

Was bleibt vom Physikunterricht?

Konrad Daumenlangs Versuch einer empirischen Bilanz ¹

Rainer Brämer

Natur subjektiv

Daten und Fakten
zur Natur-Beziehung
in der Hightech-Welt

natursoziologie.de 4/1982
Daumenlang

Lehrstück für Bildungsforscher.....	2
Quantitativ keine Wirkung nachweisbar	4
Extrapolation alltäglicher Erfahrungsmuster	6
Dynamisches Naturbild mit Gebrauchswert	8
Physikwissen als Tauschwert	10

Es ist wohl kein Zufall, dass die bemerkenswerte Dissertation des Nürnberger Volksschullehrers und Psychologen *Konrad Daumenlang* über „Physikalische Konzepte junger Erwachsener“ aus dem Jahre 1969 im Kreise von Fachpädagogen so gut wie keine Resonanz erfahren hat. Und dies, obwohl (oder vielleicht gerade weil) seine Befunde an den Grundfesten des naturwissenschaftspädagogischen Weltbildes rütteln. Dabei ist *Daumenlang* durchaus kein fachfremder Kritiker oder gar radikaler Schulkritiker. Im Gegenteil, Anlage und Vorgehensweise seiner Untersuchung weisen ihn als eher vorsichtigen Wissenschaftler aus, dem man das Erstaunen über seine Ergebnisse selbst in der endgültigen Fassung seines Dokormanuscripts noch deutlich anmerkt. Gerade seine wissenschaftliche Zurückhaltung ist es, die seine Befunde so brisant machen.

¹ Erstfassung unter dem Titel "Über die Wirksamkeit des Physikunterrichts – Zum 10jährigen Untergang der Untersuchung Konrad Daumenlangs." Konrad erschienen in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie H1/1980, S. 10ff. Überarbeitete Fassung mit verändertem Untertitel ("Daumenlang und die Grundfesten der Physikdidaktik") in Redaktion Soznat (Hg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Gegenperspektive. Braunschweig 1982, S.74-87. Für www.natursoziologie.de zeitgemäß modifiziert.

Denn er hat sich bei dem erstmals unternommenen Versuch einer Bilanz der bleibenden Wirkungen eines einschlägigen Unterrichtsfaches nicht, wie in der zuständigen Fachdidaktik üblich, von pädagogischem Wunschdenken oder Reformwillen leiten lassen. Im Gegensatz zu den spärlichen empirischen Arbeiten curricularer Erneuerer, deren Ergebnisse infolge des damit verbundenen überbordenden Engagements nicht selten schon vorher feststehen², orientiert sich sein Ansatz am gängigen Bildungskanon und fragt nach dessen Ertrag für die alltägliche Wahrnehmung von Natur in der nachschulischen Lebenswirklichkeit. Überdies ersetzt er die gängige pädagogische Perspektive durch eine psychologische, genauer, eine denkpsychologische.

Seine Fragestellung lautet demnach: Welchen Einfluß haben schulische Informationen - etwa im Vergleich mit individuellen Entwicklungs- oder Sozialfaktoren - auf die Ausprägung fachlichen Wissens bei Jugendlichen bzw. jungen Erwachsenen? Konkret: Wie beeinflusst der schulische Physikunterricht die Vorstellungen der untersuchten Jugendlichen von der sie umgebenden physikalischen Natur, ihre „physikalischen Konzepte“?

Lehrstück für Bildungsforscher

Aufschluß hierüber geben die Ergebnisse einer Erhebung aus den Jahren 1966/67, in die 171 junge Erwachsene mit Volksschulabschluß sowie – als Kontrollgruppe – 89 Schüler der 7. Jahrgangsstufe Nürnberger Stadt- und Landschulen einbezogen worden waren. Beide Untersuchungsgruppen, die „Erwachsenen“ und die „Schüler“, waren nach strengen Zufallskriterien zusammengesetzt und insoweit repräsentative Stichproben für die entsprechenden Gesamtpopulationen (der männlichen Bevölkerung) in und um Nürnberg. Die Befragung der Erwachsenen fand in Zusammenhang mit ihrer militärischen Eignungsuntersuchung (Musterung) statt, was der Altershomogenität der Stichprobe zugute kam und überdies die Bestimmung grundlegender Stichprobencharakteristika erleichterte: Durchschnittsalter 19,3 Jahre, überwiegend Angehörige handwerklicher Berufe, insgesamt von „mittlerer Intelligenz“ (was immer die Bundeswehrtester darunter verstanden). Die Schüler, im Schnitt 13,6 Jahre alt und nach Auskunft der Lehrer ebenfalls von „durchschnittlicher Intelligenz“, wurden während der Schulzeit, jedoch in deutlicher Distanzierung von der Unterrichtssituation (d.h. außerhalb von Fachunterricht und Klassenraum sowie ohne Einschaltung von Lehrern) befragt.³

Das Bemühen um empirische Sorgfalt kommt auch in der Anlage der Befragung als solcher zum Ausdruck. So verzichtete Daumenlang auf die bequeme Form der Fragebogenerhebung, weil Vorversuche zeigten, daß die betreffenden Volksschüler bzw. Volksschulabsolventen sich nur unzureichend schriftlich ausdrücken konnten. Stattdessen wählte er die Methode des standardisierten (und tonbandprotokollierten) Interviews, „bei welchem die vollständige For-

² Die für die jeweiligen Neuerungen fast immer positiven Ergebnisse kommen zumeist allein schon dadurch zustande, daß der monotone Unterrichtsalltag für die Schüler sowohl durch das neue Verfahren wie auch durch die Untersuchung als solche angenehm unterbrochen wird (Abwechslungseffekt), daß die Schüler überdies durch die ihnen von Seiten der Wissenschaftler entgegengebrachte Aufmerksamkeit eine nicht unbeträchtliche Steigerung ihres Selbstwertgefühls erfahren, die sie zu überdurchschnittlichen Anstrengungen anspricht (*Hawthorne-Effekt*), und schließlich dadurch, daß die an der Durchführung beteiligten Wissenschaftler und Lehrer hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes in aller Regel keineswegs unparteiisch sind.

