sup>16)</sup>

### Neuzeitliche Naturwissenschaft

Zunächst: Die neuzeitliche Naturwissenschaft, die mit Kepler, Galilei und Newton begann, ist eine experimentelle Wissenschaft – sie ist *keine empirische* Wissenschaft. Entgegen einer gängigen Auffassung beginnt die neuzeitliche Naturwissenschaft auch nicht mit dem Staunen, sondern mit dem Zweifel, dem Zweifel an der Verlässlichkeit der sinnlichen Wahrnehmung. Das Vertrauen in die Verlässlichkeit der Sinne aber, die präzise, reflektierte Beobachtung ist der „Probierstein“, das Kriterium der Erkenntnis jeder empirischen Wissenschaft. Die Forschungsreisen Alexander v. Humboldts gehören hierher, die Farbenlehre Goethes und auch die Physik des Aristoteles, der zu seiner Zeit dafür kämpfte, „dass das Denken und Fragen und Aussagen immer sei ein ‚das sagen, was dem entspricht, was sich am Seienden selbst zeigt‘.“ <sup>17)</sup> Deswegen schließt Aristoteles zu seiner Zeit Mathematik aus der Naturwissenschaft aus. Das unterscheidet ihn sowohl von seinem Lehrer Platon wie von den Pythagoreern, die ihre Argumente „nicht den Sinnesdingen entnommen“ hätten, sondern „den Quellen der Mathematik“, die daher auch besser zu „höheren Dingen“ passten, „als zu Erörterungen über die Natur.“ <sup>18)</sup>

Mit dem neunzehnten, spätestens mit dem zwanzigsten Jahrhundert arbeitet sich Kants Diktum mehr und mehr durch, „dass in jeder besonderen Naturlehre nur soviel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist.“ <sup>19)</sup> Entgegen dem „historischen Mythos“ der neuzeitlichen Naturwissenschaft sieht v. Weizsäcker ähnlich Heidegger den Erfolg

---

überkommenen und womöglich in weiten Bezügen ideologisierten Vorgaben zu „richten“. Vermutlich wäre es durchaus lohnend, auch John Hattie unter diesem Gesichtspunkt zu lesen, über dessen langjährige Arbeit u. a. DER SPIEGEL in Nr. 16, 15. April 2013, S. 38f. berichtet, und zwar unter der Überschrift: „Zurück zum Kerngeschäft“. (John Hattie: Lernen sichtbar machen. Baltmannsweiler 2013

14) Buck 1969, S. 44

So erinnert Buck zum Beispiel daran, am „meisten lernt man bekanntlich aus dem, was schiefgegangen ist.“ (Ebd., S. 44) „Die eigentlich belehrenden Erfahrungen sind diejenigen, bei denen man, wie man sagt, Lehrgeld bezahlt, d. h. die sogenannten negativen.“ (Ebd., S. 18) Buck spricht von der „Macht der negativen Instanz“ als Anlass für eine „Umkehr, eines Zu-sich-Kommens aus der Befangenheit“, (Ebd., S. 52) verweist u. a. auf Husserl, der die „negative Erfahrung als Enttäuschung einer Erwartungsintention bestimmt“, (Ebd., S. 68), mit Nietzsche auf die „negative Erfahrung (als) dasjenige Lernen,“ das „uns nicht bloß (erhalte), sondern verwandle“, (Ebd., S. 71) schließlich auf Hegels „Phänomenologie des Geistes“ und auf Gadamer, der „den produktiven Sinn der Negativität der Erfahrung aus (der) dialektischen Struktur der Erfahrung versteht“. Ebd., S. 75) Den Stellenwert dieser Negativität „zur Aussprache ihres eigenen Sinnes zu bringen“ (Edmund Husserl) durchzieht „Lernen und Erfahrung“ – mit anderen zentralen Motiven – gleichsam wie ein roter Faden.

15) Hier beziehe ich mich auf die „schwimmenden Stahlkugeln“ der „Paderborner Untersuchungen“ (siehe unten).

16) Neuzeitliche Naturwissenschaft und Physik verwende ich synonym. Zum einen arbeitet sich das Physikalische in anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen wie der Biologie und auch der Chemie mehr und mehr durch, zum anderen ist die Physik in der geschichtlichen Genese der neuzeitlichen Naturwissenschaften so etwas wie eine Schlüsselwissenschaft.

17) Heidegger, Martin: Die Frage nach dem Ding. Tübingen 1975, S. 62f.

18) Aristoteles: Metaphysik. Berlin 1960, 990a

19) Kant, Immanuel: Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften. In: Kritik der reinen Vernunft. Akademie-Textausgabe Band IV, Berlin 1968, S. 470

der Philosophie des Aristoteles im späten Mittelalter denn auch darin, dass „er sich mehr als irgend ein anderer der sinnlichen Wirklichkeit annahm.“<sup>20)</sup> Und gegen den „historischen Mythos“ der neuzeitlichen Naturwissenschaft vertritt v. Weizsäcker: „Galilei tat seinen großen Schritt, indem er wagte, die Welt so zu beschreiben, wie wir sie nicht erfahren. Er stellte Gesetze auf, die in der Form, in der er sie aussprach, niemals in der wirklichen Erfahrung gelten und die darum niemals durch irgendeine einzelne Beobachtung bestätigt werden können, die aber dafür mathematisch einfach sind.“<sup>21)</sup>

Wollte Aristoteles „die Natur bewahren, die Erscheinungen retten,“ fasst v. Weizsäcker seine Gegenposition zusammen, so „zerlegt“ Galilei „die Natur, lehrt uns, neue Erscheinungen willentlich hervorzubringen, und den gesunden Menschenverstand durch Mathematik zu widerlegen.“<sup>22)</sup>

Galileis „Freier Fall“, der bekanntlich besagt, alle Körper fallen gleich schnell – unabhängig von ihrem (spezifischen) Gewicht, ihrer Form, ihrem Material, ihrem Aggregatzustand – illustriert das in geradezu klassischer Weise. Die mathematische Beschreibung, die formale Stenographie des Freien Falles, ist in der Tat einfach. Dem gesunden Menschenverstand dagegen, unserer täglichen Wahrnehmung oder wie immer man sagen will, wird jedoch tagtäglich wieder und wieder bestätigt, die Dinge dieser Welt fallen je nach Gewicht, Form und Material eben doch unterschiedlich schnell. Und leichte, gasförmige Körper steigen sogar auf.

Das Naturkundemuseum in Florenz pflegt ein Zeugnis der Kreativität Galileis, der „Lebendigkeit“ seines Geistes, mit der er ein Forscherleben lang versuchte, seine Behauptung des Freien Falles zu rechtfertigen: ein Holzbrett von „12 Ellen Länge“, auf der schmalen Seite mit einer „sehr geraden“ Rinne, ausgekleidet mit „sehr glattem und reinem Pergament“ und eine „sehr harte, völlig glattpolierte Messingkugel“, die auf der Rinne lief.<sup>23)</sup>

Zeit seines Lebens konnte Galilei die Behauptung des Freien Falles nicht beweisen, auch nach eigenem Maßstab nicht. Und ein Vakuum konnte er nicht herstellen, das gelang erst seinem Schüler Torricelli, mehr als drei Jahre nach dem Tod Galileis.<sup>24)</sup> Mit seiner Prophezeiung aber, „wenn man den Widerstand der Luft ganz aufhobe, würden alle Körper ganz gleich schnell fallen“,<sup>25)</sup> schuf er ein starkes Motiv dafür, ein Vakuum, das es im menschlichen Erfahrungsbereich bis dahin nicht gab, „willentlich hervorzubringen“.

Sind wir heute auch nur annähernd noch in der Lage, die „tüchtige, geniale Natur“ (Goethe) zu ermessen, den „gedanklichen Mut“ (v. Weizsäcker) oder wie „großartig Galileis Leistung war“ (Pietschmann), entgegen *jeder* Erfahrung und durch alle Unzulänglichkeit experimenteller Anstrengungen hindurch im Rollen einer Messingkugel auf einem Holzbrett von „12 Ellen Länge“ die ungehinderte, gleichmäßig beschleunigte Fallbewegung wahrzunehmen: dass eben doch, „wenn man den Widerstand der Luft ganz aufhobe, alle Körper ganz gleich schnell fallen“ würden?

In der Regel sind wir das nicht. Galilei dagegen, der zu seiner Zeit dafür stritt, das Buch der Natur sei geschrieben in „lingua mathematica“<sup>26)</sup>, war sich der Situation sehr wohl bewusst. So konnte

---

20) Weizsäcker, Carl Friedrich v.: Die Tragweite der Wissenschaft, Stuttgart 1971, S. 107

21) Ebd.

