

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften

Biologie, Chemie, Physik

Herausgeber: Horst Bayrhuber, Reinders Duit, Walter Jung,
Rainer Klee, Volker Scharf, Elke Sumfleth

Redaktion: Peter Nentwig

ISSN 0949-1147

Verlag Schmidt & Klaunig, Kiel

PETER LABUDDE UND DOMINIK PFLUGER

Physikunterricht in der Sekundarstufe II: Eine empirische Analyse der Lern-Lehr-Kultur aus konstruktivistischer Perspektive

Zusammenfassung:

Um im Physikunterricht SII die Verbreitung und Wirksamkeit eines konstruktivistischen Ansatzes empirisch analysieren zu können, wurde dieser in vier Dimensionen gegliedert und operationalisiert: individuelle, inhaltliche, sozial-kommunikative und unterrichtsmethodische Dimension. Für die Datenerhebung entwickelten wir einen 224 Items umfassenden Schülerfragebogen, der als Zusatzinstrument im Rahmen der Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) in der Schweiz zum Einsatz kam. Unsere Stichprobe umfasst 670 Jugendliche aus 152 Klassen am Ende des 13. Schuljahres. Mit den Daten des Schülerfragebogens sowie des TIMSS-Leistungstests werden drei Forschungsfragen untersucht: Inwieweit entspricht der aktuelle SII-Physikunterricht einem konstruktivistischen Ansatz? Wie wirksam ist ein derartiger Ansatz in der Selbsteinschätzung der Lernenden? Welche Korrelationen bestehen zwischen verschiedenen didaktischen Variablen eines konstruktivistisch orientierten Physikunterrichts auf der einen Seite und motivationalen Variablen, Physikleistungen sowie wissenschaftstheoretischen Ansichten auf der anderen Seite?

Abstract:

Physics instruction of the upper secondary level: An empirical analysis of the learning-teaching-culture from a constructivist perspective.

Abstract: In an empirical study, the dissemination and the efficiency of a constructivist approach was analysed in physics instruction of the upper secondary level. Four dimensions were distinguished in order to operationalise the constructivist approach: a dimension of the individual, one of the contents, another one of communication and co-operation, and finally one of teaching methods. Based on these dimensions, we developed a student questionnaire with 224 items. It was used as an additional instrument in the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) in Switzerland. Our sample included 670 students of 152 classes at the end of grade 13. The data of our student questionnaire and of the TIMSS physics test are analysed to answer three research questions: How far is the physics instruction at the upper secondary level related to a constructivist approach? What is its efficiency as seen by the students? What are the correlations between various educational variables of a constructivist approach on the one side and motivational variables, physics performance, and epistemological views on the other side?

1. Einführung

Der naturwissenschaftliche Unterricht steht derzeit im Brennpunkt zweier großer Diskussionen: Einerseits findet seit mehreren Jahren in der Didaktik der Naturwissenschaften und in den Erziehungswissenschaften ein intensiver Diskurs zu einer vermehrt konstruktivistischen Ausrichtung des Unterrichts statt. Andererseits führen in jüngster Zeit die Resultate der Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) zu einer fachdidaktischen und bildungspolitischen Auseinandersetzung um den mathematisch-na-

turwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufen I und II.

Zum ersten Diskussions thema: In der Lern- und Lehrforschung wurden - unter anderem basierend auf den für den Konstruktivismus fundamentalen Arbeiten von Piaget (1950a/b, siehe auch Twomey Fosnot, 1993) - verschiedene Ansätze unter dem Sammelbegriff Konstruktivismus entwickelt. Der Begriff Konstruktivismus gibt dabei einen Rahmen vor, in welchem verschiedene Schwerpunkte und Akzente möglich sind. Diese werden nicht nur in unterschiedlichen Modellen ausdifferenziert, sondern führen in der Umsetzung auch zu

einem breiten Spektrum von Unterrichtskonzepten und -realisierungen. Beim sogenannten „moderaten Konstruktivismus“, der den theoretischen Rahmen dieser Arbeit bildet, wird von folgenden Grundannahmen ausgegangen (vgl. Coburn, 1996; Duit, 1995a/b; Duschl, 1990; Tabbara, 1993; Duit, 1995a/b; Shaw & Sidani-Gardner, 1994; Gerstenmaier & Mandl, 1995; Gil-Perez & Carrasco, 1994; Gil-Perez, 1996; Roth, 1993; Steffe & Gale, 1995): Lernen ist ein aktiver Prozess; individuelle Vorerfahrungen, Interessen und Gefühle sind Ausgangspunkte des individuellen Lernprozesses. Lernen kann damit nur in einem für das Individuum relevanten Kontext stattfinden. In kooperativen Prozessen erlangen naturwissenschaftliche Begriffe, Gesetze und Methoden zunehmend intersubjektive Gültigkeit. Die Generierung neuen Wissens schließt Reflexion und Kontrolle des Lernprozesses ein. (In den weiteren Abschnitten wird der Einfachheit halber statt des Begriffs „moderater Konstruktivismus“ nur „Konstruktivismus“ notiert.)

Zum zweiten Diskussionssthema: Im Rahmen von TIMSS wurden in 45 Staaten die Leistungen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern in Mathematik und Naturwissenschaften analysiert (Beaton et al., 1996; Mullis et al., 1998). In einigen Ländern wurden zusätzliche nationale Vertiefungsstudien durchgeführt, so in Deutschland (Baumert & Lehmann, 1997) und der Schweiz (Moser, Ramseier, Keller & Huber, 1997). Die Erhebungen erfolgten bei 13-Jährigen sowie bei Jugendlichen am Ende der Sekundarstufe II. Die jeweilige Platzierung in den internationalen Ranglisten löste in den beteiligten Ländern eine Kontroverse um Stellenwert, Ziele, Inhalte und Strukturen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer aus. Ausgehend von den internationalen und nationalen TIMSS-Analysen wird nicht zuletzt von fachdidaktischer Seite einmal mehr eine Neuorientierung des Unterrichts gefordert: Dieser müsse vermehrt auf konstruktivistische Grundsätze ausgerichtet sein. Hierbei stellen sich mehrere Forschungsfragen, die mit der vorliegenden empirischen Untersuchung zum Physikunterricht der Sekundarstufe II in ersten Ansätzen beantwortet werden sollen:

2. Elemente eines konstruktivistisch orientierten Physikunterrichts

Die oben erwähnten Grundannahmen eines konstruktivistisch orientierten Unterrichts lassen sich spezifisch für den Physikunterricht der Sekundarstufe II in Form mehrerer methodisch-didaktischer Elemente formulieren und operationalisieren. Diese werden im Folgenden nach vier Dimensionen geordnet:

1. *Die individuelle Dimension:* Hier werden konstruktivistische Elemente zusammengefasst, in denen es hauptsächlich um die Integration des Vorwissens, um Konzeptwechsel, um die Verbindung und Abgrenzung von Alltags- und Fachsprache, um die Berücksichtigung individueller Interessen und Gefühle geht (Girg, 1994; Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997; Labudde 1993a, 37, 1997a-c; Niedderer, 1982; Piaget, 1950a / 1972 Bd. I, 29, 38).

2. *Die inhaltliche Dimension:* Diese schließt konstruktivistische Elemente folgender Bereiche mit ein: die exemplarische Auswahl der Unterrichtsinhalte, der lebensweltliche Bezug, die Bedeutung der Fachsystematik (Dubs, 1995; Duit, 1995a; Labudde, 1993a).

3. *Die sozial-kommunikative Dimension:* Dabei geht es vor allem um Elemente folgender Richtung: kooperatives Lernen, wissenschaftlicher Disput, Zusammenarbeit zwischen allen beteiligten Personen in verschiedenen Sozialformen (Foot, Morgan & Shure, 1990), die Lehrperson - im Sinne einer „kognitiven Berufslehre“ - als „Model, Scaffold and Coach“ (Collins, Brown & Newman, 1989).

4. *Die unterrichtsmethodische Dimension:* Hier werden konstruktivistische Elemente ausgearbeitet, die didaktische Klein- und Großformen des Unterrichts betreffen, die Schüler- und Lehrerexperimente in einen konstruktivistischen Zusammenhang stellen (Labudde 1993b), die Spielraum für individuelle Wissenskonstruktionen lassen.

Neben diesen Dimensionen gäbe es noch andere: z.B. eine metakognitive Dimension, eine Dimension der Lehrkräfte, eine Dimen-

Elemente eines konstruktivistisch orientierten Physikunterrichts

Individuelle Dimension

- *Vorverständnis:* Das Individuum findet im Physikunterricht immer wieder Gelegenheit, sein individuelles Vorverständnis explizit einzubringen und zu artikulieren. Das Vorverständnis - aus dem Alltag und aus früherem Unterricht - umfasst konzeptionelles und methodologisches Wissen, die Alltagsprache, Interessen, Einstellungen und Gefühle.
- *Konzeptwechsel:* Es werden im Unterricht - gleichermaßen gezielt wie auch behutsam - didaktische Voraussetzungen geschaffen, um dem Individuum Konzeptwechsel und deren Reflexion zu ermöglichen. Konzeptwechsel werden nicht als selbstverständlich betrachtet.
- *Selbstverantwortung:* Das Individuum generiert neues Wissen in zunehmender Selbstverantwortung; es setzt sich Lernziele, reflektiert und kontrolliert Lernprozesse und -resultate. Damit erwirbt das Individuum sowohl Sach- wie auch Selbstkompetenz.

