

Physik, Kinder, Technik und Wagenschein – geht das?

Klaus Kohl

Dass die Absichten Wagenscheins nicht in unsere heutige Welt passen, dieser Vorwurf wurde oft an mich herangetragen: „Das ist doch romantisch und altmodisch, die heutige Welt ist ganz anders und solche Kinder – so etwas gibt es doch gar nicht mehr. Wenn man darauf einen Unterricht aufbauen will oder sogar aufbaut, das ist doch unverantwortlich!“ Sehr spitz formuliert ist das. Und eigentlich müsste ich den Kritikern recht geben. Es sei denn, dass ich sie darauf hinweise, dass sie vielleicht doch „das Kind mit dem Bade ausschütten“, nur Wagenscheins Problemseite sehen und dabei seine Vorzüge missachten.

Die Problemseite Wagenscheins? Sein Verhältnis zur Technik, zur Moderne war durchaus negativ geprägt – in mehr als 15 seiner Veröffentlichungen kommen die Wörter „Technik“ beziehungsweise „technisch“ vor, meistens abgrenzend gegen das, was „natürliche Physik“ ist. Hier der Natur-Forscher, der um Erkenntnisse gerungen und die Ergebnisse bereitstellt hat, dort der Techniker, der sich dieser Ergebnisse bemächtigt. Deutlich wird das beispielsweise in Wagenscheins Werk „**Natur physikalisch gesehen**“ (1975) [W 2a]¹, wo es auf Seite 20 heißt:

Wohl die meisten fühlen sich in das Reich der Technik versetzt, in eine Art Vorraum zwar, der aber doch ganz zur technischen Welt dazugehört. Sie meinen, die Physik habe nur die Aufgabe, dem Techniker zu dienen, ihm die Mittel zu geben, die materiellen und geistigen Werkzeuge (Apparate, Tabellen, Gesetze, Formeln), die nun von den Ingenieuren zu ihren Erfindungen benutzt werden. Menschen, die dem Missbrauch der Technik zurückhaltend, argwöhnisch, feindlich gegenüberstehen – vor allem Künstler –, werden diese Ablehnung auf die Physik übertragen.

Oder noch deutlicher im kurz darauf folgenden Abschnitt

Forschung und Technik

MICHAEL FARADAY lehnte es ab, wie TYNDALL berichtet⁹, „industrielle Arbeiten“ zu übernehmen. „*Wenn man seinen Lebensgang betrachtet, so sieht man, dass dieser Sohn eines Schmiedes und einstige Buchbindergehilfe die Wahl hatte zwischen einem Vermögen von 150000 £. auf der einen und der unausgestatteten Wissenschaft auf der anderen Seite. Er wählte die letztere und starb als armer Mann*“. Diese Geschichte erzählte ich einer Gruppe von Sechzehnjährigen und fügte hinzu:

„Und nun bedenkt, dass ohne diesen FARADAY es weder Dynamos noch Transformatoren und vor allem keinen Rundfunk gäbe. Aber, wie ihr eben hörtet, hatte er offenbar gar kein Interesse an Technik und Industrie. Was (in aller Welt!) für Gründe hatte er denn eigentlich, so rastlos und sich selber aufopfernd in seinem Laboratorium zu arbeiten?“ – Ich bekam keine Antwort. So sehr war damals – kurz vor dem zweiten Weltkrieg – die Meinung begünstigt worden, dass der blanke Nutzen das einzige Ziel der Forschung sei.

