

Über die Wirksamkeit des Physikunterrichts

Zum 10jährigen Untergang der Untersuchung Konrad Daumenlangs

Von Rainer Brämer

Ein volles Jahrzehnt ist es her, seit der Psychologe Konrad Daumenlang mit seiner Dissertation über „Physikalische Konzepte junger Erwachsener“ an die wissenschaftliche Öffentlichkeit trat [1]. Und seit eben dieser Zeit werden die Ergebnisse seiner Arbeit von der zuständigen Fachdidaktik geflissentlich übersehen¹⁾. Und dies, obwohl (oder vielleicht gerade weil?) seine Befunde vieles von dem, worauf die Physikdidaktik bislang gebaut hat, in Frage stellen.

Dabei ist Daumenlang durchaus kein radikaler Schulkritiker. Im Gegenteil, Anlage und Vorgehensweise seiner Untersuchung zeichnen ihn eher als vorsichtigen Wissenschaftler aus, dem man das eigene Erstaunen über seine Ergebnisse selbst in der endgültigen Fassung seines Doktormanuskripts noch deutlich anmerkt. Dennoch war es ihm nicht vergönnt, über den Anmerkungsapparat eher etwas abseitiger Publikationen hinaus in die physikdidaktische Diskussion Eingang zu finden, und wahrscheinlich hat er mittlerweile auch längst das Interesse daran verloren¹⁾ und ist auf den weniger schwankenden Boden der empirischen Psychologie zurückgekehrt.

Von daher kommt die folgende Würdigung seiner Arbeit — zumindest was seine Person betrifft — vermutlich erheblich zu spät. Doch sind seine Ergebnisse nach wie vor so aktuell, daß es sich mindestens für die Didaktikerzunft auch nach 10 Jahren noch lohnt, eine Diskussion darüber zu beginnen. Hinzu kommt, daß die Zeit für eine solche Diskussion eigentlich auch jetzt erst so richtig reif ist.

¹⁾ Anm. der Redaktion: Wir haben vor etwa 2 Jahren Herrn Prof. Daumenlang gebeten, eine Zusammenfassung seiner Ergebnisse für die NiU-P/C zu schreiben. Dieser Beitrag ist wegen Zeitmangels bisher nicht zustande gekommen.

Denn die empirische Wende der modernen Fachdidaktik als augenfälligstes Kennzeichen ihrer wissenschaftlichen Selbstfindung ist unverkennbar. Wo sonst nur fachdidaktische Potenzphantasien in Form immer neuer Stoffelementarisierungen und utopischer Lehrgangsentwürfe regierten, begegnen uns in den letzten Jahren zunehmend empirische Untersuchungen zu den diversesten fachunterrichtlichen Fragen. Zwar läßt die Anlage dieser Untersuchungen häufig noch sehr zu wünschen übrig, ihre Ergebnisse stehen zumeist schon vorher fest²⁾, doch schärft sich mit ihnen Stück für Stück der fachdidaktische Blick für die Realität und vor allen Dingen für die reale Wirksamkeit des Physikunterrichts. Und genau hierüber sind der Daumenlangschen Dissertation einige ebenso fundierte wie grundlegende Feststellungen zu entnehmen.

1. Die Anlage der Untersuchung: Ein Lehrstück für Physikdidaktiker

Worum also geht es in der Untersuchung von Daumenlang? Natürlich

²⁾ Das gilt insbesondere für jene Vielzahl von Arbeiten, die den Einsatz neuer Unterrichtsmethoden und -medien im Physikunterricht untersuchen. Deren für die jeweiligen Neuerungen fast immer positive 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 Wissenschaft entgegengebrachte Aufmerksamkeit in der Regel eine nicht unbeträchtliche Steigerung ihres Selbstwertgefühls erfahren, die sie zu überdurchschnittlichen Anstrengungen ansportelt (Hawthorne-Effekt), und schließlich dadurch, daß die an der Durchführung beteiligten Wissenschaftler und Lehrer hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes in aller Regel keineswegs unparteiisch sind.

ist ihr Ansatzpunkt ein psychologischer, genauer, ein denkpsychologischer: 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“? Was für Daumenlang aus psychologischer Sicht interessant ist, ist es aus pädagogischer und fachdidaktischer Sicht indes mindestens ebenso, geht es hierbei doch letztlich um nichts anderes als die Frage nach der kognitiven Wirksamkeit unseres modernen Physikunterrichts: Was bleibt von den mit so viel fachdidaktischer Mühe elementarisierten und pädagogisierten Konzepten der Physik eigentlich bei den Jugendlichen hängen?