22) Ebd., S. 108

23) Galilei, Galileo: Unterredungen und mathematische Demonstration über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Hrsgg. von Arthur v. Oettingen, Darmstadt 1973, S. 162

24) In der Größe einer Fingerkuppe und angefüllt mit gasförmigen Quecksilber – in einer nicht sehr guten Näherung also.

25) Galilei 1973, S. 65

26) Vico, Gian Battista: Vom Wesen und Weg der geistigen Bildung, Bad Godesberg 1947, S. 171

er etwa hinsichtlich der These der Rotationsbewegung der Erde „nicht genug die Geisteshöhe derer bewundern, die sich ihr angeschlossen und sie für wahr gehalten, *die durch die Lebendigkeit ihres Geistes* den eigenen Sinnen Gewalt angetan, derart, dass sie, was die Vernunft gebot, über die offenbarsten gegenteiligen Sinneseindrücke zu stellen vermochten.“<sup>27)</sup>

Gleiches gilt für die Trägheitsbewegung. Das „Grundgesetz“ der neuzeitlichen Naturwissenschaft behauptet eine absolut kräftefreie, gleichförmige Bewegung. Niemals aber hat irgendjemand einen Körper gesehen, dessen Bewegung in jedem Punkte seiner Bahn in Richtung und Betrag seiner Geschwindigkeit unverändert fort dauert, „bis in alle Ewigkeit“ – und das ohne jede Ursache, die sie aufrecht erhält!<sup>28)</sup> Das alles nicht nur entgegen der täglichen Erfahrung, sondern gegen *jede* Erfahrung, auch der experimentellen Erfahrung.

Aber die Trägheitsbewegung bietet die Möglichkeit, die Abweichung eines Körpers von seiner Trägheitsbahn als Wirkung einer äußerlich angreifenden Kraft zu bestimmen, proportional zur Abweichung. Und Widerstände, wie beim Freien Fall der „Widerstand der Luft“, sind dann keine bloßen Widerstände mehr, sondern immaterielle Kräfte, sehr wohl unterschieden von ihrem Ursprung, der Dichte der Luft im Schwerfeld der Erde, wie in ihrer Wirkung auf materielle Körper.

Mag Galilei auch das Trägheitsgesetz in der skizzierten Form nicht ausgesprochen haben, so öffnete er doch „den Weg für eine mathematische Analyse“ der Natur.<sup>29)</sup> Das Mathematische dieser Analyse aber steckt keineswegs zuerst und zunächst in der formalen Stenographie naturwissenschaftlicher Erkenntnis – ein Formalismus bedeutet für sich genommen physikalisch zunächst noch gar nichts –, sondern in der Geometrisierung der Natur, die zugleich die vertrauten Kausalitätserfahrungen grundlegend verändert: *dass der Physis, der empirisch-anschaulichen Welt, oder wie immer man auch sagen will, ein kausalgesetzlicher Zusammenhang ideal-exakter Limesgestalten nach Maßgabe euklidischer Geometrie als primäre Realität zugrunde liegt,*<sup>30)</sup> in dessen *Hinsicht* Galilei die gegebene Natur im Experiment „zerlegt“ und wieder zusammensetzt und uns lehrt, „neue Erscheinungen willentlich hervorzubringen, und den gesunden Menschenverstand durch Mathematik zu widerlegen.“

Diesen kausalgesetzlichen Zusammenhang aber finden wir in der Natur natürlicherweise gerade nicht vor. „Wir sehen“, umreißt z. B. Arthur Eddington – einer der berühmten und auch philosophisch interessierten Astrophysiker seiner Zeit – den Entwurfcharakter der neuzeitlichen Naturwissenschaft, „dass da, wo die Wissenschaft am weitesten vorgedrungen ist, der Geist aus der Natur nur wieder zurückgewonnen hat, was der Geist in die Natur hineingelegt hat. Wir haben an den Gestaden des Unbekannten eine sonderbare Fußspur entdeckt. Wir haben tiefgründige

27) Galilei, Galileo: Sidereus Nuncius. Nachricht von neuen Sternen. Hrsgg. von Hans Blumenberg, Frankfurt a. M. 1980, S. 210

28) Einstein, Albert / Infeld, Leopold: Die Evolution der Physik. Hamburg 1970, S. 12

29) Weizsäcker 1971, S. 108 f.

30) In Anlehnung an Husserl, Edmund: Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie. Haag 1976

Werner Heisenberg weist immer wieder auf die platonische Tradition der neuzeitlichen Naturwissenschaft hin, dass der Natur „letzten Endes eine mathematische Symmetrie zugrunde liege.“ (Heisenberg, Werner: Schritte über Grenzen, München 1984, S. 24) Nun ist die neuzeitliche Naturwissenschaft alles andere als eine kontemplative Wissenschaft. Sie ist eine experimentelle Wissenschaft und das, *weil* sie eine mathematische Wissenschaft ist. „Das wissenschaftliche Experiment“, merkt v. Weizsäcker dazu an, „unterscheidet sich von der Alltagserfahrung dadurch, dass es von einer mathematischen Theorie geleitet ist, die eine Frage stellt und fähig ist, die Antwort zu deuten.“ (Weizsäcker 1971, S. 107) Heisenberg kommt es auf den Grundgedanken an, dass die neuzeitliche Naturwissenschaft „auf denselben geistigen Wegen“ voranschreitet, „auf denen bereits die Pythagoreer und Plato gewandelt sind.“ (Heisenberg, Werner: Physik und Philosophie. Stuttgart 1972, S. 58). Auf diesen Wegen wandelt sie noch heute, auch wenn mit wissenschaftlichen Revolutionen andere Geometrien den Platz der euklidischen einnehmen: in der Relativitätstheorie die Riemann- und Minkowski-Geometrie z. B., in der Quantentheorie der Hilbert-Raum. Und für die Chaos-Physik wiederum ist die fraktale Geometrie charakteristisch.

Theorien, eine nach der anderen, ersonnen, um ihren Ursprung aufzuklären. Schließlich ist es uns gelungen, das Wesen zu rekonstruieren, von dem die Fußspur herrührt. Und siehe! es ist unsere eigene.“<sup>31)</sup>

Eddington scheint hier lediglich mit anderen Worten jenen Zirkel wiederzugeben, der Kant das Kernstück des naturwissenschaftlichen Verfahrens ist, dass „die Vernunft nur das einsieht, was sie selbst nach ihrem Entwurfe hervorbringt“<sup>32)</sup> und von dem Heidegger schreibt, dass wir Verstehen „von Grund aus missverstehen“, wenn wir in diesem „Zirkel ein vitiosum sehen und nach Wegen Ausschau halten, ihn zu vermeiden, ja ihn auch nur als unvermeidliche Unvollkommenheit empfinden“.<sup>33)</sup> Aber Eddington hat die erkenntnistheoretische wie erkenntnispraktische Situation der Quantenphysik im Blick, dem bisher wohl immer noch gravierendsten Umbruch innerhalb des physikalischen Weltbildes, der den Dualismus Descartes auch von der Physik her aufhebt und besagt: Im Größenbereich der Planck'schen Konstante sind Erkenntnisse nicht mehr von den Prozessen zu trennen, durch die diese Erkenntnisse gewonnen werden. Die Konsequenz aber, die dann zwangsläufig für die gesamte Physik gilt, haben nicht wenige selbst der Physiker verweigert, die wesentlich zur Entwicklung der Quantentheorie beigetragen haben: dass die mathematisch-naturwissenschaftliche Vernunft nicht allein ihre Erkenntnisse „nach ihrem Entwurfe hervorbringt“, sondern mit ihrem Entwurf auch den Gegenstand ihrer Erkenntnis, jene Realität, von der ihre Erkenntnisse handeln.<sup>34)</sup>

Die Untersuchung jener eigentümlichen Gangstruktur, „die wir einhalten müssen, wenn das Lehren Erfolg haben soll“, ist somit auch die Untersuchung der *Konstitution* einer *anfänglichen*, aber dennoch *genuin-typischen* Realität neuzeitlicher Naturwissenschaft im Zuge des Umlernens – und zwar vor und außerhalb jeder methodisierten Anleitung zum Lernen.

### Beispiel- und Analogie-Verstehen

Mit dem Beispiel- und Analogieverstehen stellt Buck nun ein Begriffspaar zur Verfügung, das die Möglichkeit bietet, jene Gangstruktur des Lernens genauer zu fassen, die schließlich zu Einsichten führt, die „aller ursprünglichen Welterfahrung“ widersprechen.