³ Die empirischen Untersuchungen der Fachdidaktik finden in der Regel im Fachunterricht und unter Beteiligung oder doch zumindest Anwesenheit der Fachlehrer statt, was ihre Ergebnisse, insbesondere wenn es um Einstellungen zum Fach bzw. Fachstoff geht, z. T. erheblich verfälscht. Beispiele siehe in *Brämer* (1976 b)

mulierung der Fragen [einschließlich eventueller Zwischen- und Zusatzfragen, R. B] vor der Sitzung vorliegt und die jeder Person in gleicher Weise gestellt werden, ohne Änderungen in der Betonung und Reihenfolge vorzunehmen" (Daumenlang, S. 39). Bei der Auswahl und Formulierung der Fragen ließ sich Daumenlang unter anderem von ähnlichen Untersuchungen⁴ sowie von den jeweils gültigen Lehrplänen leiten. Durch die Orientierung der Fragen am natürlichen Erfahrungshorizont der Jugendlichen vermied Daumenlang den in der lerntheoretischen Forschung insbesondere auch auf physikalischem Gebiet ebenso alten wie verbreiteten Fehler, die Befragten mit Problemen zu konfrontieren, auf die sie wegen ihrer völligen Neuheit nur mit „Verlegenheits- und Augenblickslösungen reagieren können" (Jaide 1954).⁵

Von den 20 Fragen, die auf diese Weise in möglichst breiter Streuung über den schulischen Stoffkatalog entstanden, verblieben nach einem Vortest die folgenden Fragen:

Blitz und Donner

Sie haben doch schon oft Gewitter beobachtet. Wie kommt es eigentlich dazu, dass es blitzt und donnert?

Raumfahrt

Die Astronauten in den Gemini-Kapseln umkreisen tagelang die Erde.

- Wie kommt es, daß die Gemini-Kapsel mit den Astronauten nicht auf die Erde fällt?
- Wie kommt es, daß die Gemini-Kapsel nicht von der Erde fortfliegt, hinaus in den Welt- raum, wenn sie die Erde umkreist?
- Wie kommt es, daß die Astronauten wieder auf die Erde zurückkehren können?

Wind

Wie kommt es, daß der Wind weht?

Schwimmen

Wenn man ein Stück Eisen ins Wasser wirft, so versinkt es. Wie kommt es aber, daß eiserne Schiffe nicht untergehen?

Dynamo

Wie kommt es, daß der Fahrraddynamo Strom erzeugt? Würde ein vom Fahrrad abmontierter Dynamo sich drehen, wenn man eine Batterie anschließt?

Regenbogen

Wie kommt es, daß man öfters nach einem Regen einen Regenbogen beobachten kann?

Jahreszeiten

Wie kommt es, daß es bei uns im Dezember kalt ist?

⁴ So hatte Nass (1956) beispielsweise herausgefunden, daß Kinder auf mit „warum" eingeleitete Fragen in statistisch signifikanter Weise anders (nämlich weniger konkret) reagierten als auf Fragen der Form „wie kommt es, dass ...".

⁵ Die Warnung vor der Provokation von Verlegenheitslösungen findet sich auch schon bei *Karl Zietz* (1937), der deshalb nicht nur auf Fragebögen, sondern auch auf Interviews verzichtete; seine Untersuchungen gründeten sich ausschließlich auf spontane, nach Stundenabschluß protokollierte Schüleräußerungen. Ein extremes Gegenbeispiel hierzu findet sich in einer Untersuchung der Frankfurter Didaktiker *Brauner* und *Peters* (1976), die die zum Thema Elektrizität befragten Schüler mit ihrem Fragebogen sukzessive in eine immer künstlichere Welt erfahrungsferner physikalischer Modellvorstellungen hineindrängten und sich dementsprechend in deren konfusen Antworten nicht mehr zurechtfinden.

Magnetismus

Wie kommt es, daß ein Magnet eiserne Dinge anzieht, zum Beispiel Nägel?

Lupe

Wie kommt es, daß man durch ein Vergrößerungsglas Gegenstände vergrößert sieht?

Quantitativ keine Wirkung nachweisbar

Für die quantitative Auswertung wurde die physikalische Richtigkeit aller vorkommenden Antworttypen durch mehrere, voneinander unabhängige Beurteiler auf einer achtstufigen Rating-Skala bewertet⁶. Auf dieser Grundlage konnte für jede Frage systematisch die mittlere Richtigkeit aller darauf gegebenen Antworten bestimmt werden. Diese Mittelwerte fallen zuallererst durch ihre geringen Werte auf. Sie liegen bei allen Fragen und Gruppen in der Größenordnung von 2, und knapp über 2 liegt dementsprechend auch die über alle Fragen und Gruppen gemittelte Gesamtrichtigkeit der Interviewantworten. Angesichts des von 0 bis 7 reichenden Richtigkeitsintervalls bedeutet dies, daß die Antworten im Mittel zu weniger als einem Drittel der optimalen Antwort entsprechen. Hätte es sich nicht um eine wissenschaftliche Untersuchung, sondern um eine Klassenarbeit oder eine Abschlußprüfung in Physik gehandelt, so wäre rund die Hälfte der Probanden durchgefallen.