Inhaltliche Dimension

- *Alltagsbezug:* Der Alltagsbezug ist ein wegweisendes Element für die tägliche Unterrichtsgestaltung. Naturphänomene, Alltagsgegenstände und -vorgänge bilden ein Fundament des Curriculums.
- *Bezug zum Menschen:* Ein Bezug zum Menschen wird in verschiedenen Dimensionen erarbeitet: a) zum lernenden Subjekt, b) zu früheren und heutigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, c) zur Gesellschaft.
- *Authentische, offene Probleme:* Authentische, nicht zu eng gestellte Fragen und Probleme, die Freiräume für die Lernenden lassen und die diese über weite Phasen selbstständig bearbeiten, bilden Pfeiler des Physikunterrichts.
- *Qualitative und quantitative Beschreibungen:* Es ergänzen sich qualitative und quantitative Beschreibungen und Verfahren komplementär. Auf eine zu frühe Mathematisierung wird verzichtet.

• *Exemplarisches Prinzip:* Das exemplarische Prinzip ist eine wichtige Rahmenbedingung für die Stoffauswahl. Schülerinnen und Schüler erhalten Gelegenheiten, einzelne Bereiche und Themen vertieft zu erarbeiten.

Sozial-kommunikative Dimension

- *Kommunikation und Disput:* Das Austauschen von Fragen und Ideen sowie das Führen von wissenschaftlichen Streitgesprächen sind konstitutive Elemente eines naturwissenschaftlichen Unterrichts.

on der Lern- und Lehrberatung, eine Dimension des Lehrplans. Auch ließen sich „konstruktivistische Elemente guten Unterrichts“ (Dubs 1995, 893) oder „konstruktivistische Lernumgebungen“ (Duit 1995a) nach anderen Aspekten als den hier genannten ordnen. Die obige Gliederung und die vier Dimensionen wurden vor allem unter dem Gesichtspunkt gewählt, dass sie relevant und vielversprechend für Naturwissenschaftsdidaktik und Schulpraxis scheinen (Labudde, 1993a, 1998).

- **Rolle der Lehrperson:** Die Lehrperson arbeitet mit den Lernenden in verschiedenen Rollen zusammen, unter anderem als Lernberaterin, als Vertreterin der wissenschaftlichen Gemeinschaft und als Diskussionsleiterin.
- **Zusammenarbeit der Lernenden:** Schülerinnen und Schüler arbeiten zusammen. Sie diskutieren ihre Fragen und Antworten untereinander, sie übernehmen Verantwortung für die eigenen Lernprozesse und schaffen günstige Voraussetzungen für die Lernprozesse der anderen, mit dem Ziel des gemeinsamen Verstehens.

Unterrichtsmethodische Dimension

- **Repertoire von Unterrichtsmethoden:** Die Lehrperson setzt im naturwissenschaftlichen Unterricht vielfältige Unterrichtsformen ein, um so situationsspezifisch ihren Aufgaben beim „Modeling, Scaffolding und Coaching“ gerecht werden zu können.
- **Schüler- und Lehrexperimente:** Eigene Experimente und von der Lehrkraft durchgeführte Experimente werden durch die Schülerinnen und Schüler - in verschiedenen Stufen von Selbstverantwortung und Selbstständigkeit - geplant, durchgeführt und ausgewertet. Aus Handlungen entstehen Operationen und Begriffe.
- **Projektartiger Unterricht:** Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird regelmäßig projektartig gearbeitet, d.h. Jugendliche initiieren und planen kleinere und größere Projekte, führen diese durch und werten sie aus.

3. Methode der Erhebung

Die Datenerhebung basiert auf einer direkten Befragung der Schülerinnen und Schüler, denn für das Lernen im konstruktivistischen Sinn ist die vom lernenden Individuum subjektiv wahrgenommene Situation entscheidend. Für das Individuum sind die Integrität des persönlichen Vorverständnisses, die von ihm im Physikunterricht subjektiv hergestellten Bezüge zur Lebenswelt, seine Zusammenarbeit mit anderen, seine subjektive Wahrnehmung der Handlungsspielräume im Unterricht ausschlaggebend. Befragt werden Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe II wenige Wochen vor den Abiturprüfungen. Diese Jugendlichen können auf einige Jahre Physikunterricht zurückblicken, auf ein Schulfach, das in der Schweiz bisher für alle Gymnasiastinnen und Gymnasiasten obligatorisch war.

3.1 Fragebogen: Entwicklung

Unsere Befragung zum Physikunterricht SII ist eingebettet in die größere Befragung von TIMSS. Innerhalb dieser Studie wurden in der

Schweiz 6400 Schülerinnen und Schüler aus allgemeinbildenden Schulen der SII und Berufsschulen zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht befragt (Ramseier, Moser, Reusser, Labudde & Buff, 1994; Robitaille & Garden, 1996). Neben Leistungen wurden auf nationaler und internationaler Ebene detaillierte Daten in verschiedensten Bereichen erhoben, zum Beispiel familiärer Hintergrund, Freizeitverhalten, Einstellungen zu Mathematik und Naturwissenschaften, Berufswünsche. Ein Teil der hier präsentierten Daten entstammt diesen TIMSS-Leistungstests und Schülerfragebogen. In Ergänzung dazu wurden in der Schweiz bei einem Teil der Jugendlichen mittels speziell entwickelter Befragungsinstrumente zusätzliche Erhebungen und Analysen durchgeführt. Die hier vorgestellte Vertiefungsstudie zum Physikunterricht auf der Sekundarstufe SII bildet eine dieser Analysen.

3.2 Fragebogen: Entwicklung

Verschiedene Faktoren bestimmten die Entwicklung des Physik-Vertiefungsfragebogens: Die in Kap. 2 vorgestellten Elemente eines konstruktivistisch orientierten Physikunterrichts bildeten den theoretischen Rahmen für

alle Items und Skalen. In einigen Punkten mußte der Vertiefungsfragebogen auf den internationalen TIMSS-Schülerfragebogen abgestimmt werden, um einerseits Überschneidungen zu vermeiden und andererseits möglichst viele synergetische Effekte erzielen zu können. Gleichzeitig sollten in den - wenigen - Bereichen, wo bereits ältere, empirische Untersuchungen vorlagen, Vergleiche mit diesen ermöglicht werden, d.h. einzelne Fragen in unserem Instrument mußten auf Fragen der älteren Untersuchungen abgestimmt werden. Schließlich galt es zeitliche Sachzwänge zu berücksichtigen; die Schülerinnen und Schüler benötigten bereits für das Durcharbeiten der internationalen Leistungstests und Fragebogen ungefähr drei Stunden, so dass die nachfolgende Beantwortung des Zusatzinstrumentes nicht mehr als 30 Minuten beanspruchen sollte. Alle diese Faktoren führten dazu, dass zwar alle vier Dimensionen der konstruktivistischen Elemente berücksichtigt wurden, nicht hingegen jedes einzelne Element in der gleichen Tiefe erfragt werden konnte. So mußten in einigen Fällen zwei bis drei Elemente in einem übergeordneteren Fragebereich zusammengefaßt werden.

Die Items und Skalen sind in der Mehrzahl Eigenentwicklungen (Labudde, 1998, 154). Eine erste Version des Physik-Vertiefungsfragebogens wurde 1994 gleichzeitig mit den internationalen TIMSS-Instrumenten in einer Voruntersuchung getestet: 90 zufällig ausgewählte Jugendliche aus 28 Schulklassen des 13. Schuljahres bearbeiteten die Pilot-Version des Physik-Vertiefungsfragebogens. Die statistische Evaluation dieser Voruntersuchung, das heißt die interne und externe Validierung der untersuchten Skalen mittels Faktorenanalyse und Reliabilitätsanalysen sowie der dem Fragebogen zugrundeliegende theoretische Ansatz bildeten zusammen die Basis für eine Überarbeitung des Instruments (Pflüger, 1995).