⁹ JOHN TYNDALL: FARADAY und seine Entdeckungen., Braunschweig 1870, S. 149 { 466}²

--- (im Original jetzt Seitenwechsel) ---

¹ Die Zahlen in eckigen Klammern [Wxxx] verweisen auf die Nummern der Wagenschein-Bibliografie, abrufbar im Internet unter <http://www.martin-wagenschein.de/Archiv/Bibliogr.htm>

² Die Zahlen in geschweiften Klammern geben die Datensatznummern im Wagenschein-Archiv an

Deutlich wird die Auseinandersetzung Wagenscheins mit dem Problem

Physik, Kinder, Technik und Schule in seinem – 1963 geschriebenen – Beitrag

„**Physik-Verstehen als Beistand für die Kinder der technischen Welt**“ [W163]:

Auf den ersten Blick scheint sich die Frage des Unterschieds von Physik und Technik schnell zu beantworten: Physik als objektive Wissenschaft zeigt uns die Natur, vorläufig die anorganische, als berechenbar und damit verfügbar. Technik ist die Anwendung der Physik; Technik bestimmt die moderne Welt. Die Schule hat die Kinder dahin zu führen, dass sie diese moderne Welt verstehen und bestehen. Also: ein gründlicher, nicht zu knapp bemessener Physikunterricht, der die wichtigsten technischen Anwendungen einbegreift.

Wenn wir den Artikel aber dennoch bis zum Ende lesen, kommt als Schluss:

Wir sind uns seit etwa 1900 darüber klar, dass es nicht genügt, naturwissenschaftliche Ergebnisse zu wissen, sondern dass sie nur im Tun angeeignet werden können. Heute wird uns klar, dass auch das nicht genügt: Wir müssen auch *wissen, was wir tun*.

Ein so weitgehendes Verstehen ist kein Luxus, sondern zugleich die beste Grundlage auch für die Praxis des künftigen Ingenieurs, Technikers und Facharbeiters. Der recht Verstehende ist dem bloß Manipulierenden in jeder Weise überlegen, er ist als Techniker beweglicher, und er ist als Mensch geschützter.

Hier ist Wagenscheins Forderung „Verstehen lehren“ – „Das Verstehen des Verstehbaren ist ein Menschenrecht“ geformt.

Wie lässt sie sich auf die Technik anwenden?

Ich habe es in meiner Lehrtätigkeit oft versucht.

Eine Einschränkung allerdings: Ich habe keinerlei Erfahrung im Sachunterricht der Primarstufe, auch Erinnerungen an meine eigene Schulzeit helfen da nicht weiter. Ich besuchte vier Jahre lang die Volksschule, hier wurden nur die Fächer ‚Heimatkunde‘ und ‚Naturkunde‘ gelehrt, der Zugang zur ‚Naturlehre‘ wurde mit dem Wechsel zum Gymnasium abgeschnitten. Aber ich war als Neunjähriger eifriger Leser von Geometriebüchern, hatte einen Metallbaukasten und versuchte mich in chemischen Experimenten. Der gymnasiale Physikunterricht brachte mir wenig neue Kenntnisse und noch weniger der einjährige (Lehrermangel!) Chemieunterricht. Der hat mich eher gelangweilt und meine Noten waren entsprechend durch „gutes Mittelmaß“ gekennzeichnet. Als ich dann nach dem Chemiestudium (auch mit einem mittelmäßigen Doktor routinemäßig abgeschlossen) durch den Einfluss Wagenscheins begann, meine angesammelten Kenntnisse als Lehrer weiterzugeben, waren meine Schüler (m/w) immer schon Teenager, aber ohne Vorwissen. Auch war meine Tätigkeit als Chemielehrer nur vertretungsweise und Physikunterricht war mein Hauptarbeitsgebiet, in dem aber meine Chemiekenntnisse oft zu Erklärungen hilfreich waren.

Der Bezug zur Technik wurde dabei durch mein „Hobby“ Elektronik hergestellt. Erst waren es Radio-Bastel-Kurse, am Schluss Projekte in Digital-Elektronik. Wenige Schüler interessierten sich dafür, diese aber meist doch sehr heftig.

