

Horstendahl, Michaela; Fischer, Hans E.; Rolf, Regina

Konzeptuelle und motivationale Aspekte der Handlungsregulation von Schülerinnen und Schülern im Experimentalunterricht der Physik

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 6 (2000), S. 7-25



Quellenangabe/ Reference:

Horstendahl, Michaela; Fischer, Hans E.; Rolf, Regina: Konzeptuelle und motivationale Aspekte der Handlungsregulation von Schülerinnen und Schülern im Experimentalunterricht der Physik - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 6 (2000), S. 7-25 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315518 - DOI: 10.25656/01:31551

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315518>

<https://doi.org/10.25656/01:31551>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

MICHAELA HORSTENDAHL, HANS E. FISCHER UND REGINA ROLF

Konzeptuelle und motivationale Aspekte der Handlungsregulation von Schülerinnen und Schülern im Experimentalunterricht der Physik

Zusammenfassung:

Im Labor werden Schülergruppen der 11. Jahrgangsstufe im Themenbereich Elektrizitätslehre in Unterrichtssequenzen von je 3 Doppelstunden unterrichtet. Die Unterrichtssequenzen werden so organisiert, dass für die Probanden unterschiedlich offene Handlungsangebote entstehen. Es soll herausgefunden werden, wie sich unterschiedlich offene Lernsituationen auf die Bedeutungsentwicklung und die Komplexität bei der Handlungsregulation wirksam werdender fachlicher und motivationaler Parameter auswirkt. Zur Analyse werden Begriffsnetze (vor und nach), teilstrukturierte Interviews und Fragebögen zur Einstellung zur Physik und zum Physikunterricht benutzt. Um typische Handlungsregulationen der Probanden auf die verschiedenen offenen Situationen und die wirkenden fachlich konzeptuellen und motivationalen Parameter zu finden, wurden zur Videoanalyse Kategorien benutzt, die aus der Verhaltenstheorie von Dörner (1993) und der Motivationstheorie von Deci und Ryan (1985, 1993) abgeleitet wurden.

Abstract:

In investigating the learning processes in physics education we have analysed the influence of learning environments with different levels of openness. To that end, three different levels of openness were designed to teach electrostatics in the laboratory to high school students in grade 11. The students' cognitive development regarding physical concepts and motivational parameters are investigated with concept maps (pre and post), partly structured interviews and video analysis. In addition, a questionnaire was used to establish the students' attitude towards physics and physics lessons. The videos of the lessons were analysed by a category-guided content analysis. The categories were developed according to the theory of behaviour of Dörner (1993) and the theory of motivation of Deci and Ryan (1985, 1993) in order to find typical reactions of students and their use of different complex cognitive concepts (related to physics) and motivational parameters to regulate their behaviour on each level of openness.

1. Einleitung

Trotz des großen Interesses an offenem Unterricht sind die Auswirkungen verschiedener Unterrichtsformen auf Lernprozesse einzelner Schülerinnen und Schüler, nach unserer Kenntnis, bisher nicht systematisch empirisch erforscht worden. Vergleichende Effektivitätsuntersuchungen zwischen offen und zentral geführtem Unterricht gibt es dagegen. Besonders hervorzuheben ist die Meta-Analyse von Gioconia & Hedges (1982), in der über 150 Untersuchungen über unterschiedliche Unterrichtsformen miteinander verglichen werden. In allen hier betrachteten Untersuchungen werden Effektivitätsvergleiche hauptsächlich anhand von Wissenszuwachsmessungen bezüglich deklarativen Wissens durchgeführt. Danach zeigen sich bei Schülerinnen und Schülern nach lehrerzentriertem Unterricht in

der Regel bessere Behaltensleistungen als nach offenem Unterricht. Nach Brophy & Good (1986) scheint ein Zusammenhang zu bestehen zwischen der Interventionsstrategie und dem Wissenszuwachs. Störungsarmut und Strukturiertheit des Unterrichts korrelieren mit Behaltensleistungen. Die Strukturiertheit des Unterrichts und die schülerbezogene Anpassung des Zeitbudget, das vom Lehrer oder der Lehrerin zum Lernen zur Verfügung gestellt wird, ist in der Untersuchung von Baumert, Schmitz, Sang & Roeder (1986) entscheidendes Kriterium für Effektivität. In dieser Untersuchung wird außerdem festgestellt, dass sich Strukturiertheit auf den Wissenszuwachs leistungsstarker und leistungsschwacher Schülerinnen und Schüler unterschiedlich auswirkt. Instruktionsintensität, ein hoher Anteil individueller Hilfestellung und die Bereitschaft des Lehrers, sein Verhal-

ten und die Angebote zu variieren sind bei Helmke (1988) bestimmend für die Effektivität der jeweils untersuchten Unterrichtsstrategie. Die Trennungslinie verläuft danach nicht zwischen lehrerzentriert und offen, sondern zwischen strukturiert und nicht strukturiert. Beaton (1995) stellt fest, dass Schülerinnen und Schüler im offenen Technik-Unterricht mit geringer äußerer Strukturierung deklaratives Wissen in vergleichbarem Umfang nur mit größerem zeitlichem Aufwand bilden, als in lehrerzentriertem Unterricht.

Alle bisher genannten Untersuchungen gehen davon aus, dass im offenen und lehrerzentrierten Unterricht die Konstruktion deklarativen Wissens eine grundlegende Verhaltensbasis für die Bewältigung von Problemen darstellt. Gerade die Betonung der Wissenskomponente als Kriterium für die Effektivität von Unterrichtsstrategien scheint aber beim Vergleich zwischen lehrerzentriertem und offenem Unterricht fragwürdig, wenn nicht auf die Frage eingegangen wird, was 'effektives' und 'erfolgreiches' Lernen im Kontext offenen Unterrichts heißen soll (Jürgens 1994). In der Literatur ist eine explizite Antwort schwer zu finden, weil ein einheitliches Konzept für offenen Unterricht nicht zu erkennen ist. Einige Kriterien für offenen Unterricht werden aber allgemein anerkannt. Aus ihnen wird deutlich, dass Wissenszuwachs auf der Ebene deklarativen Wissens weder als ausschließliches noch als vorrangiges Ziel dieses Unterrichts bezeichnet werden kann.

Nach Jürgens zielt offener Unterricht auf die Entwicklung strategischer Aspekte des Lernens (Jürgens 1994, 24). Ramseger (1977), Goetze (1992) oder Schittko (1993) bezeichnen die folgenden Variablen als bestimmend für offenen Unterricht: Schülervariablen, Raum- und Materialvariablen, Didaktikvariablen und Lehrervariablen. Gemäß der Vielfalt und Komplexität der Variablen wird Unterricht als dynamischer und vernetzter Prozess aus Interaktion (einschließlich Kommunikation), Präsentation, Denken, Lernen und Motivation verstanden. Bönsch (1993) findet lerntheoretische Gründe für offenen Unterricht.

Schülerinnen und Schüler sollen „.... ihren Lerntyp, ihre Lernstrategien, ihre Lern- und Arbeitstechniken finden, um selbständig die Erreichung der gesetzten Ziele anstreben zu können“ (Bönsch 1993, 32). Die konzeptuellen, auf den fachlichen Inhalt bezogenen Voraussetzungen und Prozesse der Schülerinnen und Schüler werden damit zwar als Variablen des Lernprozesses immer noch berücksichtigt, werden aber nicht mehr als dominant angesehen. Besonders betont wird in allen diesen Ansätzen offenen Unterrichts die Förderung motivationaler kognitiver Elemente und übergeordneter gesellschaftlicher Schlüsselkompetenzen, wie Kommunikation, Teamarbeit und Demokratieverständnis. Allerdings fehlen die empirischen Belege für die Relevanz und die Wirksamkeit offener Unterrichtssituationen in Bezug auf die theoretisch herausgearbeiteten Variablen.

Theoretische Grundlagen

Um die Auswirkungen offenen Unterrichts besser verstehen zu können, wird in dieser Arbeit eine Analyse der individuellen Handlungsregulation und der Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit von einer noch zu definierenden Offenheit in Laborsituationen vorgeschlagen. Das Untersuchungsfeld kann dadurch begrenzt werden, dass offene, für die Untersuchung geplante Unterrichtssequenzen im Labor betrachtet werden. Es können so zwar einige der oben genannten Kriterien für offenen Unterrichts nicht mehr umgesetzt werden, es wird aber eine gezielte Untersuchung einzelner, auf den Lernprozess bezogener konzeptueller und motivationaler Variablen möglich gemacht. Dadurch kommt eine Struktur der Lernsituation in den Blick, die bisher in didaktischen Untersuchungen nur wenig beachtet wurde. Zur Beurteilung der Verhaltensregulation in einer (offenen) Unterrichtssituation ist es notwendig, die Ausprägung sowohl konzeptueller als auch motivationaler Aspekte des Verhaltens und ihre Wirkung auf (Physik-) Lernen zu beobachten (Krapp 1993, 188, Fischer & Horstendahl 1997) und gewichten zu kön-

nen. Verhaltensregulation wird in diesem Modell durch Bedürfnisse bewirkt, die sich auf drei Motive schulischer Interaktion beziehen können: Konzepte werden im physikbezogenen Inhaltsbereich durch konzeptuelle Kompetenz und im sozialen Inhaltsbereich durch das Affiliationsmotiv (zu einer sozialen Gruppe zu gehören) und das Machtmotiv (diese Gruppe dominieren zu wollen) kontrolliert.