Natürlich kann man hiergegen einwenden, daß ein schulischer Physiktest ja in aller Regel nicht quer durch den gesamten Schulstoff geht, und wenn doch, dann werden die Schüler zuvor entsprechend präpariert. Aber genau hier liegt der Hase im Pfeffer: In der Schule sind Tests stets kurzfristig vorbereitet, sei es durch Wiederholungen, sei es dadurch, daß der Stoff der unmittelbar vorangehenden Stunden abgetestet wird. Schulische Leistungstests prüfen also in der Regel das kurzfristig angelernte Wissen der Schüler. Und auch wenn es schon dabei erhebliche Versagerquoten gibt, so reichen die Leistungen doch aus, den Lehrern den Eindruck zu vermitteln, daß der Stoff (zumindest im Schnitt) einigermaßen sitzt, der Unterricht also sein Ziel in etwa erreicht hat.

Daß es sich dabei jedoch nur um eine Illusion handelt, wenn auch eine tief verankerte, weil scheinbar fortwährend bestätigte, zeigen die Durchschnittsdaten der Daumenlangschen Erhebung. Im Gegensatz zu schulischen Prüfungen wurde durch seine Befragung die mittelfristige (Schüler) und langfristige (Erwachsene) Beständigkeit des schulischen Wissens getestet. Und dabei erweist sich der physikalische Wissensstand eher als unzureichend. Mehr noch: Schüler weisen im Schnitt keinen höheren Kenntnisstand (mittlere Richtigkeit 2,0) als die Erwachsenen (2,1) auf. Bedenkt man schließlich, daß Schüler wie Erwachsene gerade bei so vergleichsweise lebensnahen Fragen wie den Daumenlangschen immer auch schon aus ihrer bloßen Alltagserfahrung heraus gewisse Erklärungsansätze für die in Frage stehenden Phänomene entwickeln, so scheint es fast, als sei vom kurzfristigen Schulwissen sowohl mittel- wie langfristig so gut wie nichts übrig geblieben.

Verstärkt wird dieser Eindruck durch die quantitativen Teilergebnisse der Untersuchung, zumal wenn man sich der Vorgehensweise *Daumenlangs* anschließt und vor der Interpretation der ermittelten Daten zunächst einmal entsprechende Erwartungshypothesen formuliert. Grundlage dieser Hypothesen ist die Annahme, daß das schulisch vermittelte Wissen einen

⁶ Bei der Festlegung der optimalen Antwort wurden neben der richtigen physikalischen Erklärung die entsprechenden Darstellungen in den Naturlehrebüchern sowie der umgangssprachliche Charakter der Antwortformulierung berücksichtigt.

meßbar positiven Einfluß auf die Richtigkeit der Interviewantworten hat. Wenn also die derzeit (Schüler) oder seinerzeit (Erwachsene) gültigen Lehrpläne nur für eine der beiden Personengruppen die zur Beantwortung einer Frage erforderlichen Stoffkenntnisse ausweisen, für die andere hingegen nicht, leitet Daumenlang hieraus die Hypothese ab, daß die lehrplanmäßig bevorzugte Gruppe die betreffende Frage auch signifikant richtiger beantworten kann. Tauchen die erforderlichen Stoffabschnitte in den Lehrplanvorgaben beider Gruppen auf, so vermutet Daumenlang einen signifikanten Wissensvorsprung bei den Schülern, weil für sie die schulische Beschäftigung mit diesem Stoff sehr viel weniger weit zurückliegt (in der Regel weniger als 1 Jahr) als bei den Erwachsenen (mindestens 5 Jahre).

Überprüft man nun Frage für Frage die Richtigkeit der entsprechenden Hypothesen⁷, so werden sie in der Mehrheit der Fälle falsifiziert. Nur gelegentlich findet die eine oder andere Hypothese Bestätigung, genauso häufig wird aber auch das jeweilige Gegenteil verifiziert.⁸ Alles in allem hat die Bestätigung der Hypothesen weitgehend zufälligen Charakter⁹, was darauf hindeutet, daß die ihnen zugrundeliegende Basishypothese unzutreffend ist.

So lassen sich zumeist keinerlei Richtigkeitsunterschiede zwischen Erwachsenen und Schülern (auch nicht der Tendenz nach) feststellen. Über Phänomene, die wohl von den Absolventen, nicht aber bereits von den Schülern in der Schule behandelt worden waren, besaßen erstere keine besseren physikalischen Konzepte als letztere; umgekehrt besaßen die Schüler keinen signifikanten Wissensvorsprung vor den Erwachsenen, auch wenn die betreffenden Stoffe gerade erst in ihrem Unterricht behandelt worden waren. Vergleicht man schließlich allein die Schülerantworten auf diejenigen Fragen, die in der Schule bereits behandelt wurden, mit denjenigen, die laut Lehrplan noch nicht drangewesen waren, so lassen keinen statistisch signifikanten Richtigkeitsunterschiede erkennen.