Aufschluß hierüber geben die von Daumenlang referierten Ergebnisse einer Erhebung aus dem Jahre 1966/67, in die 171 junge Erwachsene mit Volksschulabschluß sowie — als Kontrollgruppe — 99 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 in und um Nürnberg. Die Befragung der Erwachsenen fand in Zusammenhang mit ihrer militärischen Eignungsuntersuchung (Musterung) statt, was der Altershomogenität der Stichprobe zu Gute kam und überdies die Bestimmung grundlegender Stichprobencharakteristika erleichterte (Durchschnitts-

wenige Fragen nicht beantwortet werden und andererseits für jede Frage nur jeweils ein Wertungspunkt verlorengelht. (Bei Fragen mit mehreren möglichen richtigen Antworten gibt es natürlich dementsprechend viele Wertungspunkte!).

Auf der anderen Seite ist jedoch auch jede Frage als ungültig zu werten, bei der ein Schüler mehr als eine Antwort angekreuzt hat. (Dieses Kennzeichen der ausgewählten Antworten erfolgt entweder so, daß die vorhandenen Antworten mit kleinen Buchstaben markiert und diese dann angekreuzt werden, oder so, daß vor den Antworten kleine Kästchen gezeichnet sind, in die dann ein Lösungskreuz gesetzt werden kann).

Die Frage- und Antwortformulierung muß also so eindeutig sein, daß eine unerwünschte, mehrfache Antwort nicht erfolgen kann. Außerdem sind die Fragen dieses Typs durch ein Kennzeichen (Nummer mit Sternchen, doppelte Nummernklammer usw.) von den „normalen“ Fragen einer gemischten Klassenarbeit schon grafisch deutlich abzuheben, damit die verschiedenen Fragentypen nicht zu verwechseln sind. (Die Sammlung im Anhang zeigt verschiedene Fragentypen).

3. Die Wiederverwendung von Aufgaben

Allgemein bleibt festzustellen, daß Fragen mit Auswahlantworten bei den Schülern sehr beliebt sind, da sie ihnen leichter fallen und ihnen trotz der großen Anzahl nicht soviel Zeit und Arbeit abzufordern scheinen. Die Fragen eignen sich für kurze Testarbeiten, Übungsarbeiten und einstündige Klassenarbeiten (in Verbindung mit Aufgaben herkömmlichen Typs). Sie sind auch bei neuen Gruppen wiedereinsatzbar, da man sie in ihrer Reihenfolge verändern kann und ihre Antwortbuchstaben (wenn man sie zuerst mit Bleistift geschrieben hat) schnell zu vertauschen sind. Damit ist auch die Gefahr gering, daß die richtigen Arbeitsergebnisse von der

einen auf die andere nachfolgende Gruppe einfach ziffern- und buchstabengetreu weitergegeben werden und somit die Schüler der 2. Gruppe nur richtige Ergebnisse erzielen.

Hat man sich überdies im Laufe der Zeit einen Zettelkasten mit Einzelfragen auf je einem Zettel zu allen Gebieten der Lehrpläne geschaffen, so bietet sich dann auch die Gelegenheit, durch wechselnde Kombination dieser Fragenzettel den Stoff genau abzufragen, den man mit der jeweiligen Gruppe bearbeitet hat. Jede Gruppe erhält dadurch die Arbeit, die ihrem Wissensstand entspricht.

Ein Hinweis zum Schluß: Wenn in der Schule ein Schnellkopierer vorhanden ist, so kann man sich zwei Folien des Arbeitsprojektors an ihrer Schmalseite so zusammenkleben, daß man in sie — wie in eine Einschiebetasche — die Fragenzettel in der gewünschten Reihenfolge einlegen und mehrere auf einer Seite dann kopieren kann. Man schafft sich damit eine vorzügliche Möglichkeit, neue Arbeiten nur durch Kombination der Fragenzettel aufzustellen, ohne immer alles neu auf Matrizen schreiben zu müssen.

Anhang: Fragen aus verschiedenen Tests*)

1. Warum sind Luftblasen im Wasser zu sehen, obgleich beide Stoffe durchsichtig sind?

Weil

- a) die Luftblasen sich im Wasser bewegen,
- b) man alle Fremdkörper im Wasser sehen kann,
- c) an den Grenzflächen zwischen Wasser und Luft Totalreflexion auftritt.

2. Die Entstehung von Erdöl ist abhängig von:

- a) luftdichter Abdeckung und Druck,
- b) Druck, Hitze und luftdichter Abdeckung
- c) Hitze, Druck und Kleinlebewesen.

3. Eine Glühlampe (4 V / 0,2 A) hat eine Leistung von:

- a) 20 W
- b) 0,05 W
- c) 0,8 W

4. Ein Fernseh-Gerät hat eine Leistung von ungefähr 400 W. Es läuft am Tag durchschnittlich 3 Stunden. Wie groß ist

die von ihm verrichtete elektrische Arbeit?