Der Fragebogen enthält in der Schluß-Version 224 Items. Diese liegen in geschlossener Form mit einer vier- oder fünfstufigen Likert-Skala vor. Die Antwortkategorien lauten im einen Fall „stimmt - stimmt eher - stimmt eher nicht - stimmt nicht“, im anderen Fall

„(fast) immer - häufig - manchmal - selten - nie“. Die große Mehrzahl der Items ist einer von 27 Skalen zugeordnet. Diese lassen sich in sechs Bereiche einordnen:

- **Individuelle Dimension (3 Skalen):** Einbezug des Vorwissens (Abb. 1), Physikunterricht und Erlebnis, Physik und Alltag als erkenntnistheoretischer Bruch,
- **Inhaltliche Dimension (5):** Physikunterricht (PU) und Gesellschaft, PU und Alltagsbezug, PU und Wissenschaft, PU und Geschichte, Grenzen der Physik als Unterrichtsthema,
- **Sozial-kommunikative Dimension (5):** Zusammenarbeit Lehrperson - Lernende, Kompetenz der Lehrperson im Erklären, Zusammenarbeit der Lernenden, Lernen durch Zusammenarbeit, Disziplin der Klasse,
- **Unterrichtsmethodische Dimension (3):** Schülerexperimente im Physikunterricht, Lernen durch Lehrerexperimente,
- **Motivationale Variablen (5):** Beliebtheit der Physik, Kompetenzüberzeugungen in Physik, Engagement für Physik, Schul- und Alltagsnutzen der Physik, Interesse an Mathematik im Physikunterricht,
- **Wissenschaftstheoretische Ansichten (6):** Gesellschaftsrelevanz der Physik, Physik als „korrekte“ Beschreibung der Natur, Lösungswege in der Physik, Immerwährende Veränderungen der Physik, Zusammenarbeit in der Wissenschaft, Kompetenzen von Physikern und Physikerinnen.

3.2 Hauptuntersuchung: Stichprobe

Die Hauptuntersuchung erfolgte 1995 wenige Wochen vor dem Abitur. In Gegenwart eines Testleiters oder einer Testleiterin beantworteten die Jugendlichen während insgesamt drei Stunden jeweils drei Instrumente: 1) TIMSS-Leistungstest Physik, 2) TIMSS-Schülerfragebogen, 3) Physik-Vertiefungsfragebogen.

Die Stichprobenbildung erfolgte im Rahmen derjenigen des internationalen TIMSS-Projektes (Ramseier, Keller & Moser, 1999). In einem ersten Schritt wurden die Schulen bestimmt,

die in die TIMSS-Untersuchung einbezogen wurden. In einem zweiten Schritt wurden nach dem Zufallsprinzip nur einzelne Klassen innerhalb dieser meist mehrtägigen Schulen ausgewählt. Innerhalb einer Klasse wurden dann die verschiedenen Testhefte in Physik und Mathematik sowie die diversen schweizerischen Vertiefungsfragebogen nach dem Zufallsprinzip den einzelnen Schülerinnen und Schülern zugeordnet. Konkret bedeutet dies, dass jeweils nur 3-6 Jugendliche aus einer Klasse den Physik-Vertiefungsfragebogen und einen TIMSS-Leistungstest in Physik bearbeiten.

Die Stichprobe für den Physik-Vertiefungsfragebogen umfaßt $N=668$ (entsprechend 100 %) Jugendliche aus 152 Schulklassen. Davon besuchen 191 (28,6 %) Personen aus 47 Klassen den mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasialtypus, 409 (61,2 %) Jugendliche aus 87 Klassen andere Gymnasialtypen sowie 68 Personen weitere Schulformen. Die Stichprobe zählt 360 Männer (53,9 %) und 308 Frauen (46,1 %). Mit diesen Werten ist die Stichprobe für die Deutschschweiz annähernd repräsentativ: Bei der Interpretation der Daten ist zu berücksichtigen, dass in unserer Stichprobe der Frauenanteil mit 46,1 % etwas tiefer liegt als der gesamtschweizerische Schnitt von 50,8 % und das mathematisch-naturwissenschaftliche Gymnasium mit 28,6 % (gesamtschweizerisch 24,7 %) übervertreten ist.

3.3 Auswertungsverfahren

Dateneingabe und Auswertung - mittels der Software von SPSS (Version 6.01) - erfolgen in mehreren Schritten: 1) Eingabe sämtlicher nationaler Daten aus allen Befragungsinstanzen durch eine externe, auf Datenverarbeitung spezialisierte Firma, 2) erste Bereinigung der Daten durch die schweizerische TIMSS-Projektgruppe, 3) Verarbeitung der Daten des Physik-Vertiefungsfragebogens durch uns sowie Verarbeitung der internationalen TIMSS-Daten aus Leistungstest und Schülerfragebogen - zusammen mit den Daten aus anderen Ländern - durch die internationalen TIMSS-Institutionen.

Bei der weiteren Auswertung des Physik-Vertiefungsfragebogens wurde folgendermaßen vorgegangen: 4) Deskriptive Statistik der einzelnen Items: allgemein, nach Geschlecht und z.T. nach Schultyp, 5) interne Validierung aller Skalen durch Faktoren- und Reliabilitätsanalysen, d.h. Ermittlung des jeweiligen Cronbach-Alpha (Pfluger, 1995), 6) deskriptive Statistik der einzelnen Skalen allgemein, nach Geschlecht und nach Abiturtyp, 7) Überprüfung geschlechts- und schultypenspezifischer Unterschiede sowie Korrelationsanalysen zwischen einzelnen Summenscores mit schrittweisen Varianzanalysen (Labudde, 1998, 158).

4. Der Physikunterricht in der Beschreibung der Lernenden

„Inwieweit entspricht der aktuelle SH-Physikunterricht einem konstruktivistischen Ansatz?“ Eine erste Antwort auf diese Forschungsfrage liefern die Daten der Jugendlichen, die bei der Befragung kurz vor dem Abitur auf mindestens drei Jahre Physikunterricht zurückblicken konnten.

4.1 Individuelle Dimension

Mit der Skala „Einbezug des Vorwissens“ wurde analysiert, wie die befragten Jugendlichen selbst einschätzen, wie weit ihr Vorwissen in den Physikunterricht integriert wird. Diese Skala umfasst den kognitiven Teil der Vorverständnisses (siehe in Kap. 2 das erste Element eines konstruktivistisch orientierten Physikunterrichts). Im exemplarischen Sinn wird hier die Skala mit allen Items, Mittelwerten und weiteren statistischen Eckwerten wiedergegeben (Abb. 1). In analoger Form liegen die anderen 26 Skalen des Schülerfragebogens vor.

Die vorliegenden Daten analysieren wir wie folgt: Bei den ersten vier Items liegt der Durchschnittswert über bzw. auf der Mitte der Likert-Skala, d.h. er ist größer bzw. gleich 2,50. Bei den letzten zwei Items liegt der Durchschnittswert etwas unter 2,50. Aufgrund dieser Werte stellen wir fest, dass die

Item	Mittelwert (1: stimmt 4: stimmt nicht)
Der Lehrer richtet den Physikunterricht aus nach: ... unseren Alltagserfahrungen.	3.05
Wenn wir in Physik mit einem neuen Thema beginnen, so fangen wir an, ... indem uns der Lehrer fragt, was wir zu dem neuen Thema wissen.	2.97
Wenn ein neuer physikalischer Begriff eingeführt wird, erarbeiten wir Verbindungen bzw. Abgrenzungen zum entsprechenden Wort der Alltagsprache.	2.79
Der Lehrer fordert dazu auf, Gesetze und Theorien der Physik mit Erfahrungen zu vergleichen, die ich im Alltag gemacht habe.	2.50
Wenn ein neuer physikalischer Begriff eingeführt wird, überlegen wir, was wir über diesen Begriff schon wissen.	2.36
Erfahrungen aus dem Alltag helfen mir, physikalische Probleme in der Schule besser zu verstehen.	2.35
Skala „Einbezug des Vorwissens“: 6 Items; Cronbach-Alpha 0.72; N=606	2.67 (Standardfehler 0.022)

Abb. 1: Skala „Einbezug des Vorwissens“

befragten Schülerinnen und Schüler einen „mittleren“ Einbezug ihres Vorwissens angeben. In analoger Weise lesen und interpretieren wir in den folgenden Abschnitten des Kap. 4 die Daten der weiteren Skalen, ohne dass diese im Detail präsentiert würden. Für eine ausführliche Darstellung sei verwiesen auf Labudde (1998).

Der affektive Teil des Vorverständnisses, d.h. Interessen, Einstellungen und Gefühle, wird „wenig“ in den Physikunterricht integriert. Die entsprechende Skala „Physikunterricht und Erlebnis“ zeigt, dass Jugendliche kaum Gelegenheit haben, „ohne Leistungs- und Zeitdruck einer Sache nachzugehen, für die ich mich interessiere“ bzw. „eigenen Interessen nachzugehen“ - dies die wörtliche Formulierung zweier Items aus der Skala „Physikunterricht und Erlebnis“. Ebenso haben die Lernenden „wenig“ Möglichkeiten, den Unterricht und damit die Lehr- und Lernprozesse mitzugestalten; unser konstruktivistisches Element „Selbstverantwortung“ (Kap. 2) wird nach Einschätzung der Jugendlichen kaum umgesetzt. Alle Skalen der individuellen Dimension zeigen statistisch signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede: Die befragten Frauen geben weniger als die Männer an, ihr Vorverständnis integrieren und in teilweiser Selbstverantwortung lernen zu können.