Kurz: Schulische Informationen über physikalische Sachverhalte haben so gut wie keinen Einfluß auf die mittel- bis langfristige Ausprägung physikalischer Konzepte in den Köpfen der Betroffenen. Die Ergebnisse entsprechen „damit nicht der allen Hypothesen zugrundeliegenden Annahme, wonach die Adäquatheit physikalischer Konzepte von den Informationen abhängt, die die Versuchsperson über den betreffenden Bereich erhalten hat und von denen angenommen wurde, daß sie primär von der Schule vermittelt würden“ (Daumenlang, S. 88)¹⁰. Hieraus kann nur „die Schlußfolgerung gezogen werden, daß ein direkter Einfluß schu-

⁷ Der Genauigkeit halber nahm Daumenlang bei der dem Bereich der Elektrizitätslehre entstammenden Fragen die Angehörigen des Elektrohandwerks und verwandter Berufe von der Auswertung aus, obwohl deren Antworten häufig nicht weniger weit vom Optimum abwichen wie die ihrer laienhaften Kollegen.

⁸ Signifikante Wissensunterschiede konnten jedoch immer nur für Teilgruppen, also nur im Vergleich ländlicher Erwachsener mit ländlichen Schülern oder städtischer Erwachsener mit städtischen Schülern, festgestellt werden.

⁹ Wie kunterbunt es bei der Hypothesenbestätigung durcheinander geht, zeigt die folgende Auszählung: Kennzeichnet man den Grad der Abweichung der Befragungsergebnisse von den Hypothesen mit Abständen von 0 bis 4, so ergäbe sich bei einer gänzlich zufälligen Ergebnisverteilung, d. h. bei völliger Zusammenhanglosigkeit von Hypothesen und Ergebnissen, ein mittlerer Abweichungsgrad von 2. Tatsächlich beträgt der mittlere Abweichungsgrad zwischen Hypothesen und Ergebnisfeststellungen in der Daumenlangschen Untersuchung etwa 1,9.

¹⁰ Lediglich ein einziges Teilergebnis der Daumenlangschen Untersuchung schien diese Annahme zunächst doch noch zu stützen: Die Schüler aus Stadtschulen, denen im allgemeinen qua Fachlehrer und Fachunterrichtsraum ein intensiverer Physikunterricht zuteil geworden sein dürfte als den Schülern wenig gegliederter Landschulen, ließen einen statistisch gesicherten physikalischen Wissensvorsprung vor ihren ländlichen Mitschülern erkennen. Doch ist dieser Unterschied vermutlich in erster Linie auf die „unterschiedliche soziologische Zusammensetzung der Untersuchungsgruppen“ zurückzuführen (Daumenlang, S. 183). Hierfür spricht auch der Befund, daß bei den erwachsenen Probanden kein signifikanter Stadt-Land-Unterschied mehr feststellbar war: Infolge des Auswahlkriteriums für ihre Teilnahme an der Untersuchung (abgeschlossene Volksschule, keine weiterführende Schule) war die Erwachsenengruppe sozial wesentlich homogener zusammengesetzt als die Schülergruppe.

lischer Information durch den Naturlehreunterricht auf die Entwicklung physikalischer Konzepte in den betreffenden Bereichen mit der angegebenen Methode bei der untersuchten Stichprobe nicht nachzuweisen war (*Daumenlang* S. 169).

Extrapolation alltäglicher Erfahrungsmuster

Um die zuletzt zitierte Schlußfolgerung wirklich mit vollem Recht ziehen zu können, bedarf es allerdings noch einer qualitativen Analyse der Interviewantworten. Denn auch wenn sich für die befragten Gruppen keine statistisch bedeutsamen Unterschiede hinsichtlich der physikalischen Gültigkeit ihrer Antworten nachweisen ließen, so könnte es doch immerhin sein, daß die Erwachsenen oder auch die jeweils lehrplanmäßig informierteren Gruppen bei im Mittel gleichermaßen richtigen oder falschen Antworten dennoch auf signifikant unterschiedliche Erklärungsprinzipien zurückgriffen. Überdies ist zu fragen, ob man den zwar geringen mittleren Richtigkeitsgrad der Antworten (2 von 7 Stufen der Richtigkeitskala) nicht wenigstens doch als Teilerfolg des Physikunterrichts werten muß.

Daumenlang geht diesen Fragen nach, indem er die Gruppenantworten daraufhin untersucht, ob in ihnen das jeweils richtige, irgendein falsches (besser: inadäquates) oder gar kein physikalisches Prinzip zur Erklärung der angesprochenen Phänomene herangezogen wird. Dabei ist das „richtige“ physikalische Prinzip jeweils das, was die physikalische Lehrmeinung, heruntertransformiert auf die Sprach- und Denkebene der Probanden, zur Phänomenerklärung anbietet. Es ist also sozusagen das zu den Fragen jeweils gehörige Stück des physikwissenschaftlichen Paradigmas, gekennzeichnet durch ein spezifisches Kausalverständnis, das sich weniger auf die Gleichungen der Physik als auf deren zum gegenwärtigen Zeitpunkt gültige Interpretation stützt.

Letzteres ist für die Einschätzung der Antworten insofern wichtig, als die befragten Schüler und Erwachsenen auch in ihren „falschen“ Antworten häufig durchaus richtige Kausalerklärungen anbieten. Nur sind diese Kausalerklärungen nicht die der (heutigen) Physik, sondern entstammen einem anderen „Paradigma“. Welcher Art dieses andere Paradigma ist, zeigt eine Übersicht der jeweils häufigsten Interviewantworten:

Blitz und Donner

Am verbreitetsten ist die Auffassung, daß der Blitz durch Reibung entsteht, während der Donner (zum Teil aber auch der Blitz) mit Vorliebe auf den Zusammenstoß der Wolken zurückgeführt wird.