- a) 0,12 kWh
- b) 1,2 kWh
- c) 12 kWh

5. Vor einem Wald wird ein Schuß abgegeben. Das Echo wird nach 6 Sekunden hörbar. Der Waldrand ist demnach etwa entfernt:

- a) 1 km
- b) 2 km
- c) 6 km

6. Die Formel für die elektrische Leistung heißt:

- a) $P = U \cdot I$
- b) $P = U \cdot R$
- c) $P = I \cdot R$

7. Die Luft ist ein Gemisch aus verschiedenen Gasen. Es sind in ihr enthalten:

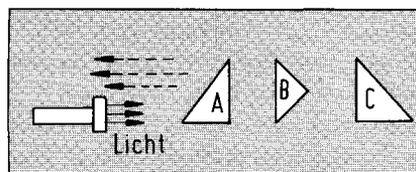
- a) Benzin
- b) Chlor
- c) Argon-Edelgas
- d) Sauerstoff
- e) Stickstoff
- f) Kohlendioxid

/ Hier kannst Du mehrere Antworten geben /

8. Ein Elektrogerät hat eine elektrische Leistung von 1000 W (Betriebsspannung 220 V). Wie groß ist die Stromstärke im Gerät?

- a) 4,54 A
- b) 45,4 A
- c) 0,454 A

9. Wie muß man ein rechtwinkliges Prisma in den Strahlengang einsetzen, damit es die Richtung des Lichtstrahles umkehrt?



- a) In Stellung A
- b) In Stellung B
- c) In Stellung C

10. Die Halbwertszeit von Polonium beträgt 3 Minuten. Wie groß ist seine Radioaktivität nach insgesamt 6 Minuten?

- a) Es ist gar nicht mehr radioaktiv
- b) Seine Radioaktivität beträgt nur noch die Hälfte des ursprünglichen Wertes
- c) Seine Radioaktivität beträgt nur noch ein Viertel des ursprünglichen Wertes.

*) Der Buchstabe vor der richtigen Antwort ist eingeklammert.

alter 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, befragt³⁾.

Das Daumenlangsche 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 solchermaßen befragten Volksschüler bzw. Volksschulabsolventen sich nur unzureichend schriftlich ausdrücken konnten. Statt dessen wählte er die Methode des standardisierten (und tonbandprotokollierten) Interviews, „bei welchem die vollständige Formulierung 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“ [1, S. 39]. Bei der Auswahl und Formulierung der Fragen ließ sich Daumenlang unter anderem von ähnlichen früheren Untersuchungen und den dabei gewonnenen Erfahrungen⁴⁾ sowie von den jeweils gültigen Lehrplänen leiten. Vor allem aber durch die Orientierung der Fragen am natürlichen Erfahrungshorizont

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 oder Fachstoff geht, z. T. erheblich verfälscht. Beispiele siehe in [2].

⁴⁾ So hatte Nass [3] beispielsweise herausgefunden, daß Kinder auf mit „warum“ eingeleitete Fragen in statistisch signifikanter Weise anders (nämlich weniger sachlich) reagierten als auf Fragen der Form „wie kommt es, daß...“

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 [4]⁵⁾.

Von den 20 Fragen, die auf diese Weise in möglichst breiter Streuung über den schulischen Stoffkatalog entstanden, blieben nach einem Vortest die folgenden 10 Fragen zu den Themenbereichen Blitz und Donner, Astronauten, Wind, Schiff, Dynamo, Elektromotor, Regenbogen, Magnet, Winter und Lupe übrig:

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

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

a) Wie kommt es, daß die Gemini-Kapsel mit den Astronauten nicht auf die Erde fällt?

b) Wie kommt es, daß die Gemini-Kapsel nicht von der Erde fortfliegt, hinaus in den Weltraum, wenn sie die Erde umkreist?

c) Wie kommt es, daß die Astronauten wieder auf die Erde zurückkehren können?

3. Wie kommt es, daß der Wind weht?

⁵⁾ Die Warnung vor der unreflektierten Provokation von Verlegenheitslösungen findet sich auch schon bei *Karl Zietz* [5], der deshalb nicht nur auf Fragebögen, sondern auch auf Interviews verzichtete; seine Untersuchungen gründeten sich statt dessen ausschließlich auf spontane, nach Stundenabschluß protokollierte Schüleräußerungen.

Ein extremes Gegenbeispiel hierzu findet sich in einer erst kürzlich erschienenen Untersuchung der Frankfurter Didaktiker *Brauner* und *Peters* [6], die die zum Thema Elektrizität befragten Schüler mit ihrem Fragebogen sukzessive in eine immer künstlichere Welt erfahrungsferner physikalischer Modellvorstellungen regelrecht hineindrängten und sich dementsprechend in deren ziellos-suggestiven Antworten auch nicht mehr zurechtfinden.