Um das Verhalten von Schülerinnen und Schülern bezüglich dieser Motive analysieren zu können, wurden im Bereich Elektrostatik Experimente für Laborsituationen entwickelt. Indikatoren waren auf konzeptueller Seite der Einsatz mehr oder weniger elaborierter physikalischer Konzepte und in motivationaler Hinsicht die Selbstwirksamkeitserwartung, die Dringlichkeit und die Wertigkeit als typische Variablen der Motivationsmodelle vom Erwartung x Wert Typ, die u.a. nach Dörner (1996) und Hille (1997) zur Handlungsregulation beitragen.

Konzeptuelle Kompetenz und Klassen des Experimentierverhaltens

Eine wesentliche theoretische Basis der konzeptuellen Dimension ist das „Basisprogramm der Verhaltensregulation“ von Dörner (1993). Es kennzeichnet eine Vielfalt möglicher Verhaltensformen und gibt an, in welchem Zusammenhang das jeweils gezeigte Verhalten mit dem aufgaben- oder problembezogenen Wissen der jeweiligen Schülerin bzw. des jeweiligen Schülers zu sehen ist. Die Verhaltensweisen sind Elemente in einem individuellen Regelkreis der Zielgenerierung, Zielverfolgung und Kontrolle durch Analyse der Handlungsergebnisse. Zum entsprechenden Handlungsziel werden von Merkmalen der Situation Verhaltensprogramme oder -elemente evoziert. Das Basisprogramm enthält drei Ebenen der Handlungsregulation, die wir für Experimentalsituationen im Physikunterricht modifiziert haben. Die erste Ebene ist durch „Konzeptnutzung“ gekennzeichnet. Sie vollzieht sich in der Regel unbewusst, kann aber jederzeit bewusst gemacht werden (automatisierte Handlungsabläufe wie etwa das

Laden einer Folie in einem Experiment). Reichen die Programme auf dieser Ebene nicht zu einer befriedigenden Handlungsregulation, kann die Phase der „Konzeptsicherung“ einsetzen. Auf dieser Ebene werden die aktivierbaren elementaren Operatoren einer kausalen Analyse unterzogen, um die Erfolgsaussichten der Handlung (faktisch oder potenziell) zu analysieren. Die Handlung dient der Bestätigung des Konzepts. Führt auch diese neue Verhaltenskonstruktion nicht zum erwarteten und erwünschten Erfolg und widersprechen die Handlungsergebnisse dem eigenen Konzept, kann die Suche nach neuen Merkmalen der Situation einsetzen. Diese Phase nennt Dörner die Ebene der Exploration, wir bezeichnen sie als Konzepterweiterung. Die Schülerinnen und Schüler können sich mit Material auseinandersetzen, das auf fehlende Theorie- oder Handlungselemente hinweist, sie können die fehlenden Theorieelemente durch Kommunikation mit Gruppenmitgliedern erschließen oder aus einem Gespräch mit dem Versuchsleiter als eigene Konstruktion übernehmen. Das Scheitern von Handlungen bewirkt Reflexion und Verhaltensänderung. Der Übergang von einer Ebene zur nächsten ist in Abhängigkeit von fachlicher Kompetenz und von Motivation zu beschreiben. Fachliche Kompetenz wird durch fachbasierte und/oder alltagsbasierte Konzepte und durch deklarative und/oder prozedurale Wissensselemente definiert.

Auf jeder der drei Ebenen der Verhaltensregulation lassen sich auf das Experimentieren im Physikunterricht bezogene Klassen des Experimentierverhaltens ausmachen (Horstendahl & Fischer 1999). So können auch auf der Stufe der Konzepterweiterung durch Beobachten und Manipulieren Wissensselemente ohne Berücksichtigung physikalischer Konzepte durch planloses Handeln erarbeitet werden. Physikbezogene Konzepte sind in unserer Lernumgebung auch nicht gefragt, wenn es darum geht Experimentieranweisungen umzusetzen. Diese Form des imitatorischen Handelns kann durch dezidierte Aufgabenstellungen oder Modellhandlungen anderer initiiert werden. Operatives Handeln setzt dagegen

Wissen um Handlungsprogramme voraus. Diese Handlungsprogramme können automatisch ablaufen, aber auch im Rahmen der Konzeptsicherung oder zur Konzepterweiterung eingesetzt werden. Für (heuristisches) konzeptuelles Vorgehen, als ein Charakteristikum wissenschaftlichen Experimentierens, werden physikalische Konzepte vorausgesetzt. Durch die Reduktion der motivationalen Parameter auf die drei oben genannten Motive und zwei Dimensionen, die Definition der Ebenen und Klassen der Verhaltensregulation und der konzeptuellen Kompetenz erhalten wir die Möglichkeit, auf Situationen bezogene Indikatoren für Offenheit festzulegen. Zur geplanten Offenheit des Angebots kommt die Offenheit als Freiheitsgrad der individuellen Zielfindung in einzelnen Handlungssequenzen hinzu. Um den Zusammenhang zwischen angebotener und empfundener Offenheit der Unterrichtssituation, Handlungsregulation und Konzeptentwicklung besser verstehen zu können, lautet die Forschungsfragestellung jetzt nicht mehr: „Wie effektiv ist offener im Vergleich zu lehrerzentriertem Unterricht?“ eine Frage, die ohne Vergleich der den verschiedenen Unterrichtskonzeptionen zugrundeliegenden theoretischen Annahmen nicht beantwortet werden kann, sondern: „Worüber wird die individuelle Interaktion in unterschiedlich offenen Handlungssequenzen reguliert?“ (Horstendahl 1999, 167).

Offenheit des Lernangebotes

Nach den Kategorien der Verhaltensebenen und der Verhaltensklassen richtet sich auch das Konstrukt der Offenheit des Lernangebotes, ein von der empfundenen Offenheit (als Freiheitsgrad der individuellen Zielfindung) zu unterscheidendes Konstrukt. Nach Klieme (1999, im Druck) korreliert die Offenheit des Antwortformats mit der Schwierigkeit einer Test-Aufgabe. In unserem Konstrukt der Offenheit findet sich der Zusammenhang darin wieder, dass enge Aufgabenstellungen, die bestimmte Verhaltensweisen explizit vorschlagen, die mit Auswahl, Kombination und Durchführung verbundenen konzeptuellen

Fähigkeiten nicht erforderlich machen. Aufgabenstellungen hingegen, die keinen spezifischen Lösungsweg vorschlagen, setzen diese Fähigkeiten voraus. Die Schwierigkeit physikalischer Aufgaben gleichen physikalischen Inhalts wird also partiell durch die Offenheit der Fragestellung reguliert. Je mehr Handlungen in der Klasse „konzeptuelle Zusammenhänge“ notwendig sind, um eine Aufgabe zu lösen, um so offener ist das Antwortformat. Dies gilt für jede der drei Handlungsebenen. In unserer Untersuchung werden Aufgaben mit drei Offenheitsstufen gestellt, die experimentell zu lösen sind (siehe auch Fischer & Rolf 1997):

Bei der ersten Variante der Offenheit wurden die Handlungsmöglichkeiten der Schüler und Schülerinnen stark eingeschränkt. Die Handlungsanweisungen wurden in Form detaillierter Arbeitsblätter zu den fünf übergreifenden Aufgaben gegeben. Die Aufgaben konnten durch Beobachten und Manipulieren, ohne Wissen um eigenständige Konstruktion von Handlungsprogrammen und konzeptuellem Wissen, bewältigt werden (imitatorisches Handeln). Erst nachdem durch die Aufgabenstellung nahegelegte Erfahrungen gemacht werden konnten, wurden die Schülerinnen und Schüler zu Erklärungen (konzeptuelles Handeln) aufgefordert.

Bei der zweiten Variante wurden die Handlungsmöglichkeiten der Schüler weniger stark eingeschränkt. Es waren übergreifende Aufgaben vom Versuchsleiter für die verschiedenen Doppelstunden fest vorgegeben. So lautete die übergreifende Aufgabe der dritten Doppelstunde z.B.: „Versuche, die Funktionsweise des Elektroskops zu ermitteln!“ In dieser Variante der Aufgabenstellung wurde das eigenständige Erstellen von Handlungsprogrammen angeboten, das Wissen über Elementaroperationen im physikbezogenen Bereich voraussetzt.

Bei den beiden ersten Aufgabenvarianten standen den Schülern und Schülerinnen das Versuchsmaterial, ein Karteikasten mit einem Lexikon und ein Karteikasten mit Versuchsanleitungen zu vorgegebenen Aufgabe zur Verfügung.