Buck analysiert, Beispiel- und Analogie-Verstehen weisen „dieselbe Struktur auf“.<sup>35)</sup> Das wird durch eigene Untersuchungen weitgehend bestätigt,<sup>36)</sup> etwa dahin, dass auch die Analogie hier „nichts geradezu“ gibt; „sondern sie bringt den anderen auf etwas!“<sup>37)</sup> Doch scheint es angebracht, die damit angedeutete Binnenstruktur von jener Makrostruktur zu unterscheiden – nicht zu trennen –, die schließlich „auch einen Wandel der ‚Einstellung‘, d. h. des ganzen Horizontes der Erfahrung“ und Wahrnehmung zur Folge hat.

Heisenbergs Erinnerung, wie ihm „die Naturwissenschaft zum erstenmal wirklich begegnet ist“,<sup>38)</sup> weist sowohl auf diesen Wandel, wie auf die Binnenstruktur hin: Geometrie „schien mir zunächst

---

31) Eddington, Arthur, zitiert nach Heisenberg 1970, S. 111

32) Kant, Immanuel: Kritik der reinen Vernunft. Berlin 1968. S. 10

33) Heidegger, Martin: Sein und Zeit. Tübingen 1972, S. 153

34) Redeker, Bruno: Spuren – Im Gespräch mit Herbert Pietschmann. In: Gerhard Schwarz (Hrsg.): Philosophysik, Festschrift für Herbert Pietschmann zum 75. Geburtstag. 2013, im Erscheinen begriffen; vergleiche Pietschmann, Herbert: Die Spitze des Eisbergs. Stuttgart Wien 1994, S. 35, 37, 48 ff

35) Buck, Günther: Lernen und Erfahrung. Darmstadt 1989, S. 188

36) Ich beziehe mich hier sowohl auf empirische Untersuchungen, auf die ich weiter unten unter dem Stichwort „Paderborner Untersuchungen“ zurückkommen werde, als auch auf meine Auseinandersetzungen mit den Schriften Martin Wagenscheins, vor allem in Redeker 1995, aber auch auf den Briefwechsel mit dem Heidelberger Chemiedidaktiker Peter Buck in *chimica didactica*, 3 (1988), S. 129 - 154

37) Ebd., S. 189

38) Heisenberg 1970, S. 38

ein reichlich trockener Stoff: Dreiecke und Vierecke regen die Phantasie weniger an als Blumen und Gedichte. Aber da tauchte auf einmal *aus den Worten* unseres ausgezeichneten Mathematiklehrers Wolff der Gedanke auf, ... dass die Mathematik in irgendeiner Weise auf die Gebilde unserer Erfahrung passt“. Das „empfand ich als außerordentlich merkwürdig und aufregend, und es ging mir damit so, wie es eben in einigen seltenen Fällen mit dem Gedankengut geht, das uns die Schule vermittelt: Gewöhnlich lässt der Schulunterricht die verschiedenen Landschaften der geistigen Welt an unseren Augen vorbeiziehen, ohne dass wir in ihnen recht heimisch werden. ... Aber in einigen seltenen Fällen fängt ein Gegenstand, der so ins Blickfeld getreten ist, *plötzlich* an, im *eigenen* Licht zu leuchten, zunächst nur dunkel und undeutlich, dann immer heller, und schließlich füllt das von ihm ausgestrahlte Licht einen immer größeren Raum in unserem Denken, greift auf andere Gegenstände über und wird schließlich zu einem wichtigen Teil unseres eigenen Lebens.“<sup>39)</sup>

Licht ist die überlieferte Metapher für Erkenntnis, für Wissen. Mit den Worten „zunächst nur dunkel und undeutlich, dann immer heller ... wird (es) schließlich zu einem wichtigen Teil unseres eigenen Lebens“ spricht Heisenberg in metaphorischer Weise vom Umlernen über die Zeit hin. Die Makrostruktur dieses Wandels des „ganzen Horizontes der Erfahrung“ und Wahrnehmung über die Zeit dürfte sich bei genauerem Hinsehen als Gang von Beispiel-Verstehen zu Analogie-Verstehen und von Analogie-Verstehen zu Beispiel-Verstehen erweisen, zumindest in den entscheidenden Passagen vermutlich. In dieser Richtung lese ich auch die Bemerkung Bucks, „wirkliche Könnerschaft“, wirkliche „Kompetenz ... eignet sich am Ende demjenigen, dessen Kompetenz eine *Geschichte* hat, die an *immer wieder anderen besonderen Beispielen* (Analogien) ‚dasselbe‘ gelernt hat.“<sup>40)</sup> „Einübung ist ein Modus des Lernens“, der für jedes „gekonnte Verfahren“ gilt, selbst für die „Fertigkeit, als Wissenschaftler Wissenschaft zu treiben“. Auch dieser Modus des Lernens ist durch Spielräume der Variation im „Durchgang durch analoge Anwendungssituationen“ mitbestimmt, d. h. ebenfalls durch Negativität mitbestimmt.<sup>41)</sup>

Aufgrund eigener Untersuchungen zum Physiklernen erscheint es mir sinnvoll, zwischen Beispiel- und Analogie-Verstehen auch ihrer Funktion nach zu unterscheiden.<sup>42)</sup> Das meint, vom Analogie-Verstehen als einer weiterführenden Verständigung zu sprechen und vom Beispiel-Verstehen als einer einführenden Verständigung, die einen neuen Horizont mit der ihm eigenen Realität erst stiftet – wie „dunkel und undeutlich“ zunächst auch immer. Das dürfte hinsichtlich der großen Revolutionen in den Naturwissenschaften zweckmäßig sein, bei denen, die auch andere Geometrien ins Spiel bringen. Das dürfte aber auch bezüglich „kleinerer“ Paradigmenwechseln zweckmäßig sein, z. B. was die physikalische Realität angeht, die der elektrodynamische Horizont vorzeichnet – die es auch im mechanischen Horizont Newtonscher Prägung nicht gibt und nicht nur nicht in empirisch-anschaulichen Wahrnehmungszusammenhängen.

Die weiterführende Verständigung durch Analogieverstehen würde dann eine differenzierende und korrigierende Aneignung der Verweisungsbezüge eines bereits konstituierten Verständnishorizontes zur Folge haben – eines bei aller inhaltlichen Unbestimmtheit doch typischen Verständnishorizontes –, d. h. eine größere Vertrautheit in und mit einem

---

39) Ebd., S. 39

40) Buck 1989, S. 216 (Hervorhebungen von Buck)

41) Ebd. S. 214

Damit ist nicht behauptet, in diesen Spielräumen gebe es keine Betätigung von Erfahrungen und Erwartungen, also das, was mit Blick auf Unterricht vielleicht „normaler“ Unterrichts genannt werden könnte. Zur Erfahrung gehört, dass wir durch Bestätigung gleichsam ihren Besitz erwerben. Doch „immer wieder ‚dasselbe‘ lernen“, dazu gehört, mit v. Weizsäcker gesprochen, eben auch dies: „Die wirkliche Erziehung zum Wissenschaftler bekommt man dadurch, dass man viele Jahre lang von seinem Lehrer widerlegt wird; *dass man immer wieder von neuem einsehen lernt, inwiefern man unrecht hatte.*“ (Weizsäcker, Carl Friedrich v.: Die Einheit der Natur. München 1972, S. 126)

42) Siehe auch Redeker 1995, S. 136 ff.



notwendigerweise zunächst unvertrauten Verständnishorizont, in dem sich Sichtweisen nicht nur ergänzen, sondern auch bestreiten.

Buck selbst unterscheidet innerhalb des Analogie-Verstehens zwischen epagogischem und apagogischem Analogie-Verstehen, wobei er letzteres auch auf eine differenzierende Typisierung der vielfältigen Formen hin untersucht. „Apagogisch“ führt Buck ausdrücklich nur von der Wortbedeutung her ein, als gegenläufig zur epagogischen Form. Aber auch um kenntlich zu machen, dass apagogischen Analogien eine Hilfsfunktion zukommt und zwar insofern, dass sie zu einer „größeren“ bzw. „zusätzlichen Fasslichkeit“ eines *bereits verstandenen* Sachverhaltes führen. Das allerdings in der Regel zunächst über einen Verfremdungseffekt derart, wie „unfasslich“ der Sachverhalt eigentlich „für die Mittel unserer Alltagserfahrung ist“,<sup>43)</sup> in deren Folge dann die Reflexion i. S. eines nochmaligen Nachdenkens beginnt. Buck illustriert das anhand der Proportionen der Planetenabstände unseres Sonnensystems, Wagenschein u. a. anhand eines „rotglühenden Körpers“, d. h. der Frequenz von „ $4 \times 10^{14}$  Hz“.<sup>44)</sup>