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

5. Wie kommt es, daß der Fahrraddynamo Strom erzeugt?

6. Würde ein vom Fahrrad abmontierter Dynamo sich drehen, wenn man eine Batterie anschließt?

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

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

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

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

2. Die quantitative Auswertung: Keine Wirkung nachweisbar

Die Antworten auf die Interviewfragen wurden zunächst zu inhaltlich gleichen Gruppen zusammengestellt, und zwar stets durch mehrere, voneinander unabhängige Beurteiler (mittlere Übereinstimmung 99 %). Erst danach wurde die quantitative Einschätzung des Ausprägungsgrades der physikalischen Richtigkeit dieser Antwortgruppen — und zwar ebenfalls von mehreren Beurteilern — auf einer achtstufigen Rating-Skala vorgenommen (Stufe 0: keine Erklärung, Stufe 7: „optimale Erklärung“⁶⁾). Trotz weitgehender Übereinstimmung⁷⁾ wurden diese Antwortbewertungen nochmals mit den Einschätzungen zweier Experten (Studienassessoren für Mathematik und Physik) verglichen⁸⁾.

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

⁷⁾ Mittlerer Korrelationskoeffizient nach *Horst*: 0,97.

⁸⁾ Q-Korrelationskoeffizient nach *Hofstätter*: 0,95.

Auf der Grundlage der so ermittelten Richtigkeitswerte für jede Antwortgruppe ergibt sich nun pro Frage für jede der untersuchten Probandengruppen eine Richtigkeitsverteilung der Gesamtheit ihrer Interviewantworten auf der achtstufigen Ratingskala. Für die quantitative Auswertung ist nur der Median dieser Verteilung interessant, jener Zahlenwert also, der angibt, mit welchem Richtigkeitsgrad die jeweilige Erwachsenen- und Schülergruppe die betreffende Frage *im Mittel* beantwortet hat.

Bei der Durchsicht dieser mittleren Richtigkeitsgrade fallen zuallererst ihre durchweg geringen Werte auf. Sie liegen bei allen Fragen und Gruppen mit einer Abweichung von maximal ± 1 um den Wert 2 herum, und knapp über 2 liegt dementsprechend auch der über alle Fragen und Gruppen gemittelte Gesamtgrad der Richtigkeit der Interviewantworten. Angesichts der von 0 bis 7 reichenden Bewertungsbreite der Antworten bedeutet dies, daß diese im Mittel zu weniger als einem Drittel den optimalen Antworten entsprechen. Hätte es sich nicht um eine wissenschaftliche Untersuchung, sondern um eine Klassenarbeit oder eine Abschlußprüfung in Physik gehandelt, so wäre also rund die Hälfte der Probanden (Median!) durchgefallen.

Natürlich kann man hiergegen einwenden, daß ein schulischer Physiktest ja in der 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 nur der Stoff der unmittelbar vorangehenden Stunden abgetestet wird. Schulische Tests prüfen also immer nur das *kurzfristige* Wissen der Schüler. Und auch wenn es schon dabei erhebliche Versagerquoten gibt, so reichen die in der Regel mehrheitlich zufriedenstellenden Leistungen doch aus, den Lehrern den Eindruck zu vermitteln, daß der Stoff (zumindest im

Schnitt) einigermaßen sitzt, daß 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 wurden durch seine Befragung erstmals die mittelfristige (Schüler) und langfristige (Erwachsene) Beständigkeit des schulisch erworbenen Wissens getestet. Und schon ist der mittlere Wissensstand unter das ausreichende Niveau gesunken. Dabei ist besonders interessant, daß die Schüler im Schnitt keinen höheren Kenntnisstand (mittlere Richtigkeit 2,0) als die Erwachsenen (2,1) aufweisen. Bedenkt man noch, daß Schüler wie Erwachsene gerade bei so vergleichsweise lebensnahen Fragen wie den Daumenlangschen immer auch schon aus ihrer bloßen Alltagserfahrung heraus gewissen Erklärungsansätze für die in Frage stehenden Phänomene entwickeln können, so scheint es fast, als sei vom kurzfristigen Schulwissen sowohl lang- als auch mittelfristig so gut wie gar nichts übriggeblieben.

Verstärkt wird dieser Eindruck durch die quantitativen Teilergebnisse dieser Untersuchung, zumal wenn man sich der Vorgehensweise Daumenlang 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 meßbar positiven Einfluß auf die Richtigkeit der Interviewantworten hat.

Wenn also die derzeit (Schüler) oder seinerzeit (Erwachsene) gültigen Lehrpläne nur für *eine* der beiden verglichenen 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 be-

antworten 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 solchermaßen gewonnenen Hypothesen anhand der quantifizierten Interviewergebnisse⁹⁾, so wird man in der Mehrheit der Fälle enttäuscht. Zwar findet die eine oder andere Hypothese eine signifikante Bestätigung, genauso häufig wird aber auch die jeweilige Gegenhypothese in signifikanter Weise verifiziert¹⁰⁾. Und in der Mehrzahl der Fälle ist sogar keinerlei Richtigkeitsunterschied zwischen Erwachsenen und Schülern, auch nicht der Tendenz nach, festzustellen.