4.2 Inhaltliche Dimension

Mittels fünf Skalen (Kap. 3.1) und verschiedener Einzelitems wurde die inhaltliche Dimension evaluiert. Nach Angaben der befragten Schülerinnen und Schüler steht der Bezug zur Wissenschaft eindeutig im Zentrum des Unterrichts. So stimmen sie unter anderem folgenden Items sehr deutlich zu: „Der Physikunterricht behandelt die Themen unter dem Aspekt der Gewinnung physikalischer Gesetzmäßigkeiten und dem Aufbau eines physikalischen Weltbildes“ und „Der Lehrer richtet den Physikunterricht nach der Fachsystematik der Physik aus“.

Auf der anderen Seite erleben die Jugendlichen einen Alltagsbezug „manchmal“ (3 auf der fünfstufigen Antwortskala), einen Gesellschaftsbezug etwas weniger als „manchmal“ und einen Bezug zu den Grenzen der Physik sowie einen Geschichtsbezug „manchmal bis

selten" (3 bis 4). Damit sind insbesondere der Bezug zum Menschen, wie er in den Skalen zur Gesellschaft und zur Geschichte erfragt wird, nur von untergeordneter Bedeutung. Zudem werden „selten bis nie“ (4 bis 5) älteren erwählten Skalen lassen sich ausgeprägte geschlechtsspezifische Unterschiede feststellen. Die jungen Frauen nehmen noch weniger Bezüge zum Alltag und zur Gesellschaft sowie eine geringere Thematisierung der Grenzen der Physik wahr als die jungen Männer. Insgesamt gesehen scheint es im untersuchten Physikunterricht nur wenig zu gelingen, die Jugendlichen und hier insbesondere die Schülerinnen dort abzuholen, wo sie sind, um sie dann dorthin zu begleiten, wo sie noch nie waren.

Was den Anteil der quantitativen Physik und insbesondere der Formeln und Rechenaufgaben angeht, stuft diesen die Jugendlichen - und zwar Schülerinnen und Schüler gleichermaßen - als sehr hoch ein. Hingegen stimmt es „eher nicht“, dass physikalische Fragestellungen immer auch qualitativ erarbeitet werden. Damit besteht im hier evaluierten Physikunterricht ein Ungleichgewicht zwischen quantitativen und qualitativen Aufgaben. Unsere Resultate der inhaltlichen Dimension decken sich vollständig mit den bisherigen Untersuchungen im deutschen Sprachraum von Häußler & Hoffmann (1995), Kubli, Bossi & Risch (1987) und Muckenfuß (1996).

Auch in diesen Studien werden festgestellt: die einseitige Orientierung des Unterrichts an der Wissenschaft und Fachsystematik der Physik, der häufig zu geringe Bezug zu Alltag und Mensch, das weitgehende Fehlen historischer Themen und Bezüge.

4.3 Sozial-kommunikative Dimension

Kommunikation und Disput haben im Physikunterricht der untersuchten Klassen nur einen geringen Stellenwert. Die Abiturientinnen und Abiturienten geben an, nur wenig untereinander, sei es im Plenum oder sei es in Gruppen, zu diskutieren. Es bestehe kaum eine Gesprächskultur, bei der verschiedene

Ideen und Lösungswege offen und ausführlich diskutiert würden.

Im Durchschnitt wird von den Jugendlichen das Bild eines Physikunterrichts gezeichnet, der stark von Wissen, Handlungen und Entscheidungen der Lehrkraft geprägt ist. Diese übernimmt die Rolle der Vertreterin der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Einer recht großen Gruppe von Lehrpersonen wird dabei eine gute Kompetenz im Erklären zugesprochen. Hingegen übernimmt eine Lehrkraft im Durchschnitt nur wenig die Rollen der Lernberaterin und Diskussionsleiterin.

Die Resultate der Skala „Zusammenarbeit der Lernenden“ zeigen in aller Deutlichkeit, dass die Jugendlichen kaum Gelegenheit zur Zusammenarbeit erhalten. So verneinen sie zum Beispiel folgende Items deutlich: „Wir arbeiten regelmäßig in Gruppen von 2-4 Personen (z.B. Schüler-Experimente, Lösen von Rechenaufgaben)“ oder „Der Lehrer fordert dazu auf, gegenseitig zu kontrollieren, ob wir eine physikalische Aufgabe richtig gelöst haben“.

Mit den hier aufgeführten Resultaten ergibt sich das Bild eines Physikunterrichts, in dem der gegenseitige Ideen- und Erfahrungsaustausch - bezogen auf alle beteiligten Personen, d.h. auf Lehrende und Lernende - sowie das wissenschaftliche Argumentieren der Jugendlichen untereinander nur wenig stattfinden.

4.4 Unterrichtsmethodische Dimension

Welche Unterrichtsformen erleben die Jugendlichen - nach eigenen Angaben - im Physikunterricht der Sekundarstufe II? Die Schülerinnen und Schüler wurden jeweils in Einzelinterviews zu 12 Unterrichtsformen befragt, wie oft sie diese in den letzten zwei Jahren im Physikunterricht erlebt hätten (Abb. 2). Auf der fünfstufigen Antwortskala konnten sie wählen zwischen (1) „nie“, (2) „selten“, (3) „manchmal“, (4) „häufig“ und (5) „immer“. Aus den vorliegenden Daten sind in Bezug auf die konstruktivistischen Elemente des Kap. 2 folgende vier Punkte hervorzuhoben:

- Im Physikunterricht der untersuchten 152 Schulklassen dominieren mit weitem Abstand drei lehrerzentrierte Unterrichts-

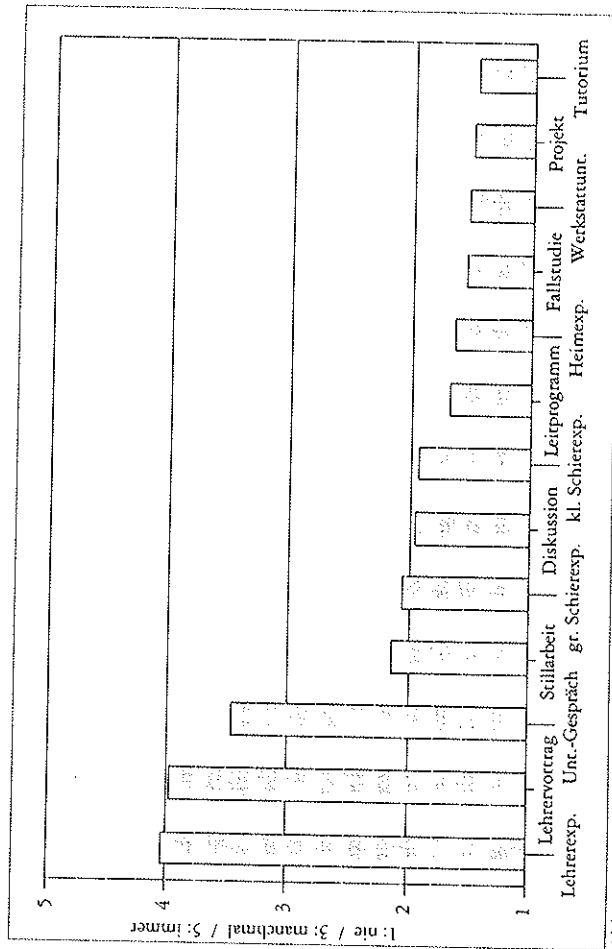


Abb. 2: Unterrichtsmethoden im Physikunterricht Rückblick III (N=671)

methoden: Lehrerexperimente, Lehrervortrag, Unterrichtsgespräch (Lehrfrage - Schülerantwort). Die Schülerinnen und Schüler erleben diese Methoden „häufig“ beziehungsweise „häufig“ bis „manchmal“. Alle anderen Methoden sind von sekundärer Bedeutung. Sie wurden „selten“ bis „nie“ erlebt. Bei dieser Dominanz von nur drei Unterrichtsformen, von denen Lehrervortrag und -experiment noch sehr eng zusammenhängen, kann von einem Repertoire von Unterrichtsmethoden nicht die Rede sein.

- Auffällig sind die „häufigen“ Lehrerexperimente. In der Befragung der Jugendlichen nehmen sie den ersten Platz ein. Der seit Jahrzehnten propagierten „physikdidaktischen Maxime“ jede Stunde ein Experiment“ scheint in der Schulpraxis nachgelebt zu werden. Die sogenannte „Kreidephysik“ bzw. die „Lehrer-Kreide-Physik“, die noch in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts weitverbreitet war, scheint durch eine „Lehrer-Experimente-Physik“ abgelöst worden zu sein.

- Hingegen treten Schülerexperimente, sei es als kleine Versuche während des Unterrichts oder als Heimexperimente, sei es als größere Experimente in einem speziellen Physikpraktikum, „selten“ bis „nie“ auf. Etwas mehr als ein Drittel der Befragten gibt sogar an, in den letzten zwei Jahren nie ein Schülerexperiment durchgeführt zu haben. Weitere Items des Fragebogens zeigen: Wenn die Lernenden eigene Versuche durchführen, scheinen die experimentellen Freiräume für die Schülerinnen und Schüler gering zu sein. So geben sie an, „selten bis nie“ selbstständig Experimente planen, durchführen und auswerten zu können. Es „stimmt eher“, dass sie nach einer detaillierten schriftlichen Anleitung arbeiten.
- Projektarbeit findet im Physikunterricht der befragten Schulklassen „selten bis nie“ statt. Das Gleiche gilt für alle anderen Unterrichtsformen, die günstige Voraussetzungen für einen wenigstens in Ansätzen projektorientierten Unterricht bieten würden, wie „Werkstattnunterricht“ (eine Sammlung von Lernposten) oder „Fallstudie“.