Bei der dritten Variante wurden die Schüler und Schülerinnen in ihren Handlungsmöglichkeiten kaum eingeschränkt. Die Handlungsanweisungen standen in Form von fünf übergreifenden Aufgaben zur Verfügung, sie waren für die verschiedenen Doppelstunden jedoch frei wählbar. Die Karteikästen mit dem Lexikon und den Versuchsanleitungen konnten frei benutzt werden und es stand das gesamte Versuchsmaterial zur Verfügung. Sollten die Schülerinnen und Schüler mit dieser sehr offenen Lernumgebung nicht umgehen können, war geplant, die Handlungsmöglichkeiten gemäß der zweiten Variante einzuschränken. Selbstentwickelte Experimentiervorhaben, die von den Zielsetzungen der übergeordneten Aufgabe abwichen, wurden zugelassen. Neben dem Trial-and-Error Verfahren, das eine derart offene Experimentiersituation prägen kann, wurden heuristische Methoden möglich, die eine hohe konzeptuelle Kompetenz der Schülerinnen und Schüler verlangen. Selbständiges Experimentieren setzt Wissen um Zusammenhänge zur Antizipation von Ereignissen voraus, außerdem die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Arbeiten, bezogen auf das konkrete Problem, eigenständig zu planen und bei der Lösung eigene Handlungsziele zu entwickeln und zu verfolgen. Außerdem muss die Darstellung des Ergebnisses selbständig geplant und durchgeführt werden, eine weitere Schwierigkeit, die in den anderen Offenheitsstufen durch explizite Hinweise in der Aufgabenformulierung vermieden wird.

Offenheit im Erleben der Schülerinnen und Schüler

Das Erleben der Offenheit ist aus der Verhaltensbeobachtung abzuleiten. Neben der subjektiven Einschätzung der konzeptuellen Voraussetzungen (Selbstwirksamkeitserwartung) hängt das Verhalten in einer Experimentiersituation von der Wahrnehmung der Wertigkeit und des zeitlichen Rahmens (Dringlichkeit) ab (in Anlehnung an Dörner 1993). Uns interessieren vor allem die Momente der Experimentiersituationen, in denen die Schü-

lerinnen und Schüler mit ihren Prognosen und Selbsteinschätzungen scheitern. Setzt planendes Denken ein, können vom Beobachter Handlungsprogramme rekonstruiert werden. In erster Linie betrachten wir Situationen, in denen sich die Schülerinnen und Schüler zur Phase der Konzepterweiterung entscheiden müssen. Verfolgen sie das Handlungsziel auch auf dieser Ebene oder ändern sie es? Entscheiden sie sich für die Konzepterweiterung, wird analysiert, welche Strategien der Manipulation angewandt werden, um eine Basis für die Konzepterweiterung zu schaffen. An dieser Stelle ist der Grad der Selbstbestimmtheit der Schülerin oder des Schülers festzumachen, der wiederum Auswirkungen auf die erlebte Offenheit des Unterrichtsverlaufs hat. Er kann sich, entsprechend der oben aufgeführten Verhaltensalternativen der Konzepterweiterung, an selbst entwickelten Ideen (Konzepten) zum Gegenstand ausrichten, die zur befriedigenden Bewältigung der Situation notwendig sind, an übernommenen Ideen, die in der Arbeitsgruppe entwickelt werden, an den Vorschlägen der Betreuerin oder an Experimentieranleitungen der Arbeitsblätter. Mit den Kategorien Selbstwirksamkeitserwartung, Wertigkeit und Dringlichkeit wird die motivationale Dimension der Verhaltensregulation erfasst.

Operationalisierung

Um das theoretische Modell zur Gestaltung von Fragebögen und zur Analyse von Videotexten nutzen zu können, müssen die genannten Kategorien der Kompetenzdimension und der motivationalen Dimensionen operationalisiert werden. Hierzu werden Fragen (für den Fragebogen) und Verhaltensweisen spezifiziert, die den Kategorien entsprechen. Die Validität und Reliabilität der Operationalisierung wird mit Hilfe statistischer Verfahren überprüft. Auf die Operationalisierung der Kategorien bezüglich des Fragebogens wird in diesem Artikel nicht eingegangen (siehe hierzu Horstendahl 1999, 277). Zur Videoanalyse werden die grundlegenden Motive (konzeptuelles Kontrollmotiv (im folgenden:

Kontrollmotiv), Affiliationsmotiv und Machtmotiv) bezüglich der Kategorien Kompetenz, Selbstwirksamkeit, Wertigkeit und Dringlichkeit spezifiziert. Es werden prototypische Verhalten entworfen und zwischen mehreren Ratern ausgehandelt. Im folgenden sind einige Beispiele für alle Motive und die Kategorien Selbstwirksamkeit und Dringlichkeit aufgeführt:

Kontrollmotiv/Dringlichkeit: „Ich muss mich beeilen, um mir das in der Situation fehlende Wissen anzueignen“ oder „Ich habe keine Zeit meine Handlung zu verwirklichen“ usw., um mein Handlungsziel zu erreichen.

Kontrollmotiv/Selbstwirksamkeitserwartung: „Ich weiß etwas über den Sachverhalt“, „Ich weiß etwas über das Handlungsprogramm“ usw. und kann damit mein Handlungsziel erreichen.

Affiliationsmotiv/Dringlichkeit: „Ich muss die Gelegenheit nutzen, einen erwünschten Kontakt aufzunehmen“, „Es ist günstig, das Einverständnis der anderen einzuholen“ usw., um mir und anderen das Gefühl der Zugehörigkeit zu einer Gruppe zu geben.

Affiliationsmotiv/Kompetenz: „Ich kann meine Gefühle ausdrücken“, „Ich bin in der Lage Widerspruch zu äußern“ usw., um mir und anderen das Gefühl der Zugehörigkeit zu einer Gruppe zu geben.

Machtmotiv/Dringlichkeit: „Es ist höchste Zeit, meine Stärke zu demonstrieren“, „Es ist günstig eine Entscheidung zu fordern“ usw., um mir und anderen das Gefühl meiner Überlegenheit in der Gruppe zu geben.

Machtmotiv/Selbstwirksamkeit: „Ich bin in der Lage, die an mich gestellten Erwartungen zu erfüllen“, „Ich bin in der Lage Kompromisse zu erzwingen“ usw., um mir und anderen das Gefühl meiner Überlegenheit in der Gruppe zu geben.

Zur Analyse der Videoszenen wird also beurteilt, auf welcher Ebene die Handlung reguliert wird, in welcher Klasse des Experimentierverhaltens dabei operiert wird und welche Motivlage (Kontroll-, Affiliations- und Machtmotiv) bei der Verfolgung der Handlungsziele eine Rolle spielt.

Hypothesen

Die Untersuchung wird von den folgenden Hypothesen geleitet:

1. Schülerinnen und Schüler können in offenen Unterrichtssituationen ihren eigenen Lernprozess optimal regulieren, da sie die Lernhandlung den eigenen konzeptuellen und motivationalen kognitiven Bedürfnissen am besten anpassen können.
2. Geschlossene und maximal geführte Unterrichtssituationen engen die Schülerinnen und Schüler ein und demotivieren sie.
3. Die Offenheit im Erleben der Schülerinnen und Schüler ist von der Offenheit der Aufgabenstellung abhängig.
4. Die folgenden drei Parameter des Orientierungsrahmens erklären die Verhaltensregulation: Die Komplexität der physikalische Konzeptbildung, die Ebene der Handlungsregulation und die Motivation.

Das Untersuchungsdesign

Mit 8 Schülergruppen von je drei Schülern und Schülerinnen einer Jahrgangsstufe 11 wurden drei mal 1,5 Stunden Unterricht im Labor zum Themenbereich Elektrostatik durchgeführt. Für die Untersuchung wurden Schülerinnen und Schüler der Gymnasialen Oberstufe gewonnen, die dort keinen Physikunterricht gewählt haben. Diese Probanden haben ihre Erfahrungen im fraglichen physikalischen Kontext (Elektrizitätslehre) in der Sekundarstufe I gemacht. Es ist heute davon auszugehen, dass ihre Lösungen physikalischer Probleme wesentlich alltagsbasiert sind (Baumert, Lehmann et al. 1997) und sie haben sich in der Regel gegen die Physik entschieden, gehören also zu der großen Gruppe von Schülerinnen und Schülern, mit einer eher negative Einstellung zum Physikunterricht (Hoffmann, Häußler & Lehrke 1998). Durch die Auswahl der Probanden sollte erreicht werden, dass die Parameter „Vorerfahrungen im gewählten Kontext“, „Handlungskompetenz in physikalischen Kontexten“ und „Einstellungen zur Physik“ innerhalb der einzelnen Lerngruppen möglichst geringe Unterschiede zeigen.

In der Voruntersuchung wurde viel Sorgfalt darauf verwandt, das Unterrichtsmaterial selbsterklärend zu gestalten. Das bedeutet, dass das Material zwar nach den Richtlinien und Lehrpläne des Gymnasiums für die Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen (1993) konstruiert ist, dass aber keine physikalischen Konzepte vorausgesetzt werden, die das Wissen von Formeln oder komplexer Handlungsorganisation für Experimente voraussetzt. Von jedem Probanden sollte wenigstens eine Handlungsanweisung in allen drei Offenheitsstufen zu finden sein, nach der eine experimentelle Tätigkeit, wenn möglich ohne Eingreifen der Versuchsleiterin, begonnen werden konnte.