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 (0: signifikante Bestätigung, 1: tendenzielle Bestätigung, 2: kein Unterschied, 3: Gegenteil, 4: signifikantes Gegenteil), 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 Ergebnissfeststellungen in der Daumen-

⁹⁾ 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 als die ihrer diesbezüglich laienhaften Kollegen.

¹⁰⁾ 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.

langschen Untersuchung etwa 1,85. Die Bestätigung der Hypothesen hat also weitgehend zufälligen Charakter, was darauf hindeutet, daß die ihnen zugrundeliegende Annahme unzutreffend ist. Demnach haben schulische Informationen über physikalische Sachverhalte so gut wie keinen Einfluß auf die mittel- und langfristige Ausprägung physikalischer Konzepte in den Köpfen der Betroffenen.

Dies wird auch noch durch einen anderen Befund bestätigt. Vergleicht man nämlich den mittleren Richtigkeitsgrad der Schülerantworten auf diejenigen Fragen, die in der Schule bereits behandelt wurden, mit dem derjenigen, die laut Lehrplan noch nicht drangewesen waren, so läßt sich kein statistisch signifikanter Unterschied feststellen. Ähnliches ergibt sich aus dem statistischen Vergleich von Schülern und Erwachsenen: 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. Diese Ergebnisse scheinen „damit nicht der allen Hypothesen zugrundeliegenden Annahme zu entsprechen, wonach die Adäquatheit physikalischer Konzepte von den Informationen abhängt, die die Versuchspersonen über den betreffenden Bereich erhalten und von denen angenommen wurde, daß sie primär von der Schule vermittelt würden“ [1, S. 88]¹¹⁾. Vielmehr kann hieraus

¹¹⁾ Lediglich ein einziges Teilergebnis der Daumenlang'schen Untersuchung schien diese Annahme zunächst doch noch zu stützen. Denn 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

nur „die Schlußfolgerung gezogen werden, daß ein direkter Einfluß schulischer Information durch den Naturlehreunterricht auf die Entwicklung physikalischer Konzepte in den betreffenden Bereichen mit der angegebenen Methode bei der untersuchten Stichprobe nicht nachzuweisen war“ [1, S. 169].

3. Die qualitative Auswertung: Dominanz des alltäglichen Naturbildes

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 statisch bedeutsamen Unterschiede hinsichtlich der physikalischen Gültigkeit ihrer Antworten nachweisen ließen, so könnte es doch immerhin sein, daß etwa die Erwachsenen oder auch die jeweils lehrplanmäßig informierten Gruppen bei im Mittel gleichermaßen richtigen oder falschen Antworten dennoch auf signifikant unterschiedliche Erklärungsprinzipien zurückgreifen. 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

in erster Linie auf die „unterschiedliche soziologische Zusammensetzung der Untersuchungsgruppen“ [1, S. 183] zurückzuführen. 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 Erwachsenen-gruppe sozial wesentlich homogener zusammengesetzt als die Schülergruppe.

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.

1. *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.

2. *Astronauten*: 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 — „größtenteils werden diese gegensätzlichen Theorien von den gleichen Personen vertreten“ [1, S. 152]. Häufig aber wird auch hier schon auf

die Steuerung der Kapsel verweisen, die in Teil c der Frage schließlich als Hauptursache für die Möglichkeit der Astronauten, zur Erde zurückzukehren, in Erscheinung tritt.

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

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

5. *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.

6. *Elektromotor*: Die Umfunktionsierung des Dynamos zum Elektromotor veranlaßt die Mehrheit der Befragten zu beschreibenden Erklärungen (wenn...dann); daneben wird die „Kraft“ des elektrischen Stromes zur Erklärung seiner Antriebsfähigkeit herangezogen.

7. *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.

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

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

10. *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 Daumenlang, 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 oder wenn für seine Erklärung im Alltag keinerlei Notwendigkeit besteht. Insbesondere die Wetter- und Klimaphänomene werden offenbar nicht als sonderlich erklärungsbedürftig angesehen, da man ohnehin nichts daran ändern kann. Das physikalische Wissen hierüber hat also keinen Gebrauchswert, und 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.

Die Situation ändert sich, sobald der Gegenstand der Befragung in die Nähe der eigenen Handlungserfahrung rückt oder gar unmittelbar handhabbar wird. Nunmehr lassen sich drei weitere, durchaus nicht mehr einfach „falsche“ Formen der Bewältigung der entsprechenden natürlichen und vor allen Dingen

technischen Phänomene erkennen: Die Beschreibung des Phänomenumfelds, die praktische Erklärung des Phänomens und gegebenenfalls die Zurückführung der Wirkungen technischer Geräte auf die Besonderheiten ihrer Herstellung.