4.5 Fazit

Welche Ergebnisse aus dieser Befragung der Schülerinnen und Schüler entsprechen am besten unseren Elementen eines konstruktivistisch orientierten Physikunterrichts? Die Jugendlichen erleben einen „mittleren“ Einbezug ihres Vorwissens sowie einen „mittleren“ Alltagsbezug. Einer großen Gruppe von Lehrerinnen und Lehrern wird eine recht gute Kompetenz im Erklären zugesprochen, womit eine günstige Voraussetzung für ein erfolgreiches „Modeling“ und „Scaffolding“ bestehen würde. Viele Lehrkräfte präsentieren sich als überzeugte und überzeugende Vertreterinnen der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Damit wird eine wichtige Voraussetzung für verschiedene konstruktivistische Elemente geschaffen: Auswahl exemplarischer Unterrichtsinhalte, Planung und Durchführung von Lehrereperimenten, Leitung der Arbeit im Plenum. In der Befragung nehmen die Lehrerexperimente bei den Unterrichtsmethoden den ersten Platz ein. Nach Einschätzung der Jugendlichen tragen diese Experimente zu einem besseren Verständnis der physikalischen Methoden, Gesetze und Theorien bei (Kap. 5.3). Quantität und Qualität der Lehrereperimente leisten im Physikunterricht der untersuchten 152 Schulklassen einen wichtigen Beitrag zur Konstruktion neuen Wissens.

Welche Ergebnisse entsprechen nicht den in Kap. 2 aufgeführten konstruktivistischen Elementen? Die befragten Jugendlichen stuften den Erlebnisgehalt als relativ klein ein: sie können eher „selten“ eigenen physikalischen Interessen nachgehen und erleben nur „manchmal bis selten“ den Spaß und die Faszination, die die Physik mit ihren Einblicken ermöglichen könnte. Es werden nur wenige Bezüge zur Gesellschaft und zur Geschichte der Physik hergestellt. Die Jugendlichen erarbeiten kaum das Werden dieser Wissenschaft und deren gesellschaftliche Bedeutung. Die Daten der Fragebögen weisen auf einen hohen Mathematisierungsgrad, hingegen auf deutlich weniger qualitative Beschreibungen und Erklärungen hin. Die Jugendlichen haben

„eher nicht“ die Möglichkeit, den Unterricht und damit die Lehr-/Lernprozesse mitzugestalten. Diese beschränkte Mitsprachemöglichkeit, aber auch das einseitige Repertoire an Unterrichtsmethoden und die Dominanz des Plenumsunterrichts sind Indizien dafür, dass die Verantwortung für die Lehr- und Lernprozesse einseitig bei der Lehrperson liegen. Die Schülerinnen und Schüler stuften das Auftreten von Partner- und Gruppenarbeit als „selten“ ein, Kommunikation und Disput der Jugendlichen untereinander finden „selten“ statt. Damit kommt in den untersuchten Klassen kooperativen Prozessen nur eine geringe Bedeutung zu. „Selten“ erhalten die Jugendlichen Gelegenheit, eigene Versuche durchzuführen, seien dies kleinere Versuche im normalen Physikunterricht oder größere in einem speziellen Physikpraktikum. Mit den drei alles dominierenden Unterrichtsmethoden Lehrereperiment, Lehrervortrag und Unterrichtsgespräch (fragend-entwickelndes Verfahren) ist das durchschnittliche Repertoire einerseits sehr klein und andererseits einseitig auf lehrerorientierte Formen beschränkt.

In der Beschreibung des von ihnen erlebten Physikunterrichts gibt es zwischen Frauen und Männern in einzelnen Bereichen signifikante Unterschiede, d.h. es gibt geschlechtsspezifische Differenzen in der subjektiven Wahrnehmung des Unterrichts: Mädchen stuften gegenüber Jungen den Einbezug ihres Vorwissens als etwas tiefer ein, finden im Unterricht weniger Bezüge zum Alltag und zur Gesellschaft, sehen die Grenzen der Physik im Unterricht in geringerem Umfang thematisiert, erfahren den Physikunterricht deutlich weniger als ein Erlebnis, erleben nicht so viel Zusammenarbeit zwischen Lehrperson und Lernenden wie auch weniger Zusammenarbeit unter den Lernenden und geben noch seltener als Knaben an, eigene Experimente durchführen zu können.

Die Gründe, warum der Physikunterricht in manchen Punkten nur wenig einem konstruktivistischen Ansatz entspricht und wieso es zu signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschieden kommt, waren nicht Gegenstand unserer Untersuchung. Aus Lehrerinterviews im

Rahmen eines anderen Projektes lassen sich aber einige Hypothesen generieren (Labudde, 1998, 300-350): Sehr viele Lehrerinnen und Lehrer fühlen sich einem enormen Zeit- und Stoffdruck ausgesetzt, dem sie mit einem stark lehrer- und fachorientierten Plenumsunterricht begegnen. Im weiteren ist ein geeignetes Repertoire an Unterrichtstechniken und -methoden, mit welchen sich zum Beispiel das Vorverständnis der Lernenden integrieren lässt oder mit dem die Kommunikation zwischen den Lernenden gefördert werden kann, zu wenig bekannt. Auch fehlen Zeitgefäße, wie Doppelkationen, Epochenunterricht oder Blockwochen, die günstige Voraussetzungen zu mehr handlungs- und projektorientiertem Arbeiten schaffen würden. Und - at last, but not at least - entsprechen bei manchen Lehrkräften deren Bilder von Schule und Unterricht, von Lernen und Lehren nur wenig einem konstruktivistischen Ansatz.

5. Zur Wirksamkeit einiger didaktischer Variablen nach Selbstestimation der Lernenden

„Wie wirksam ist ein konstruktivistisch orientierter Unterricht nach Meinung der Lernenden?“, lautete eine unserer Forschungsfragen. Zu mehreren Elementen der inhaltlichen, sozial-kommunikativen und unterrichtsmethodischen Dimension (Kap. 2) liegen entsprechende Daten aus Einzelitems oder Skalen vor.

5.1 Inhaltliche Dimension

In Bezug auf die inhaltliche Dimension wurden die Jugendlichen nach ihren Interessen befragt. Bei sechs Themen konnten sie jeweils deren Ausmaß angeben. Die Daten zeigen folgende Rangliste der Interessen: 1. Natürliche Phänomene und Objekte, 2. Technische Anlagen (z.B. Kraftwerke), 3. Technische Alltagsgeräte (z.B. Werkzeuge, Elektrogeräte), 4. Geschichte der Physik, 5. Gesetzmäßigkeiten und Begriffe der Physik, 6. Physikalische Rechenaufgaben. Dabei liegen die ersten vier

Themen in der positiven Hälfte der Antwortskala und die zwei letzten Themen in der negativen Hälfte („eher kein Interesse“). Über diese Einzelitems hinaus wurden die Lernenden in einer spezifischen Skala nach ihrem Interesse an Mathematik im Physikunterricht befragt: An mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasien ist dieses tendenziell vorhanden, an den anderen Gymnasien und Schultypen ist es eher gering.

Bei den Interessen bestehen signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede: Die befragten Frauen sind stärker als die Männer an natürlichen Phänomenen und Objekten interessiert, umgekehrt weisen die Schüler gegenüber den Schülerinnen ein größeres Interesse hinsichtlich Mathematik, technischen Anlagen und Alltagsgeräten auf (Labudde, 1998, 197).

Die vorliegenden Daten stützen drei Elemente, die in Kap. 2 unter der inhaltlichen Dimension aufgeführt sind: Alltagsbezug, Bezug zum Menschen, qualitative und quantitative Beschreibungen. Unsere Ergebnisse sind nicht neu, sondern bestätigen einmal mehr die Diskrepanz zwischen den Interessen der Jugendlichen und der von ihnen erlebten Unterrichtsrealität (Kap. 4): Dort stehen gerade die Inhalte im Vordergrund, die in der Interessenrangliste der Lernenden zuhinterst liegen (vergleiche auch Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998).

5.2 Sozial-kommunikative Dimension

In einer Skala wurden die Schülerinnen und Schüler befragt, wie sehr ihnen Partner- und Gruppenarbeit hilft. Grundsätzlich bejahen die Lernenden - die Frauen signifikant mehr als die Männer - diese Sozialform. Beide Geschlechter stimmen insbesondere zu, dass Partner- und Gruppenarbeit im Physikunterricht „meine Fähigkeit zur Teamarbeit fördert“ sowie „mich erkennen läßt, wo ich bzw. die anderen Stärken und Schwächen besitzen“. Ebenso wird tendenziell bejaht, dass diese Sozialformen helfen, „physikalische Methoden zu verstehen (z.B. Meß- und Auswertungsverfahren)“ sowie „physikalische Inhalte zu verstehen“.