Die Sitzungen wurden mit einer fest installierten Videokamera aufgezeichnet. Vor und nach jeder der drei Sitzungen wurde mit jedem Probanden ein Interview mit Begriffsnetzen durchgeführt. Aus vorgegebenen Wörtern aus dem Bereich der Elektrostatik wurde jeweils ein Begriffsnetz gelegt, die Relationen konnten frei benannt und Wörter konnten weggelassen oder hinzugefügt werden. Wir haben dadurch das deklarative und das prozedurale Wissen der Schüler zur Elektrostatik vor den drei Sitzungen und eine Veränderung danach erfasst.

Darüber hinaus wurde vor den drei Sitzungen mit jedem Schüler ein teilstrukturiertes Interview durchgeführt. An wenigen zentralen Fragen orientiert, wurde das Wissen der Probanden zur Elektrostatik und Einstellungen zu Physik als Wissenschaft und Physik als Schulfach ermittelt. Vor der Durchführung der drei

Doppelstunden haben die Schüler einen Fragebogen ausgefüllt, der 15 Fragen zum Bereich Schülerinteressen und 15 weitere Fragen zum Bereich Lernmotivation enthielt. Mit Hilfe des Fragebogens wird die motivationale Disposition der Schüler und Schülerinnen und ihre Einstellung zum Physikunterricht erfasst.

Das Unterrichtsmaterial

Im folgenden wird ein Überblick über das für diese Untersuchung entwickelte schriftliche Unterrichtsmaterial gegeben. Ein Lexikon umfasst 17 Einträge. Es gibt Querverweise auf andere Einträge. Die übergreifenden Aufgaben und die Versuchskarten sind wie folgt einander zugeordnet: (s. Abb. unten) Es wurde für die Elektrostatik übliches Experimentiermaterial zur Verfügung gestellt und drei Lernumgebungen gestaltet, die sich bezüglich der Offenheit unterscheiden (zur Organisation des Unterrichts siehe Fischer 1999).

Durchführung der Sitzungen

Der Einstieg in die erste Doppelstunde auf den ersten zwei Offenheitsstufen erfolgte jeweils durch ein Demonstrationsexperiment zum Themenbereich. In diesen beiden Varianten ging es in der ersten Doppelstunde um die Glühlampe, die Untersuchung von Leitern und Nichtleitern und die Wechselwirkung geladener Körper, in der zweiten Doppelstunde um Polarisations- und Influenzphänomene und in der dritten Doppelstunde um die Funktionsweise des Elektroskops. In der dritten Offen-

übergreifende Aufgaben	Glühlampe	Metall Kunststoff	Zwei geladene Materialien in Kontakt	Geladene Gegenstände in der Nähe von Leitern und Nichtleitern	Elektroskop
Versuchskarten	5 detaillierte Versuchsanleitungen	6 detaillierte Versuchsanleitungen	6 detaillierte Versuchsanleitungen	7 detaillierte Versuchsanleitungen	11 detaillierte Versuchsanleitungen

Abbildung 1: Zuordnung der Aufgaben und Versuchskarten.

heitsstufe wurden keine Vorgaben gemacht, Material und Aufgaben waren wählbar.

Drei Gruppen wurde die Variante mittlerer Offenheit, drei weiteren die Variante höchster Offenheit und zwei Gruppen die Variante niedrigster Offenheit angeboten. Allen Schülern und Schülerinnen wurde ein Heft zur Verfügung gestellt, das sie für Aufzeichnungen nutzen konnten. Das Heft war als Impuls gedacht, wichtige Ergebnisse zusammenzufassen, noch nicht geklärte Fragen zu formulieren oder Anknüpfungspunkte an Versuche oder Ergebnisse vorheriger Stunden zu bieten. Folgende Daten liegen also pro Proband vor: Ein teilstrukturiertes Interview vor der Durchführung der drei Doppelstunden (inklusive Videomitschnitt, 8 x 3 x 15 min), zwei Begriffsnetze (vor und nach) inklusive Videomitschnitt, ein Interessen-Fragebogen (vor) und die Videoaufzeichnungen der drei Doppelstunden.

Zur Methode:

Die Auswertung der Videotexte

Neben Begriffsnetzen als Methode zur Wissensdiagnostik (Arbinger 1991, 89; Huckle & Fischer 1999; Huckle 1999), Motivations-Fragebogen (Horstendahl 1997) und teilstrukturiertem Interview (Breuer 1994) sind Videotexte von den einzelnen Sitzungen der Gruppen die hauptsächliche Datenquelle. Auf die Methode der Begriffsnetze, des Fragebogens und der Interviews und ihre Bedeutung für das Ergebnis wird in diesem Artikel nicht eingegangen (siehe die jeweils angegebene Literatur). Eine Beschreibung der kategoriegeleiteten Inhaltsanalyse wird im folgenden dargestellt.

In der empirischen Sozialforschung, der empirischen Pädagogik und Psychologie wird grob zwischen empirisch-analytisch und hermeneutisch orientierten Verfahren der Textanalyse unterschieden.

Empirisch-analytische Verfahren bedienen sich dabei u.a. sogenannter Frequenzanalysen. Zu Beginn werden die Texteinheiten festgelegt, bezüglich derer die Analyse vorgenommen werden soll. Analyseeinheiten können zum Beispiel Wörter, Sätze, Kapitel, Artikel

und so weiter sein. In Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung wird ein Kategorienschema für die Analyse entwickelt. Im nächsten Schritt wird der gesamte vorliegende Text (häufig mit Computerunterstützung) anhand des Kategorienschemas bearbeitet. Das Ergebnis besteht dann in der Bezifferung der Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Kategorien. Kritiker der quantitativ orientierten Verfahren werfen diesen Methoden Reduktionismus beziehungsweise die Missachtung der Latenz von Textinhalten vor (Bos & Tarnai 1989).

Qualitative, beziehungsweise hermeneutische Analysemethoden zielen darauf ab, den Sinn von Texten zu verstehen. Texte werden extensiv ausgelegt. Dabei werden Hintergrundinformationen über die Entstehung des Textes, über den Autor des Textes, den Gegenstand des Textes, den Adressaten und so weiter in die Analysen einbezogen. Latente Inhalte, die beim oberflächlichen Lesen eines Textes verborgen bleiben, sollen in qualitativen Analysen herausgearbeitet werden (Oevermann, Allert, Konau & Krambeck 1979). Kritiker sehen in den hermeneutischen Auslegungen zu starke Ausprägungen der subjektiven Auffassung des jeweiligen Interpreteten.

In unserer Untersuchung gelingt eine Synthese beider Vorgehensweisen durch die Operationalisierung der theoretisch konstruierten Verhaltenskategorien nach Dörner (1993) und ihre Anwendung auf ausgewählte Videosequenzen. Es wird so ein theoretisch begründetes Kategoriensystem geschaffen, operationalisiert und auf eine theoretisch begründete Auswahl der Videotexte angewandt. Die Verlässlichkeit der entstandenen Interpretation wird durch Erheben der Inter-Rater Reliabilität getestet.

Die Auswahl der Analyseszenen

Es werden insgesamt mindestens vier Experimentierszenen pro Gruppe analysiert. Die Auswahl der Szenen verfolgt das Ziel, Veränderungen im Experimentierverhalten aufzuzeigen und mit motivationalen Orientierungen in Verbindung zu bringen.

Bei der ersten Szene handelt sich um den Einstieg in die Experimentiersituation. Es soll beobachtet werden, wie die Schülerinnen und Schüler mit dem Angebot umgehen. Die zweite Szene entspricht dem Abschluss einer ersten Experimentier- bzw. Bearbeitungsphase. Aus der Verhaltensanalyse wird auf Tendenzen im Experimentierverhalten und in den motivationalen Orientierungen geschlossen. Aus diesen Ergebnissen werden erste Prognosen über den weiteren Verlauf des Experimentiergeschehens und der konzeptuellen Prozesse der Probanden abgeleitet. Die dritte Szene liegt am Ende der zweiten Doppelstunde. Die Ergebnisse der Verhaltensanalyse werden mit der Analyse der zweiten Szene und den Prognosen verglichen. Die vierte Szene bildet den Abschluss des Experimentiergeschehens. Der Vergleich zu den Szenen 2 und 3 soll eventuelle Veränderungen oder Entwicklungen im konzeptuellen Bereich, im sozialen Miteinander oder in den motivationalen Orientierungen aufzeigen. Die Ergebnisse der vollständigen Verhaltensanalyse über die drei Doppelstunden geben u.a. auch Aufschluss über Schwachstellen im Lernangebot für die gruppenspezifische Lernsituation.

Gliederung der Analyse

Die folgenden Arbeitsschritte sind zur Textanalyse erforderlich:

1. Transkription ausgewählter Stellen.
2. Ideenliste (Fischer 1989).
3. Auswertung der physikbezogenen Kompetenzen und Analyse des Experimentierhaltens (Auflistung der Ideen der Schüler und Schülerinnen zu Aspekten des Sachgebietes Elektrostatik und Kategorisierung des Experimentierverhaltens).
4. Analyse der motivationalen Orientierungen (Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler bezüglich ihrer Selbstwirksamkeit, der Wertigkeit der Lernsituation, der Realisierbarkeit des Handlungsvorhabens unter zeitlichem Aspekt) im physikbezogenen Inhaltsbereich.
5. Analyse der sozialen Kompetenzen (Möglichkeit und Regelung des Diskurses) und sozialen Intentionen.