Gegen Ende meiner Lehrtätigkeit unterrichtete ich meistens einzelne Schüler „fächerübergreifend“, wobei durch einen intensiveren Gedankenaustausch manches Nachden-

ken (auf beiden Seiten) angeregt wurde. So wurde auch schließlich ein Kurs direkt unter die Überschrift „Technik“ gestellt und mit einem Aushang angekündigt:

Stunde: 1. Fachgruppe: Naturwissenschaften / Geschichte

**TECHNIK
ist die Kunst
Naturgesetze für den Menschen
nützlich zu machen.**

**Das Wort „Technik“ kommt wie das Wort „Physik“ aus der griechischen
Sprache:**

**„Physis“ heißt Natur und
„Techne“ steht für Kunst, Fähigkeit,
aber kann oft auch als Überlistung übersetzt werden.**

Thema des Kurses wird sein:

**Wie haben geschichtliche Ereignisse die Technik beeinflusst und
wie haben technische Entwicklungen die Geschichte beeinflusst?**

Hier soll schon meine Erklärung des Wortes „Technik“ zeigen, dass ich den Technikbegriff ohne vorgängige Bewertung einführte

Am Anfang des Unterrichts standen dann zum Beispiel folgende Überlegungen:

- Was unterscheidet den Menschen von den (anderen...) Tieren? Wir einigten uns bald darauf, dass der wesentliche Unterschied der Umgang mit dem Feuer sei, die üblichen Behauptungen (wie Werkzeuggebrauch, Sprache, {Selbst-}Bewusstsein) halten nämlich einer kritischen Prüfung nicht stand.
- Die Feuernutzung ist also nicht nur typisch menschlich, sondern auch typisch technisch: ohne Naturgesetze zu kennen, können wir weder irgendein Feuer machen noch es am Brennen erhalten oder seine hemmungslose Ausbreitung verhindern. Zwar setzen das Sich-Wärmen am Feuer oder die abschreckende Wirkung eines Lagerfeuers auf herumstreifende „Räuber“ keine Naturkenntnisse voraus, wohl aber tut dies schon die Nahrungszubereitung...
- Stelle Dir Dein Leben ohne Feuernutzung (es darf nicht nur die eigene Tätigkeit sein!) vor...
- Und das wird noch erweitert durch die Aufgabe:

Stelle Dir Deine Existenz ganz ohne Technik vor!

Dies waren dann doch zwei unlösbare Aufgaben, fast vergleichbar mit der Scherzfrage: Was wäre wohl aus Dir geworden, wenn sich Deine Eltern nicht getroffen hätten? – Doch ist das denn wirklich eine Scherzfrage?

Aber all die Umweltprobleme!

Ist also Technik ein Übel, wenn auch ein „notwendiges Übel“? Sind wir dazu verdammt, uns mit der Technik „irgendwie“ zu arrangieren? Wagenscheins vielfache Äußerungen lassen das vermuten. Wo liegen nun die Probleme?

Zuvor als Einschub eine Episode aus der Frühzeit meines Unterrichtens: Radiobastelkurs in den Sechzigerjahren: Wir zerlegten gerade einen „Telefonrundspruch-Empfänger“ (die eröffneten damals in der Schweiz einem Telefonbesitzer die Möglichkeit, unabhängig von einer Antenne und den damit verbundenen Gewitterstörungen Hörfunkprogramme zu empfangen – ja, so ähnlich wie heute das Internet) und da fragt mich so ein Lümmel: „Herr Kohl, wie geht eigentlich ein Computer?“ Auch wenn ich es damals gewusst hätte, ich hätte es nicht erklären können (und wohl trotzdem versucht...). Aber ich wusste es (zum Glück?) nicht. Doch die Frage ließ mich nicht mehr los – und mittlerweile glaube ich, den Computer recht gut erklären zu können³ – und sollte es doch noch besser machen. Wagenschein kann ich leider nicht mehr fragen, ob er damit leben könnte. —