Auch diese Antworten der Jugendlichen unterstützen die Forderung nach „Kommunikation und Disput“ sowie nach „Zusammenarbeit der Lernenden“ (Kap. 2). Die Schülerinnen und Schüler stuften Partner- und Gruppenarbeit also als eine Möglichkeit ein, Sozial-, Selbst- und Sachkompetenz zu erwerben.

5.3 Unterrichtsmethodische Dimension

Welche Unterrichtsmethoden haben bzw. hätten die Lernenden besonders gerne? Dazu wurden die Jugendlichen nicht nur befragt, wie häufig 12 verschiedene Unterrichtsformen im Physikunterricht jeweils auftreten (Kap. 4; Abb. 2), sondern auch noch, wie gerne sie diese Formen haben bzw. hätten. Die Resultate zeigen in Bezug auf die Beliebtheit folgende Reihenfolge: Lehrerexperimente, kleine Schülerversuche, Diskussionen untereinander, größere Schülerversuche in einem Physikpraktikum, Lehrvortrag, Projektarbeit, Unterrichtsgespräch (Lehrfrage - Schülerantwort),

gleiches wir zusätzlich die jeweilige Beliebtheit einer Unterrichtsform mit deren Häufigkeit im Unterrichtsalltag - immer nach Einschätzung der Lernenden (Labudde, 1998, 203). Unsere Analysen zeigen folgende Resultate: Die Jugendlichen bejahen ausdrücklich den hohen Anteil an Lehrerexperimenten. Hingegen sprechen sie sich deutlich für mehr kleinere und größere Schülerexperimente, Diskussionen untereinander sowie Projektarbeit aus. Es lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass diese Unterrichtsformen auf Kosten des jetzt noch hohen Anteils von Lehrvortrag und fragend-entwickelndem Verfahren in das Methodenrepertoire aufgenommen werden müssten.

„Was lernen Sie in Schüler- bzw. Lehrerexperimenten?“ In insgesamt 12 Items wurden die Abiturientinnen und Abiturienten zu diesem Bereich und dem zugehörigen Element „Schüler- und Lehrerexperimente“ befragt (Kap. 2). In Abbildung 3 werden Items und Resultate zusammengefasst.

Item	Mittelwerte	
	1: stimmt - 4: stimmt nicht	Schülerexp. / Lehrerexp.
Was haben Sie in den Experimenten gelernt? ... den Umgang mit physikalisch-technischen Geräten.	2.08	2.76
... ein besseres Verständnis der Gesetze und Theorien.	2.09	2.09
... ein besseres Verständnis der Methoden der Physik.	2.12	2.25
... die selbstständige Planung eines Experiments.	2.49	3.31
Die Experimente motivieren mich für den Physikunterricht.	2.33	2.33
Die Experimente bringen mir insgesamt nicht viel.	2.74	2.73

Abb. 3: „Lernen durch Schülerexperimente“ und „Lernen durch Lehrerexperimente“

Tutorium / Lernpartnerschaft, Werkstattunterricht (eine Sammlung von Arbeitsaufträgen), Fallstudie, Leitprogramm, Stillarbeit (Einzelarbeit). Bei diesen Resultaten ist zu berücksichtigen, dass einige der Unterrichtsformen vielen Jugendlichen gar nicht oder kaum aus dem Schulalltag vertraut sind. Neben der Reihenfolge der beliebtesten Unterrichtsformen im Physikunterricht ver-

Dimension	Didaktische Variable	Motivationale Variablen		
		Beliebtheit der Physik	Kompetenzüberzeugung in Physik	Schul- und Alltagsnutzen der Physik
Individuell	Einbezug des Vorwissens	0.19***	0.21***	0.36***
	Physikunterricht und Erlebnis	0.38***	0.41***	0.46***
	Alltagsbezug	0.18***	0.23***	0.40***
	Gesellschaft	0.18***	0.20***	0.37***
Inhaltlich	Geschichte	0.14**	0.15***	0.25***
	Wissenschaft	0.26***	0.27***	0.38***
	Grenzen der Physik	0.32***	0.23***	0.36***
	Zusammenarbeit Lehrkraft - Lernende	0.22***	0.25***	0.36***
Sozial-kommunikativ	Kompetenz der Lehrkraft im Erklären	0.22***	0.39***	0.33***
	Zusammenarbeit der Lernenden	0.23***	0.20***	0.27***
Methodisch	Schülerexperimente	0.24***	0.24***	0.22***

Signifikanzniveau: ***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, +: p<0.10

Abb. 4: Pearson-Korrelationen zwischen didaktischen und motivationalen Variablen sowie Physikleistungen

genauere Analyse der Daten zeigt signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede bei den Lehrender, nicht aber bei den Schülerexperimenten. Erstere werden von den Frauen als etwas weniger wirksam eingestuft als von den Männern. Die insgesamt jedoch positiven Einschätzungen von physikalischen Versuchen, die sich bei Schülern und Schülerinnen feststellen lassen, erklären denn auch die oben beschriebene Beliebtheit von Schüler- und Lehrerexperimenten.

6. Korrelationen zwischen didaktischen Variablen und Resultaten des Physikunterrichts

„Welche Korrelationen bestehen zwischen einzelnen didaktischen Variablen eines konstruktivistisch orientierten Physikunterrichts auf der einen Seite und motivationalen Variablen, Physikleistungen sowie wissenschaftstheoretischen Ansichten auf der anderen Seite?“, lautete die letzte unserer Forschungsfragen (Kap. 1). Die entsprechenden Daten entstammen im Falle der „didaktischen Variablen“, „motivationalen Variablen“ und „wis-

senschaftstheoretischen Ansichten“ dem Physik-Vertiefungsfragebogen, im Falle der Physikleistungen dem internationalen TIMSS-Physikleistungstest. Abb. 4 zeigt die Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen ausgewählten didaktischen und motivationalen Variablen sowie den Physikleistungen. Für die ausführlichen Daten sei verwiesen auf Labudde (1998, 209-243).

6.1 Motivationale Variablen

Generell bestehen zahlreiche signifikante Korrelationen zwischen den in Abb. 4 aufgeführten methodisch-didaktischen Größen und den drei motivationalen Variablen, d.h. der Beliebtheit des Schulfachs Physik, der Kompetenzüberzeugung in Physik sowie dem Schul- und Alltagsnutzen, der dem Unterricht zugeschrieben wird.

In der individualten Dimension liegen die Pearson-Koeffizienten bei der Variablen „Physikunterricht und Erlebnis“ im Vergleich zu allen anderen Werten in Abb. 4 besonders hoch: Schülerinnen und Schüler, für die nach eigenen

Angaben der Unterricht zu einem Erlebnis wird, stuft das Fach Physik als beliebt, ihre eigene physikalische Kompetenz sowie den Schul- und Alltagsnutzen als hoch ein. Etwas tiefer liegen die entsprechenden Koeffizienten für den Einbezug des Vorwissens.

Die Korrelationen in der inhaltlichen Dimension weisen durchwegs positive Werte auf. Sie sind bei den Bezügen zu Alltag, Gesellschaft und Wissenschaft sowie bei der Thematisierung der Grenzen der Physik höher als beim historischen Bezug. Die Daten unterstreichen die zwei Elemente „Alltagsbezug“ und „Bezug zum Menschen“. Im Vergleich zu diesen lebensweltlichen Bezügen wird die Forderung nach mehr historischen Inhalten weniger gestützt.

Bei der sozial-kommunikativen Dimension weisen die Korrelationen, die sich auf die Lehrperson beziehen, höhere Werte auf als diejenigen zwischen der „Zusammenarbeit der Lernenden“ und den motivationalen Variablen. Die Kompetenz der Lehrkraft im Erklären sowie der Umfang der von den Jugendlichen erlebten Zusammenarbeit zwischen Lehrperson und Lernenden scheinen einen entscheidenden Einfluss auf die motivationalen Größen auszuüben. In geringerem Umfang gilt dies auch für die Kooperation zwischen den Jugendlichen.

Die Häufigkeit von Schülertexperimenten, die in der unterrichtsmethodischen Dimension ein wichtiges Element eines konstruktivistisch orientierten Physikunterrichts bildet, ist ebenfalls positiv mit Beliebtheit, Kompetenzüberzeugung sowie Schul- und Alltagsnutzen korreliert, jedoch in weniger starkem Ausmaß als einige Elemente der anderen Dimensionen.

6.2 Physikleistung

Im Gegensatz zu den motivationalen Variablen treten nur wenige signifikante Korrelationen auf. Zudem liegen diese mit Pearson-Koeffizienten von unter 0.17 recht tief. So konnten in einer schrittweisen Regressionsanalyse mit den vorhandenen Variablen auch nur 21% der Varianz der Physikleistung erklärt werden (Labudde, 1998, 224).