Daß schon die Beschreibungen Gebrauchswert haben, wird an den Antworten auf die Fragen 5 und 6 deutlich. Denn es sind der Aufbau und die Funktionsweise von Dynamo und Elektromotor, die in ihnen beschrieben werden. Derartige Beschreibungen sind aber eine wichtige Vorstufe für die geistig-technische Bewältigung und für die praktische Handhabung der in Frage stehenden Geräte; die entsprechenden Antworten kennzeichnen also eine für die Schüler durchaus bedeutsame Erkenntnisebene. Diese anwendungs- und gebrauchsnahen Erkenntnisebene erscheint allerdings aus der Sicht der auf allgemeinere Zusammenhänge orientierten Physik untergeordnet und wird daher von den physikalisch „richtigen“ (im vorliegenden Falle im Bereich der elektromagnetischen Induktionstheorie angesiedelten) Antworten im allgemeinen nicht unmittelbar berührt. Der Allgemeingültigkeitsanspruch des prinzipienorientierten Physikunterrichts erweist sich damit nicht mehr nur unbedingt als Vorteil, sondern in praktischer Hinsicht unter Umständen auch als Nachteil für die Schüler.

Hinzu kommt, 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 nicht unproblematische Gleichsetzung relativiert sich der Unterschied zwischen sogenannten „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 „praktischen Erklärungen“, wie sie etwa von der einhelligen Antwort auf Frage 4 (Schiff) 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 des Schiffes 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, er ist eine unveränderbare Naturerscheinung — wie so viele andere, die die Schüler (und übrigens auch die Physiker) mehr oder weniger einfach hinnehmen, 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 als zentrales Strukturelement des Schiffes das Vorhandensein von luftgefüllten Hohlräumen angeben.

Schon das Beispiel des Schiffes läßt eine gewisse Nähe der „praktischen“ Erklärungen zu den Herstellungsprinzipien der in Frage stehenden Gegenstände und Geräte erkennen. Noch deutlicher tritt diese Verbindung von Erklärung und Herstellung in den Antworten auf die Frage 9 und 10 (Magnet und Lupe) hervor. Danach sind es die Verwendung spezieller 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 aus seinem (zum Teil allerdings sehr vermittelten) Bezug zu menschlichem *Handeln* gewinnt — die Natur als solche ist lediglich ein von allseitigen motorischen Wechselwirkungen geprägtes Gebilde — dann wird man die *Herstellung* eines physikalischen Geräts 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 Erscheinungen verlassen kann, stellen sich dem Laien diese anderen Ursachen zu Recht als zweitrangig dar.

Insofern sind die „praktischen“ Erklärungen der Befragten den theoretischen der Physik hinsichtlich ihrer Richtigkeit mindestens gleichwertig. Zugleich sind erstere konkreter, 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 indes 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 ange deutete Schlußfolgerung zu. Offenbar besitzt die Bevölkerung mehrheitlich ein gänzlich 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 für den Einzelnen bestimmt und insbesondere

im technischen Bereich an den Herstellungsprinzipien der entsprechenden Geräte orientiert. 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, die Wissenschaftler wollen die Natur nicht primär handelnd verändern, sondern lediglich geistig erobern. Dabei scheint das Naturbild der Bevölkerung zumindest im Bereich des alltäglichen Umgangs mit Natur und Technik ebenso konsistent wie das der Naturwissenschaftler zu sein; das belegen nicht nur die vorstehend interpretierten Antworten, sondern auch die Ergebnisse ähnlicher Befragungen, die immer wieder dieselben Motive und Strukturelemente erkennen lassen (vgl. hierzu [7]).

Die Hypothese von der Existenz eines alltäglichen Naturbildes in der Bevölkerung, gewissermaßen eines Alltagsparadigmas (im Gegensatz zum Wissenschaftsparadigma), erklärt 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 qualitative Kategorien von denen der Kinder“ [1, S. 165]. Auch eine zusätzliche Befragung von 100 PH-Studenten förderte, abgesehen von einem höheren mittleren Richtigkeitsgrad der Antworten (Abiturienten), in den falschen Antworten dieselben Erklärungsprinzipien zutage wie die Hauptuntersuchung. Von daher hält Daumenlang die lernpsychologischen (und auch fachdidaktisch übliche) Interpretation des alltäglichen als „kindlichen“ Naturbildes für widerlegt: „Die Bezeichnung ‚kindlich‘ ist aber insofern irreführend, als nach den Ergebnissen der Untersuchung derartige Theorien nicht ausschließ-

lich von Kindern vertreten werden, sondern die Auffassungen von Erwachsenen aus der sozialen Umwelt der Kinder darstellen“ [1, 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 aus einer entsprechenden partiellen Überdeckung von Alltags- und Wissenschaftsparadigma. Da Daumenlang in seiner Bewertung diese Antworten von der alleinigen „Richtigkeit“ des Wissenschaftsparadigmas ausging — was im übrigen angesichts seines Untersuchungsziels (Wirksamkeit von wissenschaftsparadigmatischem Physikunterricht) durchaus gerechtfertigt war — konnte nur der Anteil des Probandenwissens wirksam werden, der sich mit dem wissenschaftlichen Naturbild in etwa deckte.