6. Zusammenfassende Darstellung der motivationalen und konzeptuellen Größen in den entsprechenden Inhaltsbereichen unter Berücksichtigung der Concept Maps und der Interviews.
 7. Prognose der Entwicklung des Verhaltens und der kognitiven Entwicklung bezüglich der Konstruktion physikalischer Konzepte.
- Durch die Kategorisierung der Handlung wird ein analytisches Verfolgen der Verhaltensregulation einzelner Schülerinnen und Schüler bezüglich des Grades der Selbstbestimmtheit des Lernenden bzw. der erlebten Offenheit ermöglicht. Der Verlauf der Handlungsregulation wird für jede Schülerin bzw. jeden Schüler dargestellt.

Die Erfassung der motivationalen Orientierung mit Hilfe der kategoriegeleiteten Inhaltsanalyse

Es wurde bei der Beschreibung der Basisprogramme darauf hingewiesen, dass sich die verschiedenen Ebenen der Verhaltensregulation im konkreten Verhalten wiederfinden können, aber nicht müssen. Wie das Verhalten in der Situation aussieht, wird u.a. von der Selbstwirksamkeitserwartung geprägt. Weitere Merkmale sind die Wertigkeit, die der Schüler oder die Schülerin dem Handlungsziel zuordnet und die Dringlichkeit, die sich auf eine rein zeitliche subjektive Abschätzung des Arbeitsvorganges bezieht. Wir nehmen an, dass das Eingehen auf das Lernangebot von den Erwartungen abhängt, die bezüglich der Situation und der Selbstwirksamkeitserwartung entwickelt werden. Vor allem die Selbstwirksamkeitserwartung soll für uns ein relevanter Parameter werden.

Die Analyse der Ideenlisten

Die Variablen der theoretischen Konstrukte sind die Kategorien der Inhaltsanalyse. Ideen zum physikbezogenen Inhaltsbereich werden den Ebenen der Handlungsregulation zugeordnet. Ideen zum Experimentierverhalten und zur Kompetenz zeigen, auf welcher Ebene des Handlungsschemas (Konzeptnut-

zung, Konzeptsicherung, Konzeptentwicklung) die Handlung organisiert wird, Ideen zu den motivationalen Variablen im physikbezogenen Inhaltsbereich warum gerade auf dieser Ebenen agiert wird.

Die folgenden Beispiele sollen dies erläutern, es geht um Konzepterweiterung:

- Der Schüler meint, er wisse nicht genug, um seine Handlung auf der Ebene der Konzepterweiterung zu organisieren (Selbstwirksamkeitserwartungen).
- Die Schülerin sieht keinen Sinn darin, sich auf der Ebene der Konzepterweiterung mit der Aufgabe auseinander zusetzen, weil für sie das Ergebnis im Gesamtprozess keine Rolle spielt (Wertigkeit).
- Die Schülerin meint, im Rahmen der Verfolgung ihres Handlungsziels, keine Zeit zu haben, sich auf der Ebene der Konzepterweiterung mit der Aufgabe auseinander zusetzen (Dringlichkeit).

Die Ideen zur sozialen Kompetenz weisen auf unterstützende oder hemmende Momente der Interaktion hin. Der Beobachter schätzt ein, über welche sozialen Kompetenzen der Schüler oder die Schülerin verfügt und er analysiert, welche Intentionen der Schüler oder die Schülerin mit dem Einsatz der sozialen Kompetenzen verfolgt. Soziale Kompetenzen können folgendermaßen eingesetzt werden:

- Es soll der physikbezogene Diskurs gefördert werden (Kontrollmotiv).
- Es soll Anerkennung der oder Zugehörigkeit zur Gruppe erreicht und/oder aufrechterhalten werden (Affiliationsmotiv).
- Es soll in der Gruppe eine Vormachtstellung eingenommen werden (Machtmotiv).

Setzen die Schüler und Schülerinnen soziale Kompetenzen ein, um eine Atmosphäre gegenseitiger Anerkennung zu schaffen, kann dies zu fruchtbaren Diskussionen über Physik führen. Nutzt hingegen ein Gruppenmitglied seine sozialen Kompetenzen, um seine Vormachtstellung innerhalb der Gruppe abzusichern, kann im günstigsten Fall (Mitglied verfügt über physikbezogene Kompetenzen) das Experimentiergeschehen in der Gruppe in eine physikalisch sinnvolle Richtung gelenkt werden.

Der Sinn des Experimentiergeschehens wird dann allerdings eventuell nur dem Anführer klar (konzeptuell), die restlichen Gruppenmitglieder haben keinen großen intellektuellen Gewinn (vgl. Richmond & Striley, 1996, S. 849f), messen dem Geschehen entsprechend keinen inhaltlich zu begründenden Wert bei. Im ungünstigen Fall wird die physikbezogene Tätigkeit eingestellt. Eine Konstellation, bei der ein im physikbezogenen Inhaltsbereich kompetentes Gruppenmitglied nicht über hinreichende soziale Kompetenzen verfügt, ist ebenfalls wenig hilfreich für erfolgreiche Konzeptsicherung oder Konzepterweiterung innerhalb der Gruppe, wie eine Konstellation, bei der die Gruppenmitglieder in einer harmonischen Atmosphäre aufeinander eingehen, den physikbezogenen Diskussionen aber keine inhaltliche Struktur verleihen können. In Gruppen, in denen mehr als ein Mitglied Machtmotive verfolgt, wird das Experimentiergeschehen durch einen Machtkampf geprägt.

Beispiel

Es wird die Erstellung einer Ideenliste demonstriert. Eine kurze Erläuterung des situativen Kontextes leitet die zu analysierende Situation ein.

Drei Schülerinnen sind mit der folgenden Aufgabe beschäftigt: „Halte eine geladene Folie über Papierschnipsel. Was kannst Du beobachten? Versuche, Deine Beobachtungen zu erklären.“ Die Schülerinnen haben beobachtet, dass die Papierschnipsel von der Folie angezogen werden, die Folie berühren und dann einige von ihnen wieder auf den Tisch fallen. Sie wollen das Phänomen erklären. Zunächst stellen sie fest, dass es sich bei der Folie um einen negativ geladenen Gegenstand und bei den Papierschnipseln um nichtgeladene Nichtleiter handelt. Die Schülerin J. fragt die anderen beiden Schülerinnen: „Ja, und jetzt?“ Sie kann aus den zusammengetragenen Beschreibungen keine Erklärung ableiten. Dann äußert sie ihre Schwierigkeiten:

Situation

„Ich meine, die (Papierschnipsel) müssten ja eigentlich mehr positive (Ladungen besitzen), irgendwie. Wieso sollte es sonst angezogen werden?“

Ideenliste zur Situation

PHK+: Physikbezogener Inhaltsbereich, Kompetenz: Entgegengesetzt geladene Körper ziehen sich an.

PHS+: Physikbezogener Inhaltsbereich, Selbstwirksamkeitserwartung: Ich bin in der Lage, durch die Beobachtung des Phänomens auf die Ladungszustände der Gegenstände zu schließen.

PHS+: Physikbezogener Inhaltsbereich, Selbstwirksamkeitserwartung: Ich bin in der Lage, die Behauptungen der anderen Gruppenmitglieder zu hinterfragen.

PHW+: Physikbezogener Inhaltsbereich, Wertigkeit: Mir ist es wichtig, eine Erklärung für das Phänomen zu finden.

SAK+: Sozialer Inhaltsbereich, Affiliation, Kompetenz: Sie ist in der Lage, die anderen an ihren Gedankengängen zu beteiligen und sie zum Mitdenken anzuregen.

SAS+: Sozialer Inhaltsbereich, Affiliation, positive Selbstwirksamkeitserwartung: Ich bin in der Lage, mit den anderen Gruppenmitgliedern eine Diskussion zu den Vorgängen des Versuchs zu beginnen.

SAW+: Sozialer Inhaltsbereich, Affiliation, Wertigkeit: Mir ist wichtig, meine Ideen mit den Ideen der anderen Gruppenmitglieder abzugleichen.

Zum Abschluss wird entschieden, welches Experimentierverhalten in den Ideen zum Ausdruck kommt und ob die Schülerin oder der Schüler auf der Ebene der Konzeptsicherung oder der Konzepterweiterung operieren. Die Schülerin des Beispiels sucht eine Erklärung für das beobachtete Phänomen. Sie leitet aus ihrem Wissen zur Kraftwirkung zwischen Ladungen nicht beobachtete Eigen-

schaften der Gegenstände ab und versucht, initiiert durch die widersprüchliche Erfahrung des Versuchs, ihr Konzept zu erweitern. Deshalb wird die Situation dem konzeptuellen Handeln auf der Ebene der Konzepterweiterung zugeordnet.