Die Episode zeigt ein anderes Problem im Zusammenhang mit Sachunterricht und Wagenscheins Ansatz: Kinder haben doch ein anderes Umfeld als die Pädagogen es hatten, als sie noch selber Kinder waren! Wir mögen das bedauern, sollten uns aber bei diesem Bedauern fragen, wieviel davon nichts weiter ist als verklärende Nostalgie – Sehnsucht nach der *eigenen Jugendlichkeit*... (Wenn ich Geschichte unterrichten würde, wäre für mich und auch für meine Schüler doch

³ In einer Frühform nachzulesen in <http://www.martin-wagenschein.de/K-Kohl/Informat/Informat.htm>

Louis Quatorze, der „Sonnenkönig“ ein armer Kerl, der kein WC, nicht einmal Klopapier hatte, dafür dauernd Flöhe... — möchtet Ihr mit ihm tauschen?)

Nein – auf die Umweltproblematik gehe ich vorsichtigerweise⁴ gar nicht näher ein

Pädagogen sollen die ihnen anvertrauten Kinder „abholen“, sie in ihrer Welt erreichen. Sachunterricht – welche „Sachen“ beschäftigen Kinder? „Auto“ ist wohl eines der ersten Wörter ihrer Babysprache gewesen, auch eines ihrer ersten Spielzeuge — vielleicht aus Plastik, mit Glubschaugen als Scheinwerfer: Honny soit qui mal y pense! Oder ein Telefon, ein Fernsehgerät mit einer Fernbedienung... Ob sich ein Schulkind noch getraut, die Lehrerin darüber zu fragen? (nachdem es so oft mit der elterlichen Aussage abgefertigt wurde: „Das verstehst du doch noch nicht!“ – denn die Eltern hätten ja zugeben müssen, dass sie auch keine Ahnung haben).

Ja, wir haben es heute schwer mit dem „Verstehen lehren“ bei der Technik.

Noch ein Wagenschein-Zitat:

Auch auf dem Gebiete der technischen *Anwendungen* ist es mit der Besprechung möglichst vieler heute wichtiger Apparate und Erfindungen nicht getan. Das *Prinzip* der Dynamomaschine, des Radioapparates ist vor allem wichtig. Nur für wenige *ausgewählte* Erfindungen sollte um so gründlicher der Gang der Vervollkommnung vom physikalischen Prinzip bis zur technischen Gebrauchsfertigkeit als ein *geistiger* Prozess nachgedacht und nacherlebt werden. – Jedenfalls enthält die *Nützlichkeit* der mathematischen Naturwissenschaft Gefahr und Vorteil zugleich. Sie verführt zur habgierigen und – im Bunde mit einem unaufrichtigen Bildungsstreben fassadenhaften Überladung des Unterrichts, aber sie gibt die Chance, auf die Wirklichkeit und unsere alltäglichen Aufgaben aufzubauen. Man vergleiche damit die entsprechenden Möglichkeiten der alten Sprachen und bedenke, wie missachtet die Oberrealschule bei vielen ist, die ein Gefühl für echte Bildung haben.

(Aus „Zur erzieherischen Aufgabe des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (1933) [W 47], in „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“ (1970) [W 8], S. 27. – Hervorhebungen von Wagenschein)
Heutige Technik ist undurchschaubar.

Aber war sie das für ihre früheren Zeitgenossen nicht auch?

Betriebsgeheimnisse wurden auch früher ängstlich gehütet. Warum wohl? – Da waren doch Arbeitsplätze in Gefahr!

Tatsache ist aber, dass wir heute oft nicht zuschauen können, wie etwas abläuft.