Und schließlich erklärt die Existenz und der Charakter des Alltagsparadigmas auch noch den Hauptbefund der Daumenlangschen Arbeit, nämlich die relative Wirkungslosigkeit des Physikunterrichts. Denn der Gegensatz zwischen dem von den Schülern in den Unterricht eingebrachten und dem schulischen Naturbild ist offenbar hinsichtlich Inhalt 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 Frage 2 (Astronauten) zeigen, bleiben Alltags- und Wissenschaftsbild (endliche und materiell gebundene Kraft versus unendlich weit wirksame Kraft) im Zweifelsfall sogar unverbunden ne-

beneinander bestehen; es wird keine Verbindung zwischen beiden hergestellt, da der Sinn beider Naturbilder, nämlich Gebrauch und Tausch, ein völlig unterschiedlicher ist¹³⁾.

Und so ist es denn auch kein Wunder, wenn die Schüler ihr Tauschwissen nach Erreichen des damit verbundenen Zieles (Klassenarbeits- und 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. Und genau dahin geht die ewige Klage realitätsbewußter Naturwissenschaftslehrer¹⁴⁾.

4. Resümee: Physikwissen als Tauschwert

Ein scheinbar nebensächliches Ergebnis ist 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. Dies erwies sich insofern als aufschlußreich, als sich bei der quantitativen Auswertung herausstellte, daß die Schüler signifikant seltener von dieser Möglichkeit 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

¹³⁾ Von der Existenz zweier unterschiedlicher und zum Teil einander sogar widersprechender Naturbilder in den Köpfen der Schüler berichten auch andere Autoren wie z. B. [8, 9, 10].

¹⁴⁾ 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 [10—14].

Präsentation von Schulwissen, auch wenn sie nicht direkt in einer Prüfungssituation erfolgt, hat für Schüler offenbar einen höheren Wert als für Erwachsene. Dieser höhere Wert kann nur der Tauschwert des Wissens sein, die ihm innewohnende Möglichkeit, Erfolg, Ansehen und Sozialchancen zu erwerben. 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. Die Schüler sind hingegen in ihrer Selbst- und Fremdeinschätzung maßgeblich von der Verfügbarkeit ihres Schulwissens abhängig, der Erwerb von Tauschwissen ist der entscheidende Maßstab ihres Ansehens und Erfolgs.

So sehr der Tauschwertcharakter schulischen Wissens die Didaktiker und Lehrer beunruhigen sollte, so kurzsichtig 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 zum Zwecke ihrer besseren ökonomischen Verwendung nach den von ihnen rezipierten Wissensquanten auseinanderdividiert, muß schulisches Wissen notwendigen Tauschwertcharakter erhalten.

Durchaus nicht unvermeidlich scheint mir hingegen die am Beispiel des Physikunterrichts festgestellte *Kluft* zwischen dem schulischen Tauschwissen und dem Gebrauchswissen der Schüler zu sein. Hier liegen echte Eingreifmöglichkeiten für Lehrer und Didaktiker, und in genau diese Richtung zielen auch die didaktischen Schlußfolgerungen des Psychologen Daumenlangs, wenn er den Lehrern ein stärkeres Eingehen auf und Anknüpfen an den Naturvorstellungen der Schüler empfiehlt. Angesichts des weitgehend konträren Charakters von Wissenschafts- und Alltagspa-

radigma bedeutet dies allerdings ein grundsätzliches Abrücken vom Postulat der „Wissenschaftsorientierung“ des Unterrichts.

Letzteres dürfte indes nicht ganz unproblematisch sein, denn seit Daumenlangs Analyse hat sich der Physikunterricht auch in den Hauptschulen eher noch mehr als weniger auf die Vermittlung des elementarisierten Wissenschaftsparadigmas kapriziert. Die Folgen dieser Entwicklung — zunehmende Formalisierung des Wissens und Unlust am Physikunterricht¹⁵⁾ — hätte man auf der Basis der Daumenlangschen Arbeit fast voraussagen können. Dennoch mußte mehr als ein Jahrzehnt wissenschaftsorientierten Unterrichts vergehen, bis der vermeintliche Fortschritt als die von Daumenlang prophezeite Sackgasse erkannt wurde — und dies auch nur von wenigen, deren schülerorientierte Alternativkonzepte derzeit noch allen Lehrplänen und -meinungen entgegenstehen.