Raumfahrt

Daß die Gemini-Kapsel nicht auf die Erde fällt, erklären 60 % der Befragten mit der in dieser Entfernung nicht mehr wirkenden Erdanziehungskraft, weitere 20% binden die Wirkung der Gravitation sogar an die Existenz von Materie (Beschränkung der Erdanziehung auf die Atmosphäre). Im Gegensatz hierzu wird die Erdanziehung sehr wohl geltend gemacht, wenn es darum geht, die Gebundenheit der Satelliten an ihre Erdumlaufbahn zu begründen - „größenteils werden diese gegensätzlichen Theorien von den gleichen Personen vertreten“ (*Daumenlang*, S. 152). Häufig aber wird auch hier schon auf die Steuerung der Kapsel verwiesen, auf die schließlich für die Möglichkeit zur Rückkehr verantwortlich gemacht wird.

Wind

Für die Entstehung des Windes werden am häufigsten die Erddrehung und die Bewegung der Meere verantwortlich gemacht.

Schwimmen

Als Grund für die Schwimmfähigkeit eines Schiffskörpers geben die Schüler und Erwachsenen einhellig die darin enthaltene Luft an.

Dynamo

Ebenso wie beim Blitz fungiert auch beim Dynamo die Reibung als Hauptursache des zu beobachtenden Stromflusses, daneben werden häufig technische Beschreibungen des Stromerzeugungsprozesses im Dynamo gegeben. Die Ergänzung der Anordnung durch eine veranlaßt die Mehrheit der Befragten zu Beschreibungen (wenn ... dann); daneben wird auf die „Kraft“ des elektrischen Stromes verwiesen.

Regenbogen

Die Frage nach den Ursachen des Regenbogens wird primär durch die Beschreibung der Umstände seiner Entstehung beantwortet, mit Abstand folgt dann die Interpretation der Regenbogenfarben als Spiegelbilder sonnenbeschienener Felder, Flüsse usw.

Jahreszeiten

Anstelle des schrägen Lichteinfalls wird für die Dezemberkälte fast ausschließlich die größere Entfernung der Erde von der Sonne verantwortlich gemacht.

Magnet

Die Anziehungskräfte des Magneten haben nach Ansicht der Befragten ihre Ursache in erster Linie in seinen spezifischen Herstellungsbedingungen (besonderes Metall, Aufladung mit Strom).

Lupe

Ähnliches gilt für die Vergrößerungsfähigkeit der Linse, die vor allem auf ihren besonderen Schliff bzw. auf die Verwendung spezieller Gläser zurückgeführt wird.

Löst man sich bei der Interpretation dieser Antworten von der einseitigen, am herrschenden Physik-Paradigma orientierten Bewertung *Daumenlangs*, so läßt sich durchaus eine gewisse Systematik in ihnen erkennen. Gewiß, es gibt eindeutig falsche Antworten wie etwa die Deutung des Regenbogens als Widerspiegelung von Erdfarben oder die Zurückführung des Windes auf Erddrehung und Meereswellen. Doch so völlig daneben liegen die Antworten immer nur dann, wenn das zu erklärende Phänomen weit weg von der alltäglichen Naturerfahrung liegt bzw. wenn für seine Erklärung keinerlei Notwendigkeit besteht. Insbesondere die Wetter- und Klimaphänomene werden offenbar nicht als sonderlich erklärungsbedürftig angesehen (da man ohnehin nichts daran ändern kann).

Die Antworten auf entsprechende Fragen fallen demgemäß relativ beliebig aus. Als Tendenz läßt sich lediglich der Versuch erkennen, den unvermuteten Fragen durch die Ad-hoc-Extrapolation von in anderen Zusammenhängen gewonnenen Naturerfahrungen gerecht zu werden - so etwa, wenn die an der eigenen Bekleidung erlebte Entstehung von Elektrizität durch Reibung auf den Blitz oder die Erfahrung der entfernungsabhängigen Wirksamkeit von Wärmequellen auf das System Erde-Sonne übertragen wird.

Dynamisches Naturbild mit Gebrauchswert

Die Situation ändert sich, sobald der Befragungsgegenstand in die Nähe der eigenen Handlungserfahrung rückt oder gar unmittelbar handhabbar wird. Nunmehr lassen sich weitere, durchaus nicht mehr einfach „falsche“ Formen der Bewältigung der entsprechenden natürlichen und vor allen Dingen technischen Phänomene erkennen: Die Beschreibung des Phänomenumfelds als erster Schritt seiner Einordnung und die Dynamisierung des Phänomens einschließlich der Zurückführung der Wirkungen technischer Geräte auf die Besonderheiten ihrer Herstellung.

Obwohl auch die Auseinandersetzung mit physikalischen Schulexperimenten oft mit der Beschreibung des Vorfindlichen beginnt, erscheint dieser Zugang aus der Sicht einer auf allgemeinere Zusammenhänge orientierten Physik untergeordnet. Wird dieser Schritt durch einen allzu prinzipienorientierten Physikunterricht übergangen, tun sich die Schüler schwer, gemachte Erfahrungen zu verallgemeinern. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die größere Allgemeinheit physikalischer Prinzipien deren Bewertung als bessere Erklärungen nicht unbedingt rechtfertigt. Denn genau genommen sind auch diese Prinzipien nur *Beschreibungen* der Natur, ihre Uminterpretation zu „Erklärungen“ beruht lediglich auf der in der Didaktik weitverbreiteten Gleichsetzung von „verallgemeinern“ und „verstehen“. Ohne diese Setzung relativiert sich der Unterschied zwischen „richtigen“ und „falschen“ Antworten nochmals erheblich, was schließlich auch noch dadurch unterstrichen wird, daß die meisten „beschreibenden“ Antworten in früheren Phasen der Physikgeschichte durchaus als „Erklärungen“ akzeptiert worden wären.