Zusammenfassende Darstellung der Ideen im physikbezogenen Inhaltsbereich

Zu allen Situationen einer Analyseszene werden Ideen formuliert und zunächst die Ideen zum physikbezogenen Inhaltsbereich ausgewertet (siehe Abb. 2). Es werden die Häufigkeiten bestimmt, um Schwerpunkte bei der Zuordnung zu Kategorien zu kennzeichnen. In unserem Beispiel wird der Schülerin eine Kompetenz im organisierenden und konzeptuellen Handeln auf der Ebene der Konzeptsicherung zugeschrieben (Auf- und Entladen von Gegenständen, Einsatz der Glimmlampe zur Ladungsmessung, ...).

Dominierender für das Verhalten sind die Ideen auf der Ebene der Konzepterweiterung. Sie setzt häufig Strategien zur Konzepterweiterung ein (Sie liest in den Laborkarten; Sie sucht die Diskussion ihrer Ideen mit den anderen Gruppenmitgliedern; Sie versucht, Versuchsaufbauten zu optimieren, um Ergebnisse zu bestätigen; ...).

Wichtig sind darüber hinaus ihre Ideen zur Selbstwirksamkeitserwartung. Sie bringt oft zum Ausdruck, dass sie sich in der Lage sieht, ihre Konzepte zu erweitern, gleichzeitig lässt sie aber erkennen, dass ihr das Wissen fehlt, um modelltheoretische Aussagen über die Vorgänge, die sie in den Versuchen beobachtet, abzuleiten. In ihrem Verhalten wird weiter deutlich, dass ihr die Erarbeitung einer Erklärung wichtig erscheint. Aus der Konstellation der Einschätzungen der Wertigkeit und der Selbstwirksamkeitserwartungen auf der Ebene der Konzepterweiterung im physikbezogenen Inhaltsbereich wird vor dem theoretischen Hintergrund (Dörner, 1993; Horstendahl, 1999, S. 39f) auf das Motiv geschlossen, Kontrolle über den physikbezogenen Inhaltsbereich zu gewinnen.

Konzeptuelle Kompetenz			PHK +	PHK +			PHK +	PLOS
	PLOS	IMI	ORG	KON	PLOS	IMI	ORG	KON
Motivation	Konzeptsicherung				Konzepterweiterung			
	PLOS	IMI	ORG	KON	PLOS	IMI	ORG	KON
					PHS + PHS +			
					PHW +			

nen Inhaltsbereich zu erlangen (Abb. 3). Allerdings wird diesem Motiv keine handlungsleitende Funktion zugeschrieben. Es wird unterstellt, dass es das Experimentierverhalten der Schülerin zwar beeinflussen, aber nicht eigenständig aufrechterhalten kann. Diese Interpretation wird durch das Verhalten der Schülerin am Ende einer Experimentiersituation bestätigt: Die physikbezogene Diskussion und das Experimentieren wird abgebrochen, als die Versuchsleiterin signalisiert, dass sie auch unbeantwortete Fragen als Ergebnis des Experimentierens akzeptiere. Die soziale Kompetenz der Schülerin wird ausschließlich eingesetzt, um eine Atmosphäre gegenseitiger Anerkennung aufrechtzuerhalten. Das Machtmotiv spielt bei dieser Schülerin keine Rolle.

Die Auswirkungen des Offenheitsgrades auf das Verhalten

Aus der Kategorisierung des Verhaltens bezüglich der Ebenen des Handlungsschemas, der Klassen des Experimentierverhaltens, der Inhaltsbereiche, der konzeptuellen Kompetenz und der Motive können Aussagen über die möglichen individuellen Tendenzen der Aufgabenbearbeitung der Schülerinnen und Schüler gewonnen werden.

In den Dimensionen der Verhaltensanalyse werden hierzu die folgenden groben Einteilungen vorgenommen:

- Die Kompetenz der Schülerin oder des Schülers reicht aus [K+] oder nicht aus [K-], um auf der Ebene der Konzepterweiterung zu operieren.
- Die Motivation, sich im physikbezogenen Inhaltsbereich auf der Ebene der Konzepterweiterung mit der Aufgabenstellung aus-

einander zusetzen, ist vorhanden [M+] oder nicht [M-].

In den Tabellen (Abb.4 a, b) ist der Einfluss dieser Kombinationen auf das Verhalten bei einer Aufgabenbearbeitung dargestellt. In der Handlungsanalyse werden die Einzelhandlungen der Schülerinnen und Schüler den Kategorien der theoretisch zu erwartenden Kombinationen der Variablen zugeordnet. Wir erhalten Häufigkeitsverteilungen, nach denen die Probanden den verschiedenen Kombinationen, im folgenden Bild bezüglich Konzepterweiterung (höchste Ebene der Handlungsorganisation) dargestellt, zugeordnet werden können. Eine positive Tendenz (die Aufgabe wird auf der Ebene der Konzepterweiterung intensiv bearbeitet) wird durch ein [+], eine negative Tendenz (die Aufgabe wird nicht oder oberflächlich auf der Ebene der Konzepterweiterung behandelt) durch ein [-] gekennzeichnet.

Hoher Offenheitsgrad:

Theoretisch ist zu erwarten, dass sich ein Proband mit der Kombination [K+][M+] durch die offene Aufgabenstellung herausgefordert fühlt. Er geht davon aus, dass er die Aufgabe lösen kann und will die sich bietende Möglichkeit wahrnehmen. In allen anderen Fällen sind negative Effekte zu erwarten, die hauptsächlich auf fehlende Kompetenz zurückzuführen sind. In unserer Untersuchung konnte nur eine Schülerin in die Gruppe [K+][M+] eingeordnet werden. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass nicht das gemäß der Richtlinien und Lehrpläne des Gymnasiums für die Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen (1993) erwartete Wissen bei den Schülerinnen und Schül-

Hoher Offenheitsgrad

	K+	K-
M+	+	-
M-	-	-

Abb. 4 a: Auswirkungen eines hohen Offenheitsgrades der Aufgabe auf die Aufgabenbearbeitung.

Niedriger Offenheitsgrad

	K+	K-
M+	-	+
M-	-	-

Abb. 4 b: Auswirkungen eines niedrigen Offenheitsgrades der Aufgabe auf die Aufgabenbearbeitung.

lern vorausgesetzt wurde, sondern die Fähigkeit, das Wissen anhand von einfachen, erläuternden Darstellungen auf diversen Karteikarten zu rekonstruieren. In unserer Untersuchung waren Schülerinnen und Schüler meist nicht in der Lage, ihre Konzepte durch Lektüre der Karteikarten und Diskussion der Inhalte in der Gruppe Konzepte zu korrigieren oder zu entwickeln, selbst wenn sie, nach eigener Aussage im Interview, über den Inhaltsbereich Elektrostatik in der Schule schon etwas gehört hatten und sie ihre konzeptuellen Schwächen erkannten. Da im Design der Untersuchung außerdem Kompetenzrückmeldung nicht vorgesehen war, konnte diesem Befund nicht entgegen gesteuert werden.

Ein weiteres Merkmal offener Instruktion wird in der Untersuchung deutlich. Die negative Auswirkung fehlenden Wissens wird dadurch verstärkt, dass vertikale Vernetzungen des zu bearbeitenden Inhaltsbereichs nicht aus der Aufgabenstellung, der schriftlichen Anleitung oder den Kommentaren der Versuchsleiterin abgeleitet werden können, sie müssen eigenständig generiert werden. Vertikale Vernetzungen spielen dann eine Rolle, wenn Handlungsziele generiert werden müssen. Der Sinn der Aufgabenstellung im fachlichen Kontext, der Wert der Experimentiersituation für die Beantwortung der Fragestellung oder der Gewinn des Ergebnisses bezüglich einer übergeordneten Aufgabe muss dazu eingeschätzt werden. Aus Einschätzungen dieser Art resultiert die Wertigkeit der Aufgabe, die wiederum Auswirkungen auf den motivationalen Zustand der Schülerinnen und Schüler hat.

Aus diesen Überlegungen und der mangelnden Kompetenz der Schülerinnen und Schüler folgt, dass keiner der Probanden, die mit Situationen mittlerer oder hoher Offenheit konfrontiert wurden, die Gesamtsituation der Untersuchung als positiv empfand.

Aus der theoretischen Konstruktion folgt, dass ein Schüler der der Kombination [K-][M+] zuzuordnen ist, sich mit der Aufgabenstellung auseinandersetzen möchte, seine Auseinandersetzungen aber zu keinem erstrebenswerten Ergebnis führen. Ihm fehlen Hil-

festellungen und die Unterstützung des Arbeitsblattes oder der Versuchsleiterin. Diese Kombination der Variablen dominiert in der Untersuchung. In den Gruppen 1, 2 und 7 (mittlere Offenheit) und 8 (hohe Offenheit) des Designs können ihr alle Gruppenmitglieder zugeordnet werden. Die Probanden setzen sich zunächst motiviert mit den Fragestellungen auseinander, d.h. es liegen in den ersten Sitzungen sowohl bzgl. der Selbstwirksamkeitserwartung als auch der Wertigkeit und Dringlichkeit positive Einschätzungen vor. Im Laufe der Auseinandersetzungen werden sie sich der geringen Erklärungsmächtigkeit ihrer Konzepte bewusst, die motivationale Orientierung ändert sich und sie resignieren zum Teil. (Zur expliziten Analyse der Gruppe 1 s. Horstendahl, 1999, 313-374.)