Im Nachgang der Frage nach Aufbau und Interpretation analoger physikalischer Modelle und „des Vorrangs einer bestimmten Geometrie – der euklidischen – für die Leistung des Subjekts, die Welt zu erkennen“ notiert Buck nun: „Aber hier kann sich die Didaktik aus guten Gründen für unzuständig erklären und sich entsprechende Einlassungen versagen.“<sup>45)</sup> *Genau das aber kann und darf die Didaktik gerade nicht – jedenfalls nicht, wenn es um die Genese einer physikalischen Weise geht die Welt zu erkennen.* Davon legt auch Wagenschein im Hinblick auf die Genese physikalischen Verstehens Zeugnis ab, wenn er zu seinem „großen Pendel“ zusammenfasst: Der „rätselhafte höchste Punkt, an dem der Felsbrocken umkehrt. In diesem Augenblick: bewegt er sich da oder nicht? Hält er an, oder? Wie lang währt die Pause der Bewegungslosigkeit? ... Es ist ein Stillstand ohne Dauer; das was der Physiker einen ‚Zeitpunkt‘ nennt. Kürzer als jeder Augenblick, kleiner als jeder Moment, unter aller Zahl. Seine Dauer ist Null. Da steht ein Körper und steht doch nicht still – so etwas gibt es also.“<sup>46)</sup>

Das gibt es in der Physik, nicht aber in Linie und Richtung unserer ursprünglichen Welterfahrung, die ihre natürliche Fortsetzung in unserer alltäglichen Erfahrungswelt findet oder auch in der früheren „*historia naturalis*“, die Hans Lipps betont mit „*Naturkunde*“ übersetzt, in der „Naturforscher“ der war, „der als Zeuge etwas mit eigenen Augen gesehen hatte, der dort bzw. dabei gewesen war und dann davon Kunde vermittelte. ... Diese Kunde erstreckte sich auf alles mögliche, und vorzüglich war es das Befremdende, was als merkwürdig berichtet, das Ausgefallene, was gesammelt wurde. Naturkunde erweiterte den Gesichtskreis, der als solcher immer beschränkt ist. Sofern sie die Kenntnis von Dingen vermittelte, an denen die gewohnten Maßstäbe versagten, schuf sie Raum für das Geheimnis, das den Menschen umgibt.“<sup>47)</sup>

„Unsere naturgegebene Anschauung von der Wirklichkeit und ihre physikalische Modellierung gehören verschiedenen Kategorien an“ notiert Karl-Heinz Anthony, theoretischer Physiker. „Nicht die Welt, sondern ihr mathematischer Entwurf als geistiges und manuelles Produkt des menschlichen Handelns hat euklidische oder nichteuklidische Struktur“.<sup>48)</sup>

Und da gibt es keine sanften Übergänge. „*Plötzlich*“ beginnt ein Gegenstand „im *eigenen* Licht zu

---

43) Buck 1989, S. 237

44) Siehe Redeker 1995, S. 140 ff, vergleiche Buck 1989, 236 ff. und Wagenschein, Martin: Naturphänomene sehen und verstehen. Stuttgart 1988, S. 179

45) Buck 1989, S. 239

46) Wagenschein 1988, S. 102

47) Lipps, Hans: Zur Morphologie der Naturwissenschaft. In: Die Wirklichkeit des Menschen. Frankfurt. a. M., 1954, S. 11 f

48) Anthony, Karl-Heinz: Ein didaktisches Konzept zur Vorbereitung der Allgemeinen Relativitätstheorie. In: Kuhn, Wilfried, [Hrsg.]: Vorträge, Physikertagung. Gießen 1990, S.10

leuchten“ markiert Heisenberg in metaphorischer Weise jene Diskontinuität, mit der sich eine neue Art des Wahrnehmens in den bisherigen Erfahrungsvollzügen konstituiert, „dunkel und undeutlich“ zunächst. Und sie taucht „aus den Worten“ des Lehrers auf, „auf einmal“. Heisenbergs Erinnerungen verweisen auf ein Potential der Sprache, das unter der Fixierung auf eine vorgebliche Erkenntnisfunktion des Experiments<sup>49)</sup> von der Fachdidaktik zumindest weitgehend vernachlässigt, wenn nicht negiert wurde: das Potential, ein Verständnis „im Durchgang durch das Wort“<sup>50)</sup> gleichsam zu induzierenden – was sich allerdings nicht situativ bedingungslos ins Werk setzt.

Nicht-Reproduzierbarkeit, Diskontinuitäten, Unstetigkeiten, die Verstehen stiftende Kraft der Sprache, Verfassung und Stellenwert des Vorverständnisses sind Gemeinsamkeiten in der Binnenstruktur von Beispiel- und Analogie-Verstehen, auch, dass Beispiele und Analogien hier eben nichts illustrieren oder demonstrieren, sondern auf etwas bringen, was sie selbst nicht sind.<sup>51)</sup> Nichts aber deutet in der Erinnerung Heisenbergs auf jene „Negativität“ hin, durch die Buck Umlernen „in ganz entscheidender Weise“ bestimmt sieht und die er bis in die Struktur apagogischer Analogien hinein analysiert: „Verfremdung ist im allgemeinen ein durch Negativität zustande kommender Effekt.“<sup>52)</sup>

Ein Hinweis auf die Negativität im Gang des Umlernens fehlt in der Erinnerung Heisenbergs indes nicht zufällig. Vielmehr ist es dem Lernen wesentlich, sich im Gelernten zu verbergen, damit das Gelernte seine Funktion optimal erfüllen kann.<sup>53)</sup>

Diese Verborgenheit, der spezifische Entwurfcharakter neuzeitlicher Naturwissenschaft und die sich damit abzeichnende eigene Dimension des Umlernens legen nahe, das Lernen neuzeitlicher Naturwissenschaft auf dem Hintergrund der Arbeiten Bucks auch empirisch genauer in den Blick zu nehmen.<sup>54)</sup> Das Motiv: der relativ geringe Erfolg der naturwissenschaftlichen Bildung, der nicht zuletzt auch der kulturellen, geschichtlichen und gesellschaftspolitischen Bedeutung der neuzeitlichen Naturwissenschaft zuwiderläuft, zumal der Macht und Verantwortung, die sie in unsere Hände gelegt hat.

---

49) Bei Gerald Holton (Thematische Analyse der Wissenschaft, Frankfurt a. M. 1981) und Thomas S. Kuhn (Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt a. M. 1973) beispielsweise lässt sich leicht lernen, dass ein Experiment *als* Experiment die ihm allgemein und von der Fachdidaktik insbesondere zugeschriebene Erkenntnisfunktion *gar nicht haben kann*, auch in einer für den Unterricht frisierten Form nicht. (Siehe auch Redeker 1995, S. 55 ff.) Das ist schon dem speziellen Entwurfcharakter der neuzeitlichen Naturwissenschaften geschuldet. Andererseits ist damit nicht von vornherein gesagt, einem Experiment könne nicht im Zuge einer situativen Transformation in die Struktur eines Beispiel- oder Analogie-Verstehens eine Verständigungsfunktion zuwachsen. Einer der wesentlichen Unterschiede: für das Experiment ist Reproduzierbarkeit konstitutiv, für eine einführende und weiterführende Verständigung – die im Übrigen auch keine Randbedingungen kennen – die Nicht-Reproduzierbarkeit.

50) Merleau-Ponty 1966, S. 212

51) Siehe auch Buck 1989, S. 135 ff.

52) Ebd., S. 237

53) Das hat zur Folge, in der Regel bei der Analyse des Lernens wie selbstverständlich bei den „ausgelernten Leistungen“ anzusetzen. Nach Buck aber zählt das „zugehörige Lernen ... zum vollen Wesen dieser Leistungen selbst.“ Anders erscheint Lernen „dann im Grunde (als ein) zufälliges genetisches Moment, dem allenfalls ein psychologisches Interesse zukommt.“ (Buck 1989, S. 9) Darum macht Buck es zu seiner Aufgabe, „in Umkehrung der gängigen Ansicht“ die „Leistungen vom Lernen her statt das Lernen von den Leistungen her zu verstehen.“ Ebd., S10)

54) Zu seiner Zeit ist es Wagenschein, der immer wieder die „Anstrengung des Begriffs“ anmahnt, das Phänomen des Physiklernens erst einmal überhaupt als Phänomen in den Blick zu nehmen, (siehe Redeker 1995, S. 27 ff.) überzeugt, „dass die Lage des physikalischen Unterrichts heute von solcher Art ist, dass wir erst einmal neu ackern und säen müssen, ehe wir ernten können.“ (Wagenschein 1976, S. 15) Diese Feststellung ist nach wie vor aktuell. Wagenscheins Mahnung aber richtet sich nicht an die Schule, oder an die bzw. den Lehrer, sondern an diejenigen Institutionen, denen die Ausbildung der Lehrer anvertraut ist. Es ist zugleich eine Mahnung an die Forschung, sich auch der Praxis und der ihr vor jeder Theorie innewohnenden Vernünftigkeit mit der erforderlichen Sorgfalt anzunehmen.