⁴ Denn ich finde, bei konsequentem Durchdenken dieser Probleme werde ich doch unangemessen zynisch, jedenfalls ist es doch sehr unangemessen zynisch, zu sagen: „So lange das Leben eines Menschen mehr wert ist als das eines Baumes, wird es halt immer mehr Menschen und immer weniger Bäume geben...“ Oder zum CO₂-Problem der fossilen Brennstoffe: „Und wenn Ihr Euch mit dem Klimaretten noch so sehr anstrengt, ja, glaubt Ihr denn, man lässt eine erst einmal gefundene Quelle unangezapft? Es dauert halt etwas länger, bis alle brennbaren Bodenschätze verheizt sind.“

Das Dilemma des menschlichen Wesens (Die Menschheit und das Ideal der Menschlichkeit können zu keiner Synthese kommen)

Das Dilemma der Technik (Die Anwendung der Technik schafft Probleme, die sich durch den Einsatz (auch anderer) Technik nicht beseitigen lassen) – Die Katze, die sich im Baum verirrt hat...

Unser Wohlergehen ist ja offenbar vom Wachstum abhängig, auch wenn man durch primitives Nachrechnen merken muss, dass ein ständiges Wachstum unmöglich ist. – Was heißt dann überhaupt „Wohlergehen“ – „Menschenwürdiges Dasein“ ?

Und wenn ich sage: „Ich bin Physiklehrer – das Thema gehört in die Gemeinschaftskunde!“ – Das ist dann zynisch zum Quadrat!

Techniker: MAX FRISCHS Homo Faber ist uns nicht fremd: – Wir kennen ja Menschen, die meinen, alles erklären und deshalb auch machen zu können, Max Frisch schildert das Scheitern dieser Romanperson als Mensch. MAX EYTH, ein anderer Schriftsteller sang auch ‚das Hohe Lied der Technik‘ zum Beispiel in seiner Autobiographie „Hinter Pflug und Schraubstock“.

Aber da ist auch noch ANTOINE DE SAINT-EXUPÉRY, ein Techniker, der sein Flugzeug durchaus selber reparieren konnte – und dabei ein sehr nachdenklicher Mensch. Der könnte wohl ein Vorbild sein. Wagenschein zitiert ihn einige Male, aber nicht im Hinblick auf sein Verständnis von Technik.

Max Eyth wird von Wagenschein nicht erwähnt, nur Max Frischs ‚Homo Faber‘ in seiner beschränkten Sicht der Dinge.

- Als Kind hätte ich gerne Max Eyth gelesen (und wie er geschrieben), *seiner* Sicht der Dinge hätte ich mich wohl ohne Vorbehalt angeschlossen. Seine Welt wäre auch meine Traumwelt gewesen. Ingenieur, Techniker, Machbarkeit hätten mich damals bedingungslos fasziniert. „Dem Inschenör ist nichts zu schwör...“
Ja und? Wäre ich fehlgeleitet gewesen, falsch erzogen?
- Heute wird „Die Wolke“ gelesen, vor Elektrosmog und Gentechnik wird gewarnt, auf gesunde, ausgewogene Ernährung wird geachtet.
Ist das jetzt falsch?
- „Ein echter Oekofreak mag keine Technik leiden, doch Nichtmehrwegzudenken- des benutzt er gern“ formulierte ich in Abwandlung von Goethes Satz in Faust 1 – Auerbachs Keller: „Ein echter deutscher Mann mag keinen Franzen leiden, doch ihre Weine trinkt er gern“. Anlass zu meiner „dreckigen Bemerkung“ war die eifrige Benutzung des großen Fotokopiergeräts durch die Mitarbeiter der ‚écologisch‘ orientierten École d’Humanité.
Wasser predigen und Wein trinken... Ich habe nichts gegen Wasserprediger, wenn sie mich nicht missionieren wollen, ich habe auch nichts gegen Weintrinker, wenn sie nicht besoffen sind und mich zum Mittrinken zwingen wollen. Da halte ich es mit dem „Alten Fritz“, bei dem „jeder nach seiner Façon selig werden“ durfte
- Mit dem Handy einen Protest an die Gemeindeverwaltung gegen die Antenne in der Nachbarschaft durchgeben, zur Klimakonferenz nach Japan oder Südamerika fliegen, mit der Trillerpfeife oder Topfdeckelschlagen gegen Fluglärm protestieren – dies tun und richtig finden, das ist nach meiner Meinung falsch, nämlich zumindest dumm, vielleicht sogar unehrlich verlogen.