Eine Schülerin der Kombination [M-][K+] hat theoretisch das Bestreben, die Aufgabe mit möglichst geringem Arbeitsaufwand zu bewältigen. Für sie bedeutet das Fehlen der Kompetenzrückmeldung Freiheit im Sinne von fehlender Kontrolle. Sie wird diese Freiheit nutzen, um sich durch oberflächliche Bearbeitung einen Raum für nicht fachliche Aktivitäten zu schaffen. Diese Kombination konnte keinem Probanden der Untersuchung zugeordnet werden.

Ein Schüler, der weder die nötige Kompetenz [K-] noch die Motivation [M-] besitzt, sich mit der Aufgabenstellung auseinander zu setzen, hat weder die Chance anhand einer Anleitung durch die Aufgabe geführt zu werden, noch erfährt er die Dringlichkeit, sich überhaupt mit der Aufgabe beschäftigen zu müssen. Diese Kombination kann den Mitgliedern der Gruppe 6 zugeordnet werden. Die Gruppe experimentiert in der ersten Experimentalsituation planlos. Dabei ist kein Bemühen um eine theorieorientierte Erklärung der ohne explizit zu erkennendem Ziel ausgeführten Versuche zu beobachten. In der zweiten Experimentalsituation wird die Offenheit durch die Versuchsleiterin auf den mittleren Grad eingeschränkt. Aber auch diese Lenkung hat wegen des mangelnden Vorwissens und der mangelnden Motivation zu einer theorieorientierten Auseinandersetzung mit den Phänomenen

keine positiven Auswirkungen auf die kognitiven Entwicklungen.

Gruppe 4 (hoher Offenheitsgrad) ist eine in Bezug auf die Kombinationen auffallend heterogene Gruppe. Während die Schülerin dieser Gruppe hinreichend konzeptuelle Kompetenz und positive motivationale Orientierung aufweist, um die Experimentiersituation bewältigen zu können, wird sie von einem Schüler der Gruppe systematisch am Experimentieren und an der Produktion konstruktiver Erklärungsansätze gehindert. Sie ist sich der Störung durch den Mitschüler bewusst, kann sich aber nicht gegen ihn durchsetzen. Geringe soziale Kompetenz bei allen Gruppenmitgliedern bezüglich der Organisation von Gruppenarbeit verhindert eine zielgerichtete Auseinandersetzung mit der Experimentiersituation. Der Schüler wird in die Kombination $[K-][M-]$ eingeordnet. Er besitzt nicht die konzeptuellen Voraussetzungen, erlebt sich nicht als kompetent, hat kein Interesse an der Erweiterung seiner Kompetenz auf dem Gebiet der Elektrostatik, versucht aber mit allen Mitteln, die fachliche Dominanz der Partnerin zu unterdrücken. Das Verhalten des dritten Gruppenmitglieds kann nicht analysiert werden, da die geringe Zahl der Äußerungen und Handlungen keine Interpretation zulässt.

Niedriger Offenheitsgrad:

Theoretisch führt bei niedrigem Offenheitsgrad nur die Kombination $[K-][M+]$ zu erfolgreicher Auseinandersetzung mit einer Aufgabenstellung. Von den zwei entsprechend behandelten Gruppen kann der Schülergruppe 5 eine entsprechende Kombination der Variablen zugeordnet werden. Allerdings kann auch in dieser Gruppe die Aufgabenstellung nur auf einer imitatorischen Handlungsebene gelöst werden. Die Gruppe löst sich allerdings von der strikten Vorgabe der Instruktion und variiert die Handlungssequenz mit Zustimmung der Versuchsleiterin. Damit verändert die Gruppe die angebotene niedrige Offenheit zu einer mittleren.

Schüler und Schülerinnen, denen andere Kombinationen als $[K-][M+]$ zugeordnet werden können, fühlen sich entweder unter-

fordert $[K+][M+]$ oder arbeiten die Anleitung sequenziell ab und müssen sich deshalb nicht intensiv mit der Aufgabenstellung auseinander setzen $[K+][M-]$. Probanden, die der Kombination $[K-][M-]$ zuzuordnen sind, fühlen sich überfordert, belastigt oder gelangweilt, je nachdem, ob die Auseinandersetzung mit der Aufgabenstellung als zwingend oder freiwillig empfunden wird. Die Gruppe 3 (mit niedrigem Offenheitsgrad konfrontiert) kann dieser Kombination $[K-][M-]$ zugerechnet werden. Die Experimentiersituation wird von den drei Schülern als wenig zwingend empfunden. Die unmotivierten Schüler, die auch in dieser Situation niedriger Offenheit, also maximaler Anleitung, nicht über die notwendigen konzeptuellen Kompetenzen verfügen, nutzen die Zeit deshalb zu persönlichen Gesprächen und bearbeiten die Aufgabe nicht weiter.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchung beschäftigt sich mit konzeptuellen und motivationalen Aspekten der Handlungsregulation von Schülerinnen und Schülern in Experimentalsituationen des Physikunterrichts. Handlungsregulation wird in Abhängigkeit von der Offenheit der Instruktion betrachtet. Dabei ist der Grad der Offenheit ein Maß für potenzielle Selbstbestimmtheit der Handlungsregulation. Es wurde eine positive Korrelation zwischen dem Ausmaß an Selbstbestimmtheit und den Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler postuliert. Dieser Zusammenhang konnte in der Untersuchung weder bestätigt noch widerlegt werden.

Die Untersuchung zeigt, dass Selbstbestimmtheit Kompetenzen im physikbezogenen und sozialen Inhaltsbereich, sowie eine positive motivationale Orientierung im physikbezogenen Inhaltsbereich voraussetzt. So ist zu erklären, dass die Offenheit im Erleben der Schülerinnen und Schüler von der Vorgabe der Offenheit in den Instruktionen teilweise stark abweicht.

In der Untersuchung ist es gelungen, den Grad der Selbstbestimmtheit durch die Analyse der konzeptuellen und motivationalen Aspekte der

Handlungsregulation zu erfassen. Es stellt sich heraus, dass der Grad der Selbstbestimmtheit der Handlungsregulation der Schülerinnen und Schüler zum größten Teil so niedrig ist, dass eine Klassifizierung selbstbestimmter Handlungsregulation schwierig ist. Der niedrige Grad der Selbstbestimmtheit lässt somit keine Rückschlüsse auf etwaige Zusammenhänge zu Lernprozessen zu. Wenn auch keine expliziten Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Selbstbestimmtheit und Lernprozessen erreicht wurden, die in der Physikdidaktik von theoretischer und praktischer Bedeutung sind, so trug die Differenziertheit der Untersuchung dazu bei, Aufschluss darüber zu gewinnen, warum die Auswirkungen des „Offenheitsgrades“ einer Unterrichtssituation auf den Lernerfolg in der Praxis sowie in der Forschung (Schiefele & Pekrun 1996) so ambivalent eingeschätzt werden. Die beschriebene Untersuchung wird von uns als Impuls gewertet, in weiteren empirischen Untersuchungen dem Zusammenhang zwischen der Selbstbestimmtheit der Handlungsregulation und Lernprozessen nachzugehen.

Zu den Hypothese:

1. Schülerinnen und Schüler können in offenen Unterrichtssituationen ihren eigenen Lernprozess optimal regulieren, da sie die Lernhandlung den eigenen kognitiven und motivationalen Bedürfnissen am besten anpassen können.
2. Geschlossene und maximal geführte Unterrichtssituationen engen die Schülerinnen und Schüler ein und demotivieren sie.

Offenheit fördert nicht automatisch die Motivation, sich intensiv mit Physik auseinanderzusetzen. Offenheit verstärkt eine vorhandene positive motivationale Orientierung, wenn hinreichende Kompetenz und Kompetenzrückmeldung vorliegen. Offenheit demotiviert in allen anderen Fällen (mangelnde Kompetenz und/oder mangelnde Motivation). Zwei Ursachen der Demotivation liegen in einer fehlenden aktuellen Kompetenzrückmeldung (Design) und der fehlenden Kompetenz zur vertikalen Vernetzung der Elemente des Inhaltsbereichs, wenn eigene Handlungsplanung gefragt ist. Optimale Regulierung

der Handlung erfolgt nur dann, wenn Kompetenz, Kompetenzrückmeldung und motivationale Konfiguration aufeinander abgestimmt sind. Unberücksichtigt blieb bei den Überlegungen zum Einfluss des Offenheitsgrades auf die Aufgabenbearbeitung die Variable der sozialen Kompetenz bzw. der Gruppendynamik. Aus den obigen Betrachtungen zur sozialen Kompetenz wird deutlich, dass offene Instruktion zusätzlich zu einer hinreichenden physikbezogenen Kompetenz und einer positiven motivationalen Orientierung im physikbezogenen Inhaltsbereich einen hohen Grad an sozialer Kompetenz erfordert (Abgleichen von Versuchs- und Handlungszielen, interaktive Versuchsdurchführungen und Ergebnisbewertungen in einem kommunikativen Prozess). Diese soziale Kompetenz kann nach Physikunterricht nicht vorausgesetzt werden, da sie in den meisten Fällen nicht explizit Ziel des Unterrichts ist. In enggeführten Instruktionen ist die Möglichkeit gegeben, Regeln zur sozialen Interaktion explizit zu machen und zu trainieren. Allerdings ist der Freiraum zur sozialen Interaktion in enggeführten Instruktionen eingeschränkt. Offene Instruktionen können nicht ohne weiteres als Mittel zur Förderung einer intensiven Auseinandersetzung mit Physik eingesetzt werden, sie sind aber Ziel einer schrittweisen Entwicklung der Instruktion zum erfolgreichen Umgang mit der Physik. Die Hypothesen 1. und 2. müssen also differenzierter betrachtet und bezüglich sozialer Kompetenz weiter untersucht werden.