## Paderborner Untersuchungen

Im empirischen Teil konzentrierten sich die Paderborner Untersuchungen auf das Beispiel-Verstehen. Und da auf *eine erste Verständigung*, die ein anfängliches Verständnis physikalischer Kausalität im Bewusstseinsstrom bewährten und vertrauten Geflechtes empirisch-anschaulicher Kausalitäten überhaupt erst stiftet – und das, wie gesagt, wie „dunkel und undeutlich“ zunächst auch immer.

Die Beispielmaterie lieferte der Bewandtniszusammenhang des Schwimmens und Sinkens, der im Horizont Newtonscher Mechanik als Auftrieb interpretiert wird, mit dem Schwimmen als Grenzfall der Auftriebsbewegung. Der Auftrieb wiederum wird auf die Auftriebskraft als Element eines euklidischen Vektorraumes zurückgeführt, auf eine immaterielle, ideal-exakte Ursache also, die von ihrer Wirkung wie ihrem Ursprung, der Dichte des jeweiligen Mediums im Schwerfeld der Erde, unterschieden ist. Ihre Größe hängt zwar vom spezifischen Gewicht des Mediums und von dem Volumen des jeweiligen Körpers ab, das, sofern der Körper noch nicht ganz eingetaucht ist, durch seine Eintauchtiefe bestimmt wird. Die Größe der Auftriebskraft hängt dagegen nicht vom Material dieses Körpers ab, seinem Gewicht oder seiner Form – gleichgültig, ob dieser Körper schwimmt, auf dem Grund des jeweiligen Mediums liegt oder schwebt.

Die Paderborner Untersuchungen waren auch insofern erfolgreich, dass sie u. a. zur Konstitution eines ersten, inhaltlich zwar noch unbestimmten, gleichwohl typisch physikalischen Verständnisses einer Ursache des Schwimmens und Sinkens führten. Aber eben nicht in einem sanften Übergang, etwa im Sinne einer bloßen Präzisierung täglicher Erfahrung. Sondern im Durchgang des krisenhaften Geschehens einer *aporetischen* Situation, d. h. im Zuge des ganz und gar unerwarteten Aufschwimmens einer großen, massiven Stahlkugel von 6 cm Durchmesser und nahezu 1 kg (genauer 0,890 kg) im Widerstreit der auf das Gewisseste antizipierten Erwartung, eben das sei ganz und gar unmöglich.<sup>55)</sup>

Das Aporetische der Situation lässt sich in einer ersten Annäherung als temporäre Ausweglosigkeit kennzeichnen, im weiteren durch eine ihr inhärente Instabilität, die spontan zu einer Auflösung drängt; dass der Widerstreit zwischen ganz unerwarteter Wahrnehmung und ganz gewiss antizipierter Erwartung wesentlich in der unthematisch wirksamen Dimension menschlichen Bewusstseinsstromes spielt, dem Vorverständnis<sup>56)</sup> – das v. Weizsäcker als „unbewussten Akt“ charakterisiert und Hans Georg Gadamer mit den Worten „Bewusstsein ist mehr Sein als bewusst“ –; durch ihre Negativität und schließlich, mit Blick auf den Gang des Lernens, durch die dieser Negativität eigenen Produktivität, zu der allgemein auch die Instabilität

55) Die Paderborner Untersuchungen wurden in einem größeren Umfang durchgeführt und umfassten nicht nur Untersuchungen zum Beispiel-Verstehen anhand schwimmender Stahlkugeln, sondern auch anhand Wagenscheins „großem Pendel“ sowie zur Idealisierung des Lichtes und der Temperaturmessung. Voruntersuchungen legten nahe, für die weitergehenden Untersuchungen die schwimmenden Stahlkugeln zu favorisieren. An diesen Untersuchungen nahmen insgesamt 56 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 5 bis 8 der Haupt-, Realschule und des Gymnasiums teil. Die Untersuchungen wurden in Gruppen zu je 4 Schülerinnen und Schüler plus Leiter (Studenten der Universität Paderborn) durchgeführt, die unterschiedlichen Situationsverläufe mittels Video fixiert und in Anlehnung an Edmund Husserls „eidetischer Variation“ interpretiert. Die Ausdrucksmanigfaltigkeit der unterschiedlichen Situationsverläufe zeichneten dabei zum einen den Spielraum variierender Auslegung vor und sicherten zum anderen Wahrnehmung und Explikation typisch-struktureller Bezüge gegenüber vordergründigen und zufälligen Merkmalen, die typisch-strukturellen Bezügen auch zuwiderlaufen können.

56) Interpretationen des Vorverständnisses in seinen Horizonten und einander widerstreitenden Sichtweisen, die der empirischen Wirklichkeit, dem "soliden Gewebe" des "Zur-Welt-seins", (Merleau-Ponty) folgen, sind von Introspektionen, die sich bestenfalls auf eine innere Kohärenz von Vorstellungen berufen können, grundverschieden. Gleichwohl ist die Thematisierung des Unthematischen nicht ohne Problem, behält sie doch „als Reflexion auf Präreflexives die prinzipielle Schwierigkeit, dass es sich hierbei um eine Rückkehr handelt, 'die um sich selbst als Rückkehr weiß' und die damit 'unaufhebbar verschieden (ist) von einem ersten Aufenthalt am Ort der Rückkehr'." (Käte Meyer-Drawe: Zur Vorstruktur des Verstehens aus phänomenologischer Sicht. In: Meyer-Drawe, Käte und Redeker, Bruno: Der physikalische Blick. Bad Salzdetfurth 1985, S. 26

der Aporie zu zählen ist.

Doch weder die Aporie, noch ihre Stabilisierung bzw. Reorganisation stellten sich mit nur beiläufiger Hilfe ein, noch ließ sich ihre Auflösung letztlich im Sinne des Wortes „steuern“. Wohl aber war eine nicht zu überspielende Präsenz präformierender Bezüge des Beispielmaterials zu verzeichnen, deren Wirklichkeit eine Aporie jederzeit, auch bereits in den Phasen der Anbahnung, in nicht intendierter Richtung auflösen konnte und auch auflöste. Aus dem einfachen Grund, dass das Beispielmateriale bewährte und vertraute Erklärungsmuster aus empirisch-anschaulichen Wahrnehmungszusammenhängen gleichsam von sich aus anbot. So lehrt die tägliche Wahrnehmung beispielsweise – ganz im Gegensatz zu ihrer physikalischen Interpretation –, es kommt sehr wohl auf das Material an, ob und wie etwas schwimmt oder untergeht, also aus Kork, Holz etc. besteht, oder aus Metall oder Stein, keineswegs aber auf das Volumen, dafür jedoch ebenfalls auf die Form. Das bestätigte sich im Zuge der Paderborner Untersuchungen u. a. in Schüleräußerungen wie: „'Nen flaches Stück Holz trägt das Wasser besser als 'ne runde Kugel oder so.“ Darauf verweisen auch Schiffe aus Metall, einem Material, das üblicherweise nicht schwimmt. Schiffe verweisen mit ihrer Form zugleich auf menschliches Wissen als Ursache ihres Schwimmens, mit den Zwecken, zu denen sie gebaut sind, auch auf teleologische Ursachen. Im weiteren impliziert der Erfahrungshorizont des Schwimmens und Sinkens ein präreflexives Wissen darum, dass Wasser zwar nicht alles und jedes trägt, wohl aber, was entsprechend leicht ist, hohl ist, oder Luft enthält, die im Wasser sinnenfällig nach oben steigt, oder was sonst dazu geeignet ist, wie eben Holz.

Somit stellte sich die Aufgabe, die vertrauten und bewährten Erklärungsmuster des Schwimmens und Sinkens in ihrer „Widerborstigkeit und (ihren) Eigensinn“<sup>57)</sup> in eine aporetische Situation zu transformieren, derart, dass mit der Konstitution eines ersten Kausalverständnisses physikalischer Typik Umlernen möglich und auch wahrscheinlich wurde. Dabei kam es entscheidend auf die Organisation des Beispiels an, ebenso aber auch auf das Beispielmateriale.

Zum Einsatz kamen zunächst (jeweils massive) Stahl-, Plexiglas- und Holzkugeln von jeweils 2,6 cm Durchmesser (darunter Holzkugeln mit einer Dichte größer 1g/ccm und auch flache Holzscheiben) und fünf Flüssigkeiten in der Reihenfolge Wasser, Quecksilber, Olivenöl, Glycerin und Silberfarbe in jeweils zu einem Viertel gefüllten Plexiglasbehältern. Die Teilnehmer an den Untersuchungen<sup>58)</sup> verglichen Gewicht und Beschaffenheit der Kugeln, visuell wie haptisch und zum Teil beiläufig, während des Zugießens der Flüssigkeiten (jeweils bis zu drei Viertel der Höhe der Plexiglasbehälter), um so das Flüssige der Flüssigkeiten gleichsam sinnenfällig zu machen.