Erfinder: Dieses Wort steht bei Wagenschein nicht in der Hervorhebung seiner Sachverzeichnisse, aber er benutzt es in einigen Texten, z. B. in „**Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts**“ einem Vortrag aus dem Jahr 1959 [W145] (UVeD1 S.366) [W 8]. Meistens setzt er den Erfinder auf die Stufe des Technikers. In diesem Vortrag betont er eingangs, dass er keine ‚unmittelbare Volksschulerfahrung‘ hat, sein Beitrag nur Basischarakter haben kann. Auch hier ist ihm wichtig, den Unterschied zwischen Entdecken und Erfinden und damit den Qualitätsunterschied zwischen Physik und Technik herauszubilden.

Wesentliche Beiträge zum Thema hier finden sich vor allem im dritten Teil des Vortrags, wo es unter anderem heißt:

--- (im Original jetzt Seitenwechsel) ---

Ich komme nun im dritten Teil zu einigen praktischen Vorschlägen, lose aneinandergereiht, und hoffe, 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* Berückung der Jugend aufnehmen. Also *auch* mit *technischen* Geräten – nicht zu hoher Komplikation – beginnen. Aber nicht als „Anwendung“ vorher behandelte 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 *entdecken* 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 Gesamtvorhaben in den Kindern Ansätze zeigen.

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

Das heißt nicht: Zusammenfassung von Fächern, da es sie für das Kind noch nicht gibt, 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 schwinde: *auch ohne* Eimer flöge sie ja im Bogen weiter.

¹⁶ Vgl. Der math. u. naturwiss. Unt. VIII (1955/56). S. 182.

--- (im Original jetzt Seitenwechsel) ---

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 klei-

* Die Nummerierung der Fußnoten ist hier die des Originals [W 8]

nes 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 Kalorie.

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 Verstanden werden, als aus dem gelernten 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 hatte ich das Glück“ (zwischen 12 und 16) „die wesentlichen Ergebnisse und Methoden der gesamten Naturwissenschaften in einer vortrefflichen, populären, fast durchweg aufs Qualitative beschränkten Darstellungen kennen zu lernen ¹⁸“

Sie hat ihm offenbar nichts geschadet.

10. Um so 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, wenn's 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 etwas ganz anderes an. Vergleichen wir das Leitungswasser des Lehrbuches: "Lässt man einen Magneten auf Wasser schwimmen, so stellt er sich in

¹⁷ Aphorismen. Insel-Bücherei. Bd. 33. S. 5.

¹⁸ Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher. Stuttgart 1951 S. 5 f. – Gemeint sind vermutlich A. BERNSTEINS Naturwissenschaftliche Volksbücher. 5 Bde. Berlin 1891

¹⁹ A. BANHOLZER: Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter. Tübinger Dissertation 1936 S. 48. { 1341 }

--- (im Original jetzt Seitenwechsel) ---

die Nord-Süd-Richtung ein“, vergleichen wir das mit dem Quellwasser eines Textes aus dem Jahre 1269, geschrieben von dem Kreuzritter PIERRE DE MARICOURT ²⁰

„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 Fluten treibt... Der so gelagerte Stein wendet 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 nach Gottes Ratschluss.“

Das ist die Sprache der Ursprünglichkeit. Genau so wollen auch unsere Kinder schreiben lernen, genau so ursprünglich und genauso 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. Ganz im Widerspruch 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 um so 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, *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.)

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.)