Noch fragwürdiger erscheint die paradigmatisch orientierte Unterscheidung von „richtig“ und „falsch“ in Zusammenhang mit den dynamisch-praktischen Erklärungen, wie sie etwa von der einhelligen Antwort zum Thema Schwimmen repräsentiert werden. Denn die im Schiffskörper enthaltene Luft ist in der Tat die entscheidende Bedingung für seine Schwimmfähigkeit, ohne sie würde der offenbar als „physikalisch richtige“ Ursache des Schwimmens angesehene Auftrieb das Schiff kaum vor dem Sinken bewahren können. Im statischen System der physikalischen Naturerkenntnis mag der Auftrieb tatsächlich eine „Ursache“ des Schwimmens sein, doch kann der Schüler mit dieser Einsicht wenig anfangen. Denn der Auftrieb wirkt in jedem Fall, ist eine unveränderbare Naturerscheinung - wie so viele andere, die die Schüler (und übrigens auch die Physiker) mehr oder weniger hinnehmen bzw. hinzunehmen haben. Veränderbar aber ist die Konstruktion des Schiffes, seine technische Dimensionierung entscheidet darüber, ob und wie es schwimmt. Und genau hierauf beziehen sich die Erklärungen der Befragten, wenn sie als wesentliche Voraussetzung des Schwimmens und damit zentrales Strukturelement des Schiffes die Schaffung von luftgefüllten Hohlräumen angeben.

Schon das Beispiel des Schiffes läßt eine gewisse Nähe der alltäglicher Erklärungsmuster zu den Herstellungsprinzipien der in Frage stehenden Gegenstände und Geräte erkennen. Noch deutlicher tritt dies in den Antworten auf die Fragen zu Magnet und Lupe. Danach sind es die Verwendung bestimmter Materialien und deren spezifische Behandlung, die dem Magneten bzw. der Lupe nach Auffassung der Schüler ihre speziellen Eigenschaften sichern. Bedenkt man, daß auch der Kausalitätsbegriff der Physik seine interpretative Bedeutung letztlich dem handelnden Eingriff der Menschen in eine als solche ursachenlose Weltbewegung verdankt, dann wird man die Herstellung eines physikalischen Gerätes tatsächlich als wesentliche Ursache seiner Wirksamkeit anerkennen müssen. Aus der Sicht des Physikers mag es noch weitere Ursachen geben, doch solange man sich auf die Permanenz der natürlichen Erschei-

nungen verlassen kann, stellen sich dem Laien diese anderen Ursachen zu Recht als zweitrangig dar.

Insofern sind die dynamischen Erklärungen der Befragten den theoretischen der Physik hinsichtlich ihrer Richtigkeit mindestens gleichwertig. Zugleich sind sie konkreter bzw. handhabbarer und damit für den alltäglichen Gebrauch nützlicher. Die physikalischen Erklärungen sind zwar ebenfalls nützlich, aber in der Regel nur für die professionell in und mit der Wissenschaft Beschäftigten, von denen sie ja im übrigen auch stammen. Dem normalen Schüler und Erwachsenen müssen sie dagegen mehr oder weniger praxisfern, unbrauchbar und esoterisch erscheinen, was im Vergleich der „richtigen“ und „falschen“ Antworten auf die Fragen nach den Gründen der Rückkehr von Satelliten, der Anziehungskraft von Magneten oder der Schwimmfähigkeit von Schiffen besonders deutlich wird.

Diese Einsicht läßt eine wichtige, von *Daumenlang* leider nur angedeutete Schlußfolgerung zu. Offenbar besitzt die Bevölkerung mehrheitlich ein anderes Verhältnis zur Natur als die beruflich in diesem Bereich tätigen Naturwissenschaftler einschließlich ihrer schulischen Vertreter. Dieses Verhältnis ist durch die Konkretheit, Nützlichkeit und Gebrauchsfähigkeit des Naturwissens bestimmt. Demgegenüber zeichnet sich das professionelle Naturbild durch eine höhere Abstraktheit bzw. Allgemeinheit und eine scheinbar zweck- und emotionsfreie Distanz zwischen beobachtendem Subjekt und beobachtetem Objekt aus. Wissenschaftler wollen die Welt nicht primär handelnd verändern, sondern lediglich geistig erobern. Dabei ist das Naturbild der Bevölkerung zumindest im Bereich des alltäglichen Umgangs mit Natur und Technik kaum weniger konsistent als das der Naturwissenschaftler; das belegen nicht nur die vorstehend interpretierten Antworten, sondern auch die Ergebnisse ähnlicher Befragungen, die immer wieder dieselben Motive und Strukturelemente erkennen lassen.¹¹

Die Hypothese von der Existenz eines nicht unbedingt komplett inkonsistenten alltäglichen Naturbildes, gewissermaßen also eines Alltagsparadigmas (im Gegensatz zum Wissenschaftsparadigma), erklärt im vorliegenden Zusammenhang dreierlei:

- Zum einen wird verständlich, daß *Daumenlang* auch bei seiner qualitativen Analyse keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Schülern und Erwachsenen fand: „Die physikalischen Konzepte der Erwachsenen unterscheiden sich damit nicht in der Wahl anderer qualitativer Kategorien von denen der Kinder“ (S. 165). Auch eine zusätzliche Befragung von 100 PH-Studenten förderte - abgesehen von einem höheren mittleren Antwortrichtigkeitsgrad (Abiturienten) - in den „falschen“ Antworten dieselben Erklärungsprinzipien zutage wie die Hauptuntersuchung. Von daher hält *Daumenlang* die lernpsychologische (und auch fachdidaktisch übliche) Interpretation des alltäglichen als „kindlichen“ Naturbildes für widerlegt: "Die Bezeichnung 'kindlich' ist aber insofern irreführend, da nach den Ergebnissen der Untersuchung derartige Theorien nicht ausschließlich von Kindern vertreten werden, sondern die Auffassungen von Erwachsenen aus der sozialen Umwelt der Kinder darstellen" (S. 176).
- Zum anderen klärt sich der Widerspruch auf, daß die befragten Gruppen mit den Antworten im Mittel immerhin die Stufe 2 auf der siebenstufigen Richtigkeitsskala erreichten, obwohl doch in der Korrelationsanalyse kein Einfluß schulischer Informationen auf das Naturwissen der Probanden nachweisbar war. Dieses knappe Drittel „richtigen“ Wissens resultiert vermutlich nicht zuletzt aus einer partiellen Überdeckung von Alltags- und Wissenschaftsparadigma. Da *Daumenlang* indes von der alleinigen „Richtigkeit“ des Wissenschaftspara-

¹¹ Vergl. hierzu: Materialien zur Empirie des naturwissenschaftlichen Unterrichts - Ergebnisse eines Seminars am Fachbereich Erziehungswissenschaft der Universität Marburg. Vervielfältigtes Manuskript, Marburg 1979.

digmas ausging - was im übrigen angesichts seines Untersuchungsziels (Wirksamkeit von wissenschaftsparadigmatischem Physikunterricht) durchaus gerechtfertigt war - erfaßte er mit seiner Auswertung nur denjenigen Anteil des alltäglichen Wissens, der sich mit dem wissenschaftlichen Naturbild in etwa deckt.

- Und schließlich erklären Existenz und Charakter des Alltagsparadigmas auch noch den Hauptbefund der *Daumenlangschen Arbeit*, nämlich die relative Wirkungslosigkeit des Physikunterrichts. Denn der Gegensatz zwischen dem schülereigenen und dem lehrplanmäßigen Naturbild ist offenbar hinsichtlich Erkenntnismodell und Zielrichtung derart groß, daß die Schüler das wissenschaftliche Naturbild bestenfalls durch bloßes Auswendiglernen bewältigen können. Das schulische Wissen wird also nicht als Gebrauchswert, sondern lediglich mit dem Ziel, es gegen gute Noten einzutauschen, als Tauschwert also, erworben. Wie die einander widersprechenden Antworten auf die Raumfahrtfrage zeigen, bleiben Alltags- und Wissenschaftsbild (endliche und materiell gebundene Kraft versus unendlich weit wirksame Kraft) im Zweifelsfall sogar unverbunden nebeneinander bestehen, da der Sinn beider Naturbilder, nämlich Gebrauch bzw. Tausch, ein völlig unterschiedlicher ist.¹²

Physikwissen als Tauschwert

Und so ist es denn auch kein Wunder, wenn die Schüler ihr Tauschwissen nach Erreichen des damit verbundenen Ziels (Klassenarbeits- bzw. Zeugnisnoten) nahezu umgehend und vollständig wieder vergessen. Übrig bleibt lediglich das bestenfalls geringfügig modifizierte Alltagswissen über die Natur, was zumeist schon vor Beginn des Fachunterrichts voll ausgebildet war - ein Sachverhalt, der den Empirikern unter den Fachdidaktikern übrigens durchaus bewußt ist¹³, ohne daß sie indes adäquate Konsequenzen daraus ziehen.

In diesem Zusammenhang ist ein scheinbar nebensächliches Ergebnis noch nachzutragen. Es betrifft die in den Daumenlangschen Interviews jedem Befragten offen gelassene Möglichkeit, statt einer „richtigen“ oder „falschen“ Antwort auf die eine oder andere Frage auch gar keine Antwort zu geben. Sie erwies sich insofern als aufschlußreich, als sich bei der quantitativen Auswertung herausstellte, daß die Schüler signifikant seltener von ihr Gebrauch gemacht hatten als die Erwachsenen.

Dieser Befund unterstreicht einmal mehr den Tauschwertcharakter physikalischen Wissens. Denn ohne daß die Schüler im Schnitt mehr wußten, haben sie doch mehr aus sich herauszuholen versucht. Die Präsentation von Schulwissen, auch wenn sie nicht direkt in einer Prüfungssituation erfolgt, hat für die Schüler offenbar einen höheren Wert als für Erwachsene. Dieser höhere Wert kann nur der Tauschwert des Wissens sein, jene Währung also, die für den Schulerfolg bestimmend ist. Die Erwachsenen können den Tauschwert nicht mehr realisieren, sie haben ihr Schulwissen bereits gegen mehr oder weniger erfolgreiche Abschlußzertifikate eingetauscht und können sich schon einmal ein „weiß nicht“ leisten.

¹² Von der Existenz zweier unterschiedlicher und zum Teil einander sogar widersprechender Naturbilder in den Köpfen der Schüler berichten auch andere Autoren wie z. B. *Weninger u. a. (1974)*, *Pfundt (1975)*, *Hecht (1978)*.