Die Maßnahmen sollten jenes unthematische Erfahrungswissen aktualisieren und zur Wirkung bringen, dass es Wasser wie überhaupt Flüssigem eigentümlich ist, von festen, massiven Gegenständen, insbesondere aus Metall, ohne jede Schwierigkeit durchdrungen zu werden; dies umgekehrt auch massiven Dingen eigentümlich ist, d. h. in Flüssigem nicht zu schwimmen, sondern auf den Boden zu sinken – und das wesentlich im Hinblick auf das Quecksilber, der einzigen Flüssigkeit, in der auch massive Stahlkugeln schwimmen. Gelang das in der Weise einer zweifellosen Erwartung – und nicht lediglich einer bloßen Vermutung –, in dieser doch etwas sonderbaren Flüssigkeit würden ganz gewiss auch massive Stahlkugeln untergehen, dann ließ sich durch die Enttäuschung eben dieser Erwartung das Aporische der Situation in Gang und im Weiteren schließlich auch die Produktivität ihrer Negativität im intendierten Sinne zur Geltung zu bringen.

Die entgegen aller Erwartung kurz *auf* dem Quecksilber „tanzende“ und dann „ruhende“

---

57) Meyer-Drawe 1985, S. 11

58) Wenn von den Schülerinnen und Schülern als „Teilnehmer“ und im weiteren auch als „Probanden“ die Rede ist, dann einzig aus dem Grund, um die Differenz zwischen Unterricht und Untersuchung in der Sache hier auch sprachlich offenzuhalten.

Stahlkugel, das konnte *eigentlich* nicht sein, war aber doch eine nicht wegzubringende Tatsache. Die der Situation inhärente Instabilität brachte nun aber erst einmal den Horizont ins Spiel, das Schwerere ist unten, das Leichtere oben bzw. schwimmt – nachdrücklich bestätigt durch den Versuch, den Quecksilbertopf anzuheben. Ausdruck fand der Horizont etwa in den Worten: „Wenn man da 'ne Zentnerkugel 'reinwerfen würde, 'ne bisschen größere, also die würde nicht schwimmen.“

Diese Auflösungsstendenz kam aufgrund vorhergehender Untersuchungen nicht unerwartet. Die Aporie ließ sich dann reorganisieren und zugleich auch intensivieren, wenn der subjektive Gewichtsvergleich der oben bereits erwähnten Stahlkugel von 6 cm Durchmesser mit etwa 0,470 kg Quecksilber in zwei separaten Gefäßen unter explizitem Bezug zur kleineren Stahlkugel im großen Quecksilbertopf die unverbrüchliche Erwartung induzierte: Die große Stahlkugel wird in dieser geringen Menge Quecksilber *niemals* schwimmen – auch dann nicht, wenn Kugel und Quecksilber in einem speziellen Plexiglasgefäß (mit angepassten, kugelförmigen Boden von 7 cm Durchmesser) zusammengeführt sind: „Die liegt auf dem Grund!“

Aber die Kugel, wurde sie nicht mehr durch einen Glasstab (am Fuß mit passender Kalotte) auf dem Boden gehalten, schwamm spür- und sichtbar auf – „nicht viel“, wie Probanden anmerkten, aber sie schwamm! Entgegen der auf das Gewisseste antizipierten Erwartung, eben das sei ganz und gar unmöglich, fixiert in nahezu regungsloser Kontemplation, in Konfrontation „mit sich selbst“ (Buck), eher geflüsterten Kommentaren zu bisher selbstverständlichen Verständnis- und Erklärungsmustern: „Das wirft alles durcheinander.“

Sofern der „Ausweg“ nicht wahrgenommen wurde, den das Beispielmateriale mit seiner besonderen Bodenform selbst wies („Kommt das auf den Kasten an, oder wie seh' ich das?!“), konnte sich die Negativität des Aporetischen der Situation in jene Produktivität wandeln, die mit Hegel als die „dialektische Bewegung“ beschrieben werden kann, „welche das Bewusstsein an ihm selbst, sowohl an seinem Wissen als an seinem Gegenstande ausübt, *insofern ihm der neue wahre Gegenstand daraus entspringt*“<sup>59)</sup>, was Buck die „immanente Konsequenz der Erfahrung“ nennt, die ohne diese Konsequenz keine ist.

Der „neue wahre Gegenstand“, ein typisch physikalisches Kausalitätsverständnis des Schwimmens und Sinkens, „entsprang“ bzw. konstituierte sich auf dem Hintergrund der großen Stahlkugel jedoch erst in der wiederholten Hinwendung zur kleineren Stahlkugel in der großen Quecksilbermenge und auch da erst im Zuge eines nicht abzusehenden und nicht vorzuplanenden, gleichsam sokratischen Gesprächs.

Was den *Moment*, den *Augenblick* angeht, in dem das neue Kausalitätsverständnis dem Bewusstseinsstrom empirisch-anschaulicher Kausalität „entsprang“ – mit Heisenberg gesprochen, in diesem Bewusstseinsstrom „plötzlich“ auftauchte – gibt es kaum Kriterien. Da verzeichnen die Paderborner Untersuchungen hinsichtlich der Wahrnehmung des Anderen eine Unschärfe (vielleicht notwendigerweise). Wohl aber fand die erfolgte Konstitution ihren nachträglichen Ausdruck, in der Gewissheit beispielsweise, da müsse etwas sein, „stärker“ als die Stahlkugel – im Quecksilber nicht zu sehen, aber mittels Glasstab auf dem Boden, in der Mitte usw. gehalten – und die auf ihr lastende Flüssigkeit schwer sind: „Sonst könnte sie (auch noch *gegen* das Gewicht des auf ihr lastenden Quecksilbers) nicht hochkommen“. Die erfolgte Konstitution fand ihren Ausdruck weiter in der Gewissheit, dass das, was die Stahlkugel „hochdrückt“, von den sinnlichen Qualitäten der *Flüssigkeiten* grundverschieden sein muss, letztlich von *immaterieller* Natur sein muss: Zwar, „die Flüssigkeit (Quecksilber, B.R.) hat auch damit zu tun, dass die Kugel hochkommt – *und noch etwas anderes*.“ Und dieses „*andere*“ wirkt, wie ein kurzer Dialog zweier Probanden zeigt, auch auf Stahlkugeln am Boden des Wassergefäßes: „Die ist da. Nur nicht so

---

59) Hegel, Georg Wilhelm Friedrich: Phänomenologie des Geistes. Frankfurt a. M. 1973, S. 78

stark.“ „Nein, die wirkt gar nicht.“ „Wenn sie nicht wirken würde, würde ja auch kein Holz schwimmen“ – zugleich ein starker Hinweis auf die Horizonthaftigkeit des neuen Kausalverständnisses.

Heisenberg erinnert an ein Potential der Sprache, das von der Fachdidaktik bisher weitgehend vernachlässigt, wenn nicht negiert wurde: das Potential, ein Verständnis „im Durchgang durch das Wort“ gleichsam zu induzierenden: „Aber da tauchte *auf einmal aus den Worten* unseres ausgezeichneten Mathematiklehrers Wolff der Gedanke auf ...“ (siehe oben). Auch hier verzeichnen die Paderborner Untersuchungen eine Unschärfe. Doch belegen sie dieses Potential der Möglichkeit nach. Und sie weisen das Potential der Sprache aus, eine Aporie zu stabilisieren und zu intensivieren, bis hin zu einer Gravur, die u. a. ihren Ausdruck in den schon fast verzweifelten Worten fand: „Es *muss* doch *irgend etwas* geben, was das hochdrückt.“ In der Phase der Konzentration auf das visuell unzugängliche, über einen Glasstab aber taktile Wahrzunehmende im Quecksilber („Druck da ...“, „Wird hochgedrückt“, „Da ist Gegendruck“, „Die Kugel, wenn sie auf dem Grund ist, (hat) Auftrieb nach oben“) und der Thematisierung der Gewichts- und Mengenverhältnisse des Quecksilbers über und unter den verschiedenen Positionen der Stahlkugel im Quecksilber, markieren die Worte „Es *muss* doch *irgend etwas* geben ...“ zumindest temporär ein Ende der Möglichkeit, das Schwimmen der Stahlkugeln überhaupt noch irgendwie aus empirisch-anschaulichen Ursachen zu verstehen.