Mindestens drei Gründe könnten hierfür verantwortlich sein: Einerseits dürfte es noch weitere Unterrichtsvariablen geben, die wesentlich zur erklärten Varianz beitragen und die in dieser Arbeit nicht erfasst wurden, wie zum Beispiel die Klassenatmosphäre oder der Umfang von „drill and practice“. Andererseits ist es wahrscheinlich, dass Faktoren, die ausserhalb des eigentlichen Physikunterrichts liegen, wesentlichen Einfluss auf die Physikleistung haben, wie zum Beispiel Stellenwert der Physik im Freundeskreis oder bei den Eltern. Schlussendlich bleibt es eine offene Frage, wie valide der TIMSS-Leistungstest ist: Misst der Test die Fähigkeiten und Fertigkeiten, die als Bildungsziele im Physikunterricht an Schweizer Gymnasien angestrebt werden?

6.3 Wissenschaftstheoretische Ansichten

In Abb. 4 wurde darauf verzichtet, die Korrelationen zwischen didaktischen Variablen und wissenschaftstheoretischen Ansichten aufzuführen, denn insgesamt liefern unsere statistischen Analysen nur sehr wenige signifikante Werte - und wenn, dann liegen die Koeffizienten in der Größenordnung zwischen 0.10 und 0.20. Die Ansichten, die Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe II über die Wissenschaft Physik äußern, weisen also kaum Zusammenhänge mit dem von ihnen beschriebenen Physikunterricht auf. Dieses Ergebnis ist allerdings aus drei Gründen mit Vorsicht zu interpretieren:

- Um eine höhere Validität zu erreichen, müssten weitere Forschungsmethoden eingesetzt und ein anderes Forschungsdesign entwickelt werden. In den vorliegenden Analysen werden ausschließlich die Jugendlichen befragt. In einem nächsten Schritt müssten neben diesen auch deren Lehrkräfte befragt oder der Unterricht beobachtet werden. Mit einem derartigen Vorgehen würden verschiedene Daten unabhängig voneinander gesammelt, was ein höhere Aussagekraft der Ergebnisse zur Folge hätte.

- Bei den untersuchten wissenschaftstheoretischen Variablen handelt sich nur um einen äusserst kleinen Ausschnitt von Ansichten.
- Die verwendeten Skalen weisen mit Werten von 0.55 bis 0.73 eher tiefe Cronbach-Alpha auf, sie sind also nicht sehr genaue Messinstrumente.

Aus der Literatur sind kaum vergleichbare empirische Untersuchungen bekannt. Am ehesten sind die Projekte von Chartron (1991) und Meichtry (1993) zu nennen. Auch sie stellen fest, dass der naturwissenschaftliche Unterricht nur einer von vielen Faktoren zu sein scheint, der die wissenschaftstheoretischen Bilder von Schülerinnen und Schülern beeinflusst.

7. Folgerungen

Aus den Ergebnissen unseres Forschungsprojektes ziehen wir sieben Folgerungen für Forschung, Unterrichtspraxis und Lehrerbildung:

- *Stärken und Schwächen der Operationalisierung in Dimensionen und Elementen:* Die Unterscheidung nach vier Dimensionen hat sich bewährt, wesentliche Bereiche des Physikunterrichts SI können mit ihnen erfasst werden. Sie lassen sich in den meisten Fällen gegeneinander abgrenzen, und für jede Dimension können spezifische Ergebnisse gewonnen werden. Eine feinere Unterteilung in mehr Bereiche drängt sich nicht auf. Ebenso hat sich die Operationalisierung in Form einzelner Elemente generell bewährt: So konnten in den meisten Fällen reliable und valide Skalen und Instrumente zur Beschreibung des Physikunterrichts entwickelt werden. Dies gilt insbesondere für: Vorverständnis, Selbstverantwortung, Alltagsbezug, Bezug zum Menschen, qualitative und quantitative Beschreibungen, Kommunikation und Disput, Rollen der Lehrperson, Zusammenarbeit der Lernenden, Repertoire von Unterrichtsmethoden, Schüler- und Lehrertexperimente.
- *Zum Status quo des Physikunterrichts SI:* Werden die Elemente, die in Kap. 2 für einen konstruktivistisch orientierten Physikunterricht zusammengestellt sind, als Maßstab an

den Unterricht der 152 evaluierten Klassen angelegt, muss festgestellt werden, dass trotz mehrerer positiver Punkte der Unterricht im Durchschnitt nicht den Anforderungen eines konstruktivistischen Ansatzes genügen vermag. Die Abklärung, ob dieses Ergebnis aus der Deutschschweiz auch für andere Länder zutrifft, wäre ein internationales Forschungsprojekt wert.

- *Motivationale Variablen:* Explizit danach gefragt wünschen die Jugendlichen ausdrücklich den lebensweltlichen Bezug im Physikunterricht, die Diskussion und Zusammenarbeit untereinander sowie Schüler- und Lehrertexperimente. Diese Wünsche werden bestätigt durch unsere statistischen Analysen, in denen viele Elemente aus Kap. 2 positiv mit motivationalen Variablen korreliert sind. Besonders hohe Koeffizienten weisen auf: Einbezug des Vorwissens, Erlebnisgehalt des Unterrichts, Erklärungscompetenz der Lehrkraft, ihre Fähigkeit zu Zusammenarbeit und Beratung, der lebensweltliche Bezug.

- *Physikleistungen:* Es bestehen nur wenige signifikante Korrelationen zwischen den TIMSS-Physikleistungen und den untersuchten didaktischen Variablen. Einerseits kann daraus der Schluss gezogen werden, dass ein konstruktivistisch orientierter Physikunterricht hinsichtlich der Leistungen mindestens gleich wirksam ist wie andere Ansätze. Andererseits bleibt es eine offene Frage, warum die Korrelationen zur Physikleistung generell tiefer liegen als zu den motivationalen Variablen. Ein möglicher Grund könnte darin liegen, dass die standardisierten TIMSS-Tests für die Leistungserfassung nur beschränkt tauglich sind. Denn mit ihnen können einige Bildungsziele, wie Einsicht in die Notwendigkeit von Fachsystematik und Fachsprache oder die selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments, nicht überprüft werden. Zudem stellt sich die Frage, ob die im Bildungsbereich starke Fixierung auf die Fachleistungen nicht zugunsten von affektiven und motivationalen Größen aufgeweicht werden sollte: Für

die Allgemeinbildung eines jungen Menschen sind langfristig die subjektive Beliebtheit der Physik sowie die Kompetenzüberzeugung in diesem Fach geradeso wichtig wie das physikalische Sachwissen.

- *Wissenschaftstheoretische Ansichten:* Das „Lernen über Physik“ wird in Lehrplänen wie auch in fachdidaktischen Publikationen immer wieder proklamiert. Die vorliegenden Resultate legen die Hypothese nahe, dass Unterrichtsansatz und -gestaltung so gut wie kaum mit wissenschaftstheoretischen Bildern von Jugendlichen korreliert sind. Hier bedarf es weiterer empirischer Untersuchungen. Insbesondere müssen umfassendere und stärker differenzierende Instrumente entwickelt werden, um klären zu können, wieweit die methodisch-didaktische Gestaltung des Physikunterrichts die Konstruktion wissenschaftstheoretischer Ansichten bei Jugendlichen beeinflusst.

- *Mädchen, Jungen und Physik:* Bei vielen unserer Daten können signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt werden. Diese betreffen zum einen die subjektive Wahrnehmung des Physikunterrichts, zum anderen die Wünsche von Mädchen und Jungen in Bezug auf den Physikunterricht. Weitere Unterschiede, die in dieser Publikation nicht dargestellt worden sind, bestehen hinsichtlich der Beliebtheit der Physik, der Kompetenzüberzeugungen sowie der Physikleistungen: Die befragten Frauen weisen in diesen Bereichen tiefere Werte auf als die Männer (Labudde, 1998, 184-189, 220-227). Sämtliche Resultate unserer Studie am Ende der Sekundarstufe II bestätigen die aus der Literatur bekannten Ergebnisse (Labudde, 1999; Parker, Rennie & Fraser, 1996). Es besteht ein dringender Handlungsbedarf, den Physikunterricht auf allen Schulstufen mädchengerecht zu gestalten. Hierzu beitragen können viele der in Kap. 2 aufgeführten Elemente, wie die Korrelationen in Kap. 6 sowie die Ergebnisse eines anderen an unserer Institution durchgeführten Forschungsprojekts zeigen (Herzog, Labudde, Neuenschwander, Violi & Gerber, 1997).

- *Weiterführende Forschungsfragen:* Mit der vorliegenden Arbeit werden vielfältige Daten zur Lern-Lehr-Kultur und ihrer Wirkungen für den Physikunterricht der Sekundarstufe II zusammengestellt. Zum einen kann damit ein Bild des Unterrichts - aus Sicht der Schülerinnen und Schüler - gewonnen werden. Zum anderen können einige Hypothesen zur Wirksamkeit des Unterrichts bestätigt oder zumindest generiert werden. Weiterführende empirische Forschungsprojekte, an denen im deutschen Sprachraum nach wie vor ein Manko besteht (Duit, 1995b), sollen offene Forschungsfragen klären helfen. Hierzu gehören insbesondere mögliche Wege zur nachhaltigen Integration des Vorverständnisses der Lernenden, die wissenschaftlich begleitete Planung und Umsetzung neuer Prüfungsformen, die Entwicklung weiterer Instrumente z.B. zum Erfassen wissenschaftstheoretischer Ansichten von Schülerinnen und Schülern, der internationale Vergleich von Lern-Lehr-Kulturen im Physikunterricht. Bei diesen und anderen naturwissenschaftsdidaktischen empirischen Untersuchungen ist anzustreben, dass die Daten methodisch nicht nur aus einer Quelle gewonnen werden, wie hier einseitig aus der Befragung der Lernenden, sondern aus mehreren voneinander unabhängigen Quellen stammen, wie Unterrichtsbeobachtungen, Interviews, Schüler- und Lehrerfragebögen.