¹³ Allein im Jahre 1978 fand sich in den ansonsten in puncto Realitätswahrnehmung eher defizitären naturwissenschaftlichen Unterrichtszeitschriften der Bundesrepublik der resignierte Hinweis auf die geringe Chance, das bei den Schülern bereits vor Unterrichtsbeginn vorhandene Naturbild zu beeinflussen, gleich mehrfach, nämlich bei *Buck (1978)*, *Hecht (1978)*, *Jung (1978)*, *Leboutet Barrell (1979)*, *Nußbaum/Novak (1978)*.

So sehr der Tauschwertcharakter schulischen Wissens die Didaktiker und Lehrer beunruhigen sollte, so kurzfristig wäre jedoch der Versuch, ihn per didaktischem Handstreich beseitigen zu wollen. Denn er ist nicht eine Folge irgendeiner falschen didaktischen Konzeption, sondern Ergebnis der Bewertungs- und Selektionsfunktion der Schule: Solange das Bildungssystem die Schüler nach den von ihnen rezipierten Wissensquanten auseinanderdividiert, muß schulisches Wissen notwendig Tauschwertcharakter erhalten.

Die am Beispiel des Physikunterrichts festgestellte Kluft zwischen dem Tauschwissen und dem Gebrauchswissen ließe sich womöglich hier und da verkleinern. In diese Richtung zielen die didaktischen Schlußfolgerungen des Psychologen Daumenlang, wenn er ähnlich wie Wageschein ein stärkeres Eingehen auf und Anknüpfen an die Naturvorstellungen der Schüler empfiehlt. Angesichts des weitgehend konträren Charakters von Wissenschafts- und Alltagsparadigma bedeutet dies allerdings ein grundsätzliches Abrücken vom Postulat der „Wissenschaftsorientierung“ des Unterrichts. Denn es nützt wenig, nur stückchenweise auf das Alltagsparadigma der Schüler einzugehen. In demselben Moment, in dem man etwa nach einer alltagsorientierten Motivationsphase wieder zum Wissenschaftsparadigma zurückkehrt, stellen sich sofort die bekannten Schwierigkeiten ein.

Die Erfahrungen mit den Versuchen eines durchgehend schülerorientierten Physikunterrichts zeigen, dass dabei nicht mehr viel von der herkömmlichen Physik übrigbleibt. An die Stelle des Wissenskanons über die unveränderbare Natur tritt die zunehmende Beschäftigung mit der veränderbaren Natur. Verstehen bedeutet statt Verallgemeinern erst einmal Begreifen (letzteres auch im wörtlichen Sinne), kognitive Grundprinzipien werden durch handlungsrelevante Grunderfahrungen untermauert. Schlimmer noch: Das von der Wissenschaft fein säuberlich aus der Natur herausgehaltene Subjekt der Naturbewältigung wird partiell wieder in seine Rechte eingesetzt.

Tatsächlich hat der Physikunterricht seit Daumenlangs Analyse, indem er sich auch in den Hauptschulen weitgehend auf die Vermittlung des elementarisierten Wissenschaftsparadigmas kapriziert hat, den gegenteiligen Weg beschritten. Konnte Daumenlang seinen Untersuchungen noch den relativ praxisnahen Wissenskanon einer "Naturlehre" zugrundelegen, so sind seither Alltagsbezüge, insbesondere soweit sie technisch-manipulative Erfahrungen betreffen, weitgehend zugunsten wissenschaftlicher Begriffsbildungen und Erkenntnisse aus der Schule verschwunden. Wer sich davon erhofft, den Transfer von Schulwissen in den Alltag verbessert zu haben, ist aufgefordert, es der Daumenlangsche Expertise nachzutun. Bis dato ist das auch nicht ansatzweise geschehen.

Brämer, Rainer: Weitanschauliche Erziehung als Grundposition der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik in der DDR. Deutschland Archiv H 8/1976 b, S. 847 ff.

Brauner, Rudolf und Peters, A.: Auffassungen, Vorstellungen und Begriffe von Kindern in Zusammenhang mit der Elektrizität und dem elektrischen Strom. Naturwissenschaften im Unterricht H 5/1976, S. 183 ff; H 6/1976, S. 240 ff; H 8/1976, S. 323 ff.

Buck, Peter: Sollten wir „Energie“ auf der Sekundarstufe 1 wirklich als Erhaltungsgröße einführen? *physica didactica* H 4/1978, S. 199 ff.

Daumenlang, Konrad: Physikalische Konzepte junger Erwachsener. Ihre Abhängigkeit von Schule und Familienkonstellation. Dissertation Nürnberg 1969.

Hecht, Karl: Wie „wissenschaftlich“ kann, darf oder soll der naturwissenschaftlich-technische Unterricht sein?. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht H 4/1978, S. 193 ff.

Jaide, Walter: Über die Entwicklung des kindlichen Verständnisses für Natur und Technik. Schule und Psychologie 1 (1954), S. 7 8 ff.

Jung, Walter: Zum Problem von Schülervorstellungen. *physica didactica* H 4/1978, S. 231 ff.

Leboutet-Barreit, L.: Mechanische Begriffe von Jugendlichen. *physica didactica* H 2/ 1979, S. 55 ff.

Nußbaum, J. und Novak, J. D.: Interviews zur Beurteilung der Vorstellungen von Kindern über die Erde. *physica didactica* H 1/1978, S. 53 ff.

Pfundt, Helga: Ursprüngliche Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht H 3/1975, S. 157 ff.

Weninger, Johannes u. a.: Der Übergang von der Atomhypothese zur Kern-Elektron-Hypothese. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht H 7/1974, S. 426 ff.

Zietz, Karl: Physikalische Theorien bei Kindern. In: Bericht über den XV. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Jena 1937, S. 232 ff.