Ob nun in dieser zur Auflösung drängenden, maximalen Instabilität der Aporie die konstituierende Kraft des Wortes zwingend war, ein Hinweis, etwa derart, „Da gibt es etwas, was selbst nichts Festes und nichts Flüssiges ist und trotzdem ...“, oder ob im wesentlichen bereits die einander widerstreitenden Bezüge und Rückbezüglichkeiten im Wahrnehmungsfeld und Durchgang des Beispiels den „neuen wahren Gegenstand“ spontan „entspringen“ ließen, das festzustellen lassen die Paderborner Untersuchungen nicht zu. Sie bestätigen aber die *Unstetigkeit* des Übergangs und den *Ereignischarakter* dieses Umlernens. Noch in der stärksten Phase der Aporie vermochte sich das Beispielmaterial dem Beispiel-Verstehen verweigern: „Das (Quecksilber, B.R.) stößt ja alles ab. Und das sieht man auch, hier oben (an der Kugel, am Rand des Topfes, B. R.), das ist so komisch, das passt überhaupt nicht.“ War das Beispiel nicht zum Beispiel geworden, beharrten die Probanden auf der Evidenz sinnlicher Anschauung. „Da ist nichts mehr außer der Flüssigkeit, das drücken kann.“ Oder die Ursache des Schwimmens bzw. Auftreibens wurde in Substanzen vermutet, die man eventuell auch „herausfiltern“ könne, analog dem Salz des „Toten Meeres“. Eine außergewöhnliche Flüssigkeit kann eben auch zu außergewöhnlichen Effekten führen.

War das Beispiel dagegen zum Beispiel geworden, begann in Ansätzen auch ein nicht vorhergesehenes Gespräch und Fragen danach, „Was ist das, was ist das“, – selbst nicht zu sehen oder zu greifen, nicht fest noch flüssig – „das das alles hochdrückt?“ Und wie kann man von etwas mehr und Genaueres wissen, dem man sich allein über seine Wirkungen annähern kann? Der Verständnishorizont einer neuen, bisher nicht gewussten Kausalität zeigte sich ineins als Fragehorizont, in dem das Rätsel der neuen Realität, ähnlich einem Indizienprozess, näher bestimmt werden könnte.

Eine einführende Verständigung macht eine weiterführende Verständigung mittels Analogie-Verstehen – zum Exempel interpretiert anhand Wagenscheins „hydrostatischem Paradoxon“<sup>60)</sup> und seinem „Heber, in dem das Wasser bergauf läuft“<sup>61)</sup> – erst möglich. Doch ermöglicht eine einführende Verständigung eine weiterführende Verständigung nicht nur, sie erfordert sie auch. Und nicht allein hinsichtlich der Konstitution weiterer Horizonte, sondern auch im Sinne der Ausdehnung eines Horizontes und der Aneignung seiner impliziten, eher undeutlich

60) Redeker, Bruno: Martin Wagenschein – Feiertagsdidaktik oder Notwendigkeit einer Renaissance? In: Neue Sammlung, 33. Jg.(1993), Heft 1, S. 19 ff, siehe auch Redeker 1995, S. 108 ff.

61) Redeker 1995, S. 125 f.

mitgegebenen Verweisungsbezüge, damit sie nachhaltig und vertraut werden – wenngleich noch lange nicht im Sinne einer „wirklichen Könnerschaft“. Auch hier erweist sich Lernen als Umlernen. Ist es schon nicht selbstverständlich, durch die sinnenfälligen Unterschiede von Quecksilber, Wasser, Glycerin, Luft, etc. dieselbe, immaterielle Kraft wirken zu sehen und das auf so unterschiedliche Dinge wie massive Stahlkugeln, Schiffe, Holz und mit Gas gefüllten Ballons, so müsste spätestens, würde der Bewandniszusammenhang des Auftriebs in Richtung auf das Pendel z. B. überschritten, wiederum umgelernt werden: Ist die beschleunigende Kraft beim Auftrieb niemals Null und im Moment des größten Geschwindigkeitsbetrages auch am größten, so ist sie beim Pendel im Moment des größten Geschwindigkeitsbetrages Null und im Moment der größten Auslenkung am größten, in dem der Betrag der Geschwindigkeit Null ist. Und selbst das sicherte noch keineswegs, das Gewicht einer Tasche, die wir nach Hause tragen, als beschleunigte Masse zu begreifen und nicht als eine ihr angehörende invariante Eigenschaft.

In der Genese einer Perspektive die Welt zu erkennen, die zu Ergebnissen führt, die aller ursprünglichen Welterfahrung widersprechen, ist über weite Strecken nichts ein für allemal gewonnen. Denn: „Nie wird Wissenschaft denselben Seinssinn wie die Erfahrungswelt haben, aus dem einfachen Grunde, dass sie *deren* Bestimmung oder Erklärung ist“<sup>62)</sup> und bezüglich der „*alle* Bestimmung der Wissenschaft *notwendig* abstrakt, signitiv, sekundär bleibt,“<sup>63)</sup> *die aber anders und ebenso notwendig aller Bestimmung durch die Wissenschaft deren Sinn verleiht*. Ohne bleibende Verankerung in dieser „aller Erkenntnis vorausliegenden Welt“ (Merleau-Ponty): Wie sollte je eine denknötwendige Bewegungslosigkeit als infinitesimales Moment der Bewegung gelten? Wie sonst sollte eine Wissenschaft je die Farbe *an* einer Blume wie die Wärme der Sonne *auf* meiner Hand durch eine Länge ausdrücken können und gleichwohl wissen, *wovon* dabei jeweils die Rede ist? Im Gang des Lernens neuzeitlicher Naturwissenschaft gibt somit eine *Interaktion* einander widerstrebender, jeweils immer mehr oder weniger ausdifferenzierter Horizonte, an die Wagenschein mit den Worten erinnert: „Wer einmal selbst produktiv verstanden hat, weiß, dass hier ein unberechenbarer, zeitlich nicht stetig vordringender, ein oszillierender Prozess in ihm geschieht, der in Stößen der Erleuchtung und der Wiederverdunkelung vor sich geht“.<sup>64)</sup>

### **Anstelle einer Zusammenfassung: Ein Blick auf Martin Wagenschein**

Wenn es jemanden gibt, der mit Fug und Recht „ein Klassiker“ der Physikdidaktik genannt werden kann, dann ist es Martin Wagenschein. Wagenschein hat ein umfangreiches und facettenreiches und – recht gelesen – grundlegendes Werk zum Lehren und Lernen der neuzeitlichen Naturwissenschaft hinterlassen, u. a. mit einer Vielzahl überaus anregender Zugänge. Er sieht ebenfalls den mathematischen Charakter der Physik und in ihr ebenso eine „Wissenschaft die zu Ergebnissen führt, ... die aller ursprünglichen Welterfahrung widersprechen.“<sup>65)</sup> Er warnt vor der „Vorverlegung des physikalischen, überhaupt des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts in das 5. Schuljahr, in die Grundschule, in die Vorschulerziehung“ als „verhängnisvollen und kaum

---

62) Merleau-Ponty 1966, S. 4 f.

63) Ebd., S. 5

64) Wagenschein 1988, S. 136

65) Ebd., S. 292

Damit setzte sich Wagenschein einer harschen Kritik durch Vertreter der Meraner Beschlüsse aus (siehe auch Redeker 1995, S. 19 ff.), die im Hinblick auf das Lehren und Lernen die neuzeitliche Naturwissenschaft als empirische Wissenschaft festgeschrieben – eine Festschreibung, die auch heute noch als heimliches Paradigma der Didaktik und Pädagogik ihre unheilvolle Wirkung tut.

wiedergutzumachenden Fehler“<sup>66)</sup> und plädiert für eine „ungefächerte Naturbetrachtung“, die auch „der späteren Chemie, Mathematik, Biologie den Nährboden liefern.“<sup>67)</sup>

Das hat ihm zuweilen den Ruf eingebracht, seine Hinweise und Reflexionen seien vor allem Hinweise für die Primarstufe. Wagenschein liefert zweifellos auch für diese Stufe bleibende Anregungen. Doch er plädiert deswegen für eine ungefächerte Naturbetrachtung, weil es ihm schließlich darum geht, „das Werden des physikalischen Begriffshorizontes“, „dieser besonderen geistigen Haltung“,<sup>68)</sup> „aus der ganzen Weite aller Wirklichkeitsbezüge *standfest* hervorgehen zu lassen.“<sup>69)</sup> Wagenschein schreibt, wenn man denn schon Schulstufen zuordnen will, für die späteren Jahrgänge der Mittelstufe (bzw. Sekundarstufe I), primär aber mit Blick auf die Oberstufe des Gymnasiums bzw. die Sekundarstufe II.