Literatur

Baumert, J. & Lehmann, R. (1997). TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske und Budrich.
 Beaton, A.E., Martin, M.O., Mullis, I.V.S., Gonzalez, E.J., Smith, T.A. & Kelly, D.L. (1996). Science Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). Chestnut Hill, MA: TIMSS International Study Center, Boston College.

Charon, E.H. (1991). Classroom and community influences on youths' perceptions of science in a rural country school system. *Journal of Research in Science Teaching* 28/8, 671-687.

Coburn, W.W. (1996). *Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education*. Science Education 80/5, 579-610.

Collins, A., Brown, J.S. & Newman, S.E. (1989). *Cognitive Apprenticeship: teaching the crafts of reading, writing, and mathematics*. Resnick, L.B. (Ed.). *Knowing, learning and instruction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Davis, N.T., McCarthy, B. J., Shaw, K.L. & Sidani-Tabbaa, A. (1993). Transitions from objectivism to constructivism in science education. *International Journal of Science Education* 15/6, 627-636.

Dubs, R. (1995). Konstruktivismus - Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41/6, 889-903.

Duit, R. (1995a). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41/6, 905-923.

Duit, R. (1995b). Empirische physikdidaktische Forschung. *Unterrichtswissenschaft* 23/2, 98-106.

Duschl, R.A. (1990). *Restructuring Science Education*. Columbia University, New York, NY: Teachers College Press.

Foot, H.C., Morgan, M. J. & Shute, R.H. (1990). *Children Helping Children*. Chichester: John Wiley.

Gardner, H. (1994, 2. Auflage) *Der ungeschulte Kopf. Wie Kinder denken*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). *Wissenswerb unter konstruktivistischer Perspektive*. *Zeitschrift für Pädagogik* 41/6, 867-888.

Gil-Pérez, D. & Carrasco-Alis, J. (1994). *Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching*. *Science Education* 78/3, 301-315.

Gil-Pérez, D. (1996). *New trends in science education*. *International Journal of Science Education* 18, 889-901.

Girg, R. (1994). *Die Bedeutung des Vorverständnisses der Schüler für den Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Häußler, P., Hoffmann, L. (1995). *Physikunterricht - an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert*. *Unterrichtswissenschaft* 23/2, 107-126.

Herzog, W., Labudde, P., Neuenschwander, M., Violi, E. & Gerber, C. (1997): *Koedukation im Physikunterricht - Schlussbericht zuhanden des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung*. Universität Bern, Abteilung Pädagogische Psychologie / Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehnke, M. (1998): *Die IPN Interessenstudie Physik*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). *Das Modell der didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3/3, 3-18.

Kubli, F., Bossi, J. & Risch, M. (1987). *Interesse und Verstehen in Physik und Chemie*. Köln: Aulis.

Labudde, P. (1993a). *Erlebniswelt Physik*. Bonn: Dümmler.

Labudde, P. (1993b). *Vom Spiel des Kindes zum Experiment des Wissenschaftlers: Physik erleben, reflektieren, entwickeln*. In: Behrendt, H. (Hrsg.). *Zur Didaktik der Physik und Chemie* (Tagung der GDGP 1992 in Erfurt). Alsbach: Leuchtrum, 41-54.

Labudde, P. (1997a). *Selbstständig lernen - Eine Chance für den Physikunterricht*. In: Labudde, P. (Hrsg.). *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, Heft 37 „Selbstständig lernen“, 4-9.

Labudde, P. (1997b). *Zertrittwand, Plakat und Lerntagebuch - Nachdenken über das Lernen im Physikunterricht*. *Friedrich Jahresheft XV* (1997), „Lernmethoden - Lehrmethoden: Wege zur Selbstständigkeit“. Setzle: Erhard Friedrich Verlag, 92-94.

Labudde, P. (1997c). *Physiklernen als Sprachlernen: Wie in der Wissenschaft so im Unterricht*. In: Fischer, H.E. (Hrsg.). *Handlungsorientierter Physik-Unterricht Sekundarstufe II*. Bonn: Dümmler, 56-80.

Labudde, P. (1998). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*. *Forschungsbericht*, Universität Bern, Höheres Lehramt.

Labudde, P. (1999). *Mädchen und Jungen auf dem Wege zur Physik*. In: Labudde, P. (Hrsg.). *Naturwissenschaft im Unterricht - Physik*, Heft 49 „Mädchen, Jungen und Physik“, 4-10.

Meichery, Y.J. (1993). *The impact of science curricula on student views about the nature of science*. *Journal of Research in Science Teaching* 30/5, 429-443.

- Moser, U., Ramseier, E., Keller, C. & Huber, M. (1997): Schule auf dem Prüfstand - Eine Evaluation der Sekundarstufe I auf der Grundlage der „Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)“. Chur: Rüeggli.
- Muckenfuß, H. (1996): Orientierungswissen und Verfügungswissen - Zur Ablehnung des Physikunterrichts durch die Mädchen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* 7/31, 20-25.
- Mullis, I.V., Martin, M., Beaton, A., Gonzalez, E., Kelly, D. & Smith, T. (1998). *Mathematics and Science Achievement in the Final Year of Secondary School. IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Cheshnut Hill, MA: TIMSS International Study Center, Boston College.
- Niedderer, H. (1982): Probleme der Lebenswelt, Vorverständnis der Schüler und Wissenschaftstheorie der Physik als Determinanten für den Physikunterricht. In: Fischler, H. (Hrsg.). *Lehren und Lernen im Physikunterricht*. Köln: Aulis, 105-132.
- Parker, L.H., Rennie, L.J. & Fraser, B.J. (1996): *Gender, Science and Mathematics - Shortening the Shadow*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic.
- Pfluger, D. (1995). Physikunterricht auf der Sekundarstufe II - Validitätsanalysen eines Fragebogens (Hausarbeit/EDA). Bern: Höheres Lehramt.
- Piaget, J. (1950a). *Introduction à l'Épistémologie Génétique - Tome I: La Pensée Physique*. Paris: Presses Universitaires de France. Deutsch (1972): *Die Entwicklung des Erkennens I - Das physikalische Denken*. Stuttgart: Klett.
- Piaget, J. (1950b). *Introduction à l'Épistémologie Génétique - Tome II: La Pensée Mathématique*. Paris: Presses Universitaires de France. Deutsch (1973): *Die Entwicklung des Erkennens II - Das mathematische Denken*. Stuttgart: Klett.
- Ramseier, E., Moser, U., Reusser, K., Labudde, P. & Buff, A. (1994). *Schule, Leistung und Persönlichkeit (TIMSS-). Beiträge zur Lehrerbildung* 12/1, 67-72.
- Ramseier, E., Keller, C. & Moser, U. (1999): *Bilanz Bildung - Eine Evaluation am Ende der Sekundarstufe II auf der Grundlage der „Third International Mathematics and Science Study“*. Chur: Rüeggli.
- Robitaille, D.F. & Garden, R.A. (1996). *The Third International Mathematics and Science Study, Monograph No. 2: Research Questions & Study Design*. Vancouver: Pacific Educational Press.
- Roth, W.-M. (1993). In the Name of Constructivism: Science Education Research and the Construction of Local Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching* 30/7, 799-803.
- Steffe, L.P. & Gale, J. (1995). *Constructivism in Education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Twomey Fosnor, C. (1993). Rethinking Science Education: A Defense of Piagetian Constructivism. *Journal of Research in Science Teaching* 30/9, 1189-1201.
- Prof. Dr. Peter Labudde ist Physik- und Naturwissenschaftsdidaktiker. Als Vizedirektor des Höheren Lehramts ist er an der Universität Bern in der Ausbildung von Gymnasiallehrkräften tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen physikalische Lernprozesse, Unterrichtsmethoden, Prüfungskultur, Koedukation sowie Lehrerbildung.
- Dr. Dominik Pfluger studierte an den Universitäten Bern und Neuchâtel Biologie und Statistik, zudem erwarb er das Gymnasiallehrerdiplom. Herr Pfluger gründete und leitet jetzt eine Firma, die auf statistische Untersuchungen in Biologie, im Gesundheits- und im Bildungswesen spezialisiert ist.

Prof. Dr. Peter Labudde
 Universität Bern / Höheres Lehramt
 Postfach
 CH - 3000 Bern 9
 Schweiz
 Tel. 0041 - 31 - 631 49 06
 E-Mail: labudde@sis.unibe.ch