Der Grund für das beharrliche Festhalten der etablierten Fachdidaktik an den schon von Daumenlang falsifizierten Grundsätzen — und damit vermutlich auch der Grund für den zehnjährigen Untergang der Daumenlangschen Untersuchung — dürfte nicht zuletzt darin zu suchen sein, daß es nichts nützt, nur stückchenweise auf das Alltagsparadigma der Schüler einzugehen. Denn in demselben Moment, in dem man etwa nach einer alltagsorientierten Motivationsphase wieder zum Wissenschaftsparadigma zurückkehrt, stellen sich sofort die bekannten Schwierigkeiten ein. In einem *durchgehend* schülerorientierten Physikunterricht bleibt jedoch sehr bald so gut wie nichts mehr von der herkömmlichen Physik übrig (vgl. hierzu u. a. [15]): An die

¹⁵⁾ Man vergleiche hierzu die neuesten Verlautbarungen der fachdidaktischen Verbände vom Fachausschuß Physikdidaktik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft über den Verein zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts bis hin zur Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Stelle des Wissenskanons über die unveränderbare Natur tritt die Beschäftigung mit der veränderbaren Natur (gleich Technik), Verstehen bedeutet statt Verallgemeinern nurmehr Begreifen (letzteres auch im wörtlichen Sinne), kognitive Grundprinzipien werden von handlungsrelevanten Grunderfahrungen ersetzt, das von der Wissenschaft fein säuberlich aus der Natur herausgehaltene Subjekt der Naturbewältigung wird (nach Art der Astronautenantworten) wieder in seine Rechte eingesetzt und Ähnliches mehr. Aber: Die Schüler sind dabei, erweitern bereitwillig ihr (Alltags)Wissen, lernen identifiziert und intensiv. Denn das von ihnen erworbene Tauschwissen ist im schülerorientierten Unterricht zugleich auch Gebrauchswissen, und damit gewinnt die Schule für sie zumindest punktuell wieder einen inhaltlichen Sinn.

Literatur

- [1] K. Daumenlang: Physikalische Konzepte junger Erwachsener. Ihre Abhängigkeit von Schule und Familienkonstellation. Dissertation Nürnberg 1969
- [2] R. Brämer: Beliebtheit und Sozialisationswirksamkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Ders. (Hrsg.): Fachsozialisation im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Marburg 1977, S. 63ff.
- [3] M. L. Nass: The effects of three variables on children's of causality. J. abnorm. soc. Psychol. 53 (1956) S. 191ff.
- [4] W. Jaide: Über die Entwicklung des kindlichen Verständnisses für Natur und Technik. Schule und Psychologie 1 (1954) S. 78ff.
- [5] K. Zietz: Physikalische Theorien bei Kindern. In: Bericht über den XV. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Jena 1937, S. 232ff.
- [6] R. Brauner, A. Peters: Auffassungen, Vorstellungen und Begriffe von Kindern in Zusammenhang mit der Elektrizität und dem elektrischen Strom. Naturwissenschaften im Unterricht 24 (1976) S. 185ff., 240ff. u. 323ff.
- [7] Materialien zur Empirie des naturwissenschaftlichen Unterrichts — Ergebnisse eines Seminars am Fachbereich Erziehungswissenschaft der Universität Marburg. Vervielfältigtes Manuskript, Marburg 1979.
- [8] J. Weninger u. a.: Der Übergang von der Atomhypothese zur Kern-Elektron-Hypothese. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 27 (1974) S. 426ff.
- [9] H. Pfund: Ursprüngliche Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 28 (1975) S. 157ff.
- [10] K. Hecht: Wie „wissenschaftlich“ kann, darf oder soll der naturwissen-

schaftlich-technische Unterricht sein. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht. 31 (1978), S. 193ff.

[11] P. Buck: Sollten wir „Energie“ auf der Sekundarstufe I wirklich als Erhaltungsgröße einführen? physica didactica 5 (1978) S. 199ff.

[12] W. Jung: Zum Problem der Schülervorstellungen (Teil II). physica didactica 5 (1978) S. 231ff.

[13] L. Leboutet-Barrell: Mechanische Begriffe von Jugendlichen. physica didactica 6 (1979) S. 55ff.

[14] J. Nußbaum, J. D. Novak: Interviews zur Beurteilung der Vorstellungen von Kindern über die Erde. physica didactica 5 (1978) S. 33ff.

[15] K. Hahne, F. Heidorn, A. Scheiterle: Was von den Naturwissenschaften bleibt, wenn die Schüler handeln. Soznat 2 (1979) H. 4, S. 3ff.