Physikunterricht habe zweifellos „Physik zu lehren“ wehrt sich Wagenschein gegen die Missdeutung seines Grundgedankens, nur eben „in einem zugleich *strengeren wie weiteren* Sinn als es vorwiegend üblich ist.“<sup>70)</sup>

Im *strengeren* Sinn als vorwiegend üblich: Hier trifft sich Wagenschein mit den Grundgedanken Bucks, Leistungen vom Lernen her zu verstehen und „das Werden der besonderen geistigen Haltung“ der neuzeitlichen Naturwissenschaften als Umlernen zu denken. Und wie Buck sieht auch Wagenschein den Gang dieses Umlernens in entscheidender Weise durch Negativität bestimmt: „Nicht das große Auge der Andacht, auch nicht der suchende Blick des Sammlers“ zeichnet „das Gesicht dessen“, der „hier die ersten Schritte tut.“ Vielmehr ist es „die umwölkte Stirn der Verwunderung, ja der *Beunruhigung*“, hervorgerufen durch eine plötzliche „Fehlstelle“ der vertrauten Ordnung: „So wenn ein Baum, von dem wir doch alle wissen, dass er angewachsen ist, sich in Bewegung setzt und davongeht.“<sup>71)</sup>

Im *weiteren* Sinn als vorwiegend üblich: darin steckt die pädagogische Entscheidung Wagenscheins, Unterricht soll darum bemüht sein, „was für den späteren Laien ausreicht und dem Fachmann unerlässlich ist.“ Er unterscheidet – ausdrücklich hinsichtlich der „mathematisierenden Naturwissenschaft“ – Wissenschaftsgläubigkeit, „Wissenschafts-Verständigkeit“ und „Wissenschafts-Fähigkeit“. Die Wissenschaftsfähigkeit reserviert er für den „potentiellen Fachmann“, Wissenschaftsverständigkeit wünscht er „für jedermann“. <sup>72)</sup> Dazu zählt Wagenschein, die neuzeitlichen Naturwissenschaften, speziell die „Physik als ein bestimmtes beschränktes Vorgehen (zu) verstehen“, <sup>73)</sup> aber auch die Einsicht: „Wie ist Naturwissenschaft überhaupt möglich!“, „wie man so etwas wissen kann“, <sup>74)</sup> nicht zuletzt „aus der Zeit, da die Naturwissenschaft in einem dramatischen Geschehen entstand: Die ‚alten‘ Forscher sind in Wahrheit die jungen, die frühen.“<sup>75)</sup>

Wagenschein betont, derartige Schritte über Grenzen seien gar nicht möglich, „ohne dass man gründliche physikalische Kenntnisse erwirbt, die dann auch nachhaltig und vertraut werden“. <sup>76)</sup> Aber er sieht auch, allgemeinbildende Schulen haben keine Physiker auszubilden, auch nicht an

---

66) Ebd., S. 48

67) Ebd., S. 115

68) Wagenschein, Martin: Erwiderung auf W. Kroebels Kritik. In: MNU 21 (1968) 11, S. 376

69) Ebd.

70) Ebd. S. 375

71) Wagenschein 1988, S. 47, Hervorhebung Martin Wagenschein

72) Ebd., S. 286 f.

73) Wagenschein 1968, S. 375

74) Wagenschein 1988, S. 292

75) Ebd., S. 311

76) Wagenschein 1968, S. 375



Gymnasien und in der Sekundarstufe II, nicht einmal in den Leistungskursen. Schulen haben Schüler nicht „satt“ zu machen, sie haben sie „hungrig“ zu machen.

Ich kehre zum Anfang zurück. *Zukunft der Bildung* ist einer der fünf Projektbereiche der drei Weizsäcker-Gesellschaften und der Weizsäcker-Stiftung. Die neuzeitliche Naturwissenschaft, die mit Kepler, Galilei und Newton begann, ist eine der größten Revolutionen im menschlichen Denken, auch hinsichtlich der Macht und Verantwortung, die diese Wissenschaft in unserer Hände gelegt hat. Wird sie zur Antwort auf jene Frage beitragen, die vielleicht eine *der* Fragen der Schule in unserer Zeit ist und die Carl Friedrich v. Weizsäcker in diese Form gebracht hat: „Wer unsere heutige Welt hasst, die ihn doch hervorgebracht hat und noch nährt, der ist undankbar. Wer sie zu erhalten hofft, so wie sie heute ist, der ist ein Tor. Wie wird die Schule die jungen Menschen anleiten, weder undankbar noch Toren zu sein?“<sup>77)</sup>

Hier stehen Didaktik, Fachdidaktik und Pädagogik – vor jeder methodisierten Belehrung – vor zentralen Aufgaben, die bisher noch kaum wirklich angegangen sind.

---

77) Weizsäcker, Carl Friedrich v.: *Wahrnehmung der Neuzeit*. München, Wien 1986, S. 327

**Literaturverzeichnis**

- Anthony, Karl-Heinz: Ein didaktisches Konzept zur Vorbereitung der Allgemeinen Relativitätstheorie. In: Kuhn, Wilfried, [Hrsg.]: Vorträge, Physikertagung. Gießen 1990
- Aristoteles: Metaphysik. Hrsgg. von Friedrich Bassenge, Berlin 1960
- Buck, Günther: Lernen und Erfahrung. Stuttgart 1969
- Buck, Günther: Lernen und Erfahrung. Darmstadt 1989
- Buck, Peter; Redeker, Bruno: Verstehen lehren – zum Sprung verhelfen. Ein Dialog über das Lernen von Physik bei Martin Wagenschein. In: chimica didactica, 3 (1988)
- DER SPIEGEL, Nr. 16, 15. April 2013, John Hattie: Lernen sichtbar machen. (Baltmannsweiler 2013)
- DIE ZEIT Nr. 16, 11. April 2013, „Richard David Precht: ‚Stellt die Schule auf den Kopf!‘“
- Einstein, Albert / Infeld, Leopold: Die Evolution der Physik. Hamburg 1970
- Galilei, Galileo: Sidereus Nuncius. Nachricht von neuen Sternen. Hrsgg. von Hans Blumenberg, Frankfurt a. M. 1980
- Galilei, Galileo: Unterredungen und mathematische Demonstration über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Hrsgg. von Arthur v. Oettingen, Darmstadt 1973
- Hegel, Georg Wilhelm Friedrich: Phänomenologie des Geistes. Frankfurt a. M. 1973
- Heidegger, Martin: Die Frage nach dem Ding. Tübingen 1975
- Heidegger, Martin: Sein und Zeit. Tübingen 1972
- Heisenberg, Werner: Physik und Philosophie. Stuttgart 1972
- Heisenberg, Werner: Schritte über Grenzen, München 1984
- Heisenberg: Das Naturbild der heutigen Physik, Hamburg 1970
- Holton, Gerald: Thematische Analyse der Wissenschaft, Frankfurt a. M. 1981
- Husserl, Edmund: Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie. Haag 1976
- Kant, Immanuel: Kritik der reinen Vernunft. Akademie-Textausgabe Band IV, Berlin 1968
- Kant, Immanuel: Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften. In: Kritik der reinen Vernunft. Akademie-Textausgabe Band IV, Berlin 1968
- Käte Meyer-Drawe: Zur Vorstruktur des Verstehens aus phänomenologischer Sicht. In: Meyer-Drawe, Käte und Redeker, Bruno: Der physikalische Blick. Bad Salzdetfurth 1985
- Kuhn, Thomas S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt a. M. 1973
- Lipps, Hans: Zur Morphologie der Naturwissenschaft. In: Die Wirklichkeit des Menschen. Frankfurt a. M., 1954
- Merleau-Ponty, Maurice: Phänomenologie der Wahrnehmung. 1966
- Pietschmann, Herbert: Die Spitze des Eisbergs. Stuttgart Wien 1994
- Redeker, Bruno: Martin Wagenschein phänomenologisch gelesen. Weinheim 1995

Redeker, Bruno: Martin Wagenschein – Feiertagsdidaktik oder Notwendigkeit einer Renaissance?  
In: Neue Sammlung, 33. Jg.(1993), Heft 1

Redeker, Bruno: Spuren – Im Gespräch mit Herbert Pietschmann. In: Gerhard Schwarz (Hrsg.):  
Philosophie, Festschrift für Herbert Pietschmann zum 77. Geburtstag.

Vico, Gian Battista: Vom Wesen und Weg der geistigen Bildung, Bad Godesberg 1947

Wagenschein, Martin: Erwiderung auf W. Kroebers Kritik zu meinen Vorschlägen zum  
Physikunterricht. In: MNU 21 (1968) 11

Wagenschein, Martin: Naturphänomene sehen und Verstehen. Hrsgg. von H. C. Berg, Stuttgart  
1988

Weizsäcker, Carl Friedrich v.: Die Einheit der Natur. München 1972

Weizsäcker, Carl Friedrich v.: Die Tragweite der Wissenschaft, Stuttgart 1971

Weizsäcker, Carl Friedrich v.: Wahrnehmung der Neuzeit. München, Wien 1986