3. Die Offenheit im Erleben der Schülerinnen und Schüler ist von der Offenheit der Aufgabenstellung abhängig.

Offenheit im Erleben bedeutet die Wahrnehmung von Handlungsalternativen. Im Verständnis der Schülerinnen und Schüler bestand sie aus der Nutzung nicht physikbezogener Spielräume oder aus der Wahl eng geführter Instruktionen. Der Rückbezug ihrer Handlungsregulationen auf detailliertere Instruktionen wurde von den Schülerinnen und Schülern als relativ sichere Methode des Abgleichs zwischen den Einschätzungen der Anforderungen

der Situation und den eigenen zu erwartenden Leistungen erkannt. Nur selten gelang es Schülerinnen und Schülern, sich von der „latenten Kontrolle“ frei zu machen, zumeist waren dies diejenigen mit schwacher motivationaler Orientierung im physikbezogenen Inhaltsbereich. Die Orientierung an Vorgaben ist verständlich, da im traditionellen Physikunterricht gerade dieses Verhalten die erfolgreiche Bewältigung der Unterrichtssituation sichert. Das Verhalten der Schülerinnen und Schüler in der Untersuchungssituation zeigt, dass zunehmende Offenheit nicht mit einer Aufhebung, sondern mit einer Zunahme der latenten Kontrolle einhergeht. Die Sensibilität gegenüber Kontrolle weist darauf hin, dass Freiräume der offenen Instruktion für Schülerinnen und Schüler nur dann im Sinne einer konzepterweiternden, explorativen Handlungsregulation wirksam werden können, wenn die Probanden über eine positive Selbstwirksamkeitserwartung im physikalischen Inhaltsbereich verfügen.

4. Die folgenden drei Parameter des Orientierungsrahmens erklären die Verhaltensregulation: Die Komplexität der physikalischen Konzeptbildung, die Ebene der Handlungsregulation und die Motivation.

Das Verhalten von Schülerinnen und Schülern in mehr oder weniger offenen Situationen im Physikunterricht kann mit diesen Parametern offensichtlich erklärt werden. Es ist deutlich geworden, dass die Möglichkeit physikalischer Konzeptbildung, über das Konstrukt der Wertigkeit einer Situation, einen direkten Einfluss auf die Zielbestimmung und damit den Fortgang einer physikbezogenen Handlung besitzt, außerdem wird die Motivation mit der Zunahme der Offenheit einer Situation immer wichtiger für die Stringenz der Handlungsregulation.

Die Validität und die Reliabilität der Konstruktion dieser Untersuchung konnte bisher nicht hinreichend überprüft werden. Sie wird dennoch genutzt, um Studierende des Lehramts Physik für komplexe Unterrichtssituationen und die Möglichkeiten und Grenzen offener Unterrichtsgestaltung zu sensibilisieren.

Literatur

- Arbinger, R. (1991). Wissensdiagnostik. In K. Ingenkamp & R. S. Jäger (Hrsg.), *Jahrbuch der Pädagogischen Diagnostik*. Beltz, Weinheim, 80-108.
- Baumert, J., Lehmann, R. et al. (1997). TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Schmitz, B., Sang, F. & Roeder, P. M. (1986). Zur Kompatibilität von Leistungsförderung und Divergenzminderung in Schulklassen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie* 19, 3, S. 249-265.
- Beaton, D. (1995). The cost, effectiveness of open and flexible learning for TECS. In: *Research Series-Employment Department Nr. 53*.
- Bönsch, M. (Hrsg.) (1993). *Offener Unterricht in der Primar- und Sekundarstufe I*. Hahnsche Buchhandlung, Hannover.
- Bos, W. und Tarnai, Ch. (1989). Entwicklung und Verfahren der Inhaltsanalyse in der empirischen Sozialforschung. In Bos, W. und Tarnai, Ch. (Hrsg.) *Angewandte Inhaltsanalyse in Empirischer Pädagogik und Psychologie*, Waxmann, New York. 1-13.
- Breuer, E. (1994). Zur Orientierung individueller Entwicklungen im Physikunterricht durch Erfahrungen. Dissertation am Fachbereich 1 (Physik/Elektrotechnik) der Universität Bremen.
- Brophy, J. & Good, T. L. (1986). Teacher Behaviour and Teacher Achievement. In M. Wittrock (Hg.): *Handbook of research on teaching*. New York.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-228.
- Dörner, D. (1993). Wissen, Emotionen und Handlungsregulation oder Die Vernunft der Gefühle. *Zeitschrift für Psychologie*, 2, 167-202.
- Dörner, D. (1996). Lernmotivation. In: Hoffmann, J. (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C, Theorie und Forschung: Serie 2, Kognition*; Bd.7. Lernen. Göttingen: Hogrefe, 179-202.
- Fischer, H. E. & Horstendahl, M. (1997). Motivation and Learning Physics, *Research in Science Education, Special issue about European research in science education*, 27 (3), 411-424.

- Fischer, H. E. & Rolf, R. (1997). Der Einfluß unterschiedlich offener Lernumgebungen auf die Lernentwicklung. In: H. Behrendt (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie*, Leuchtturm-Verlag, Alsbach/Bergstraße, 281-283.
- Fischer, H. E. (1989). *Lernprozesse im Physikunterricht. Falluntersuchungen im Unterricht zur Elektrostatik aus konstruktivistischer Sicht*. Dissertation, Universität Bremen, Fachbereich 1 (Physik/Elektrotechnik).
- Fischer, H. E. (1999). Ein handlungs- und kommunikationsorientierter Einstieg in die Elektrostatik. *NiU-Physik*, 10, Nr. 50, S. 16-20.
- Gioconia, R. & Hedges, L. (1982). Identifying features of effective open education. *Review of Educational Research* 52, 4, S. 579-602.
- Goetze, H. (1992) 'Wenn Freie Arbeit schwierig wird...' - Stolperstein auf dem Weg zum offenen Unterricht. In G. Reiß & G. Eberle (Hg): *Offener Unterricht - Freie Arbeit mit lernschwachen Schülerinnen und Schülern*. Weinheim.
- Helmke, A. (1988). Leistungssteigerung und Ausgleich von Leistungsunterschieden in Schulklassen: Unvereinbare Ziele? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie* 20, 1, S. 44-76.
- Hille, Katrin (1997). *Die „künstliche Seele“ Analyse einer Theorie*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- Horstendahl, M. (1997). Conditions and effects of students' motivation and interest in discourse-oriented interactive physics-classes. In: Pintó, R. (Hrsg.). *3rd European Summerschool. Theory and Methodology of Research in Science Education*. Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. U.A.B. Universitat Autònoma de Barcelona. S. 245-249.
- Horstendahl, M. & Fischer, H. E., (1999). Workshop: Motivation und Interesse-Theoretische Konstrukte und empirische Auswertung. In: H. Behrendt (Hrsg.). *Zur Didaktik der Physik und Chemie*, Leuchtturm-Verlag, Alsbach / Bergstraße, 159-161.
- Horstendahl, M. (1999). *Motivationale Orientierungen im Physikunterricht*. Dissertation, vorgelegt beim Fachbereich Physik der Universität Dortmund.
- Hucke, L. & Fischer, H. E. (im Druck). Begriffsnetze zur Analyse der Wissensänderung im physikalischen Anfängerpraktikum. Berlin, Logos.
- Hucke, L. (1999). *Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums*. Dissertation, vorgelegt beim Fachbereich Physik der Universität Dortmund.
- Jürgens, E. (1994). *Die 'neue' Reformpädagogik und die Bewegung Offener Unterricht: Theorie, Praxis und Forschungslage*, Academia-Verlag, Sankt Augustin.
- Klieme, E. (im Druck): *Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht: Theoretische und methodische Grundlagen*. In: J. Baumert et al.: *TIMSS/III. Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II*. Opladen: Leske und Budrich.
- Klieme, E. & Baumert, J. (im Druck). *Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung: Erfassung und Skalierung von Kompetenzen*. In: J. Baumert, et al.: *TIMSS/III. Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II*. Opladen: Leske und Budrich.
- Krapp, A. (1993). *Psychologie der Lernmotivation - Perspektiven der Forschung und Probleme der pädagogischen Rezeption*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 187-206.
- Oevermann, U., Allert, T., Konau, E., Krambeck, T. (1979). *Die Methodologie einer „objektiven Hermeneutik