--- (im Original jetzt Seitenwechsel) ---

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 eniwwergelaafe!“ (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 dann am Ende der Volksschule, im neunten oder zehnten Schuljahr, entsprechend am Ende der Mittelstufe der Höheren Schule, sehr wohl ein einfacher Kanon ²³, 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 ²⁴ 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 – wohllassimierte – Physik nicht liegen soll, kann ich nicht bestätigen. Ich fand nicht, dass sie

²² Für die Himmelskunde habe ich es versucht in: „Die Erde unter den Sternen“. Weinheim: J. Beltz Verlag 1965. – Ferner in: Der Physikunterricht. Heft 1. Klett 1965.

²³ Näheres im Kap. XVI meines Buches „Die pädagogische Dimension der Physik“. Braunschweig 1962.

²⁴ Siehe etwa: Zur Klärung des Unterrichtsprinzips des exemplarischen Lehrens. In: Die deutsche Schule 1959. S. 402 ff.[W146]

--- (im Original jetzt Seitenwechsel) ---

eine stärkere Assimilation brauchen als der Mann und Ritter DE 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 würde 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 höchstens 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*“, sagt 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 $4 \cdot 10^{14}$ 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.

Soweit diese doch versöhnlichen Vorschläge Wagenscheins. Denen kann ich ganz zustimmen. Spannend finde ich besonders die Idee eines kindgemäßen Zugangs zur Physik über die Technik, deshalb noch einmal:

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.

Das sollte man weiter verfolgen!

Aber wie?

Wir sind mit Geräten so überladen, dass der Ausdruck „zugemüllt“ verwendet werden darf. Wie können wir aus diesem Müllhaufen (wo die Geräte ja sowieso bald landen werden...) ein Beispiel herausfischen?

Es sollte

- die Kinder wirklich – beunruhigend, aber nicht ängstigend – interessieren, möglichst von ihnen selber „eingebracht“ werden.
- Es sollte die Möglichkeit in sich tragen, erklärbar zu sein.

Das fordert die Lehrperson heraus. Sie sollte sich also mit dem Gerät auskennen, es nicht nur „bedienen“ können, sondern es auch einigermaßen verstanden haben. Eine weitere Bedingung für ein „Einstiegsmodell“:

- Es sollte einerseits „modern“ sein, sonst sind die Kinder in ihrer Erwartungshaltung schnell enttäuscht, andererseits sollte sein Prinzip nicht in absehbarer Zeit schon wieder „aus der Mode“ sein, sonst lohnt sich der Aufwand kaum.

Hier ist also Wagenscheins Interjektion „nicht zu hoher Komplikation“ fragwürdig und damit droht das ganze Projekt unterzugehen. Ist doch schon eine heutige Taschenlampe nicht einfach zu erklären und trotzdem „langweilig“. Kinder benutzen heute:

- Fotohandy
- I-Pad (eventuell mit „Routenplaner“)
- Taschenrechner
- Mountainbike
- Fernbedienung für die Heimelektronik
- Und so weiter...

Ja, das Mountainbike wäre wohl als Einstieg geeignet, denn da ist wirklich einiges zu sehen und zu greifen. Ganz im Gegensatz zu den hier genannten elektronischen Geräten (bestenfalls zwar mit einleuchtend erklärbaren Prinzipien, aber „man sieht nichts“)

Die Fahrradtechnik ist wohl wirklich ein gangbarer Weg von der technischen Anwendung zu den Naturgesetzen, zur Physik. Und dazu muss man ja auch gar nicht mit dem Mountainbike durch den Wald brettern! Schon ihre historische Entwicklung „gibt viel her“ Und die eigentliche Physik kommt wirklich nicht zu kurz bei den Fragen:

- Wieso kann man überhaupt mit dem Fahrrad fahren ohne umzukippen?
- Warum kann man sogar freihändig fahren (auch wenn es verboten ist)?
- Wieso werden beim Bergabfahren die Bremsen heiß?
- Warum hat die Leitung vom Dynamo zur Lampe nur einen Draht?
- Und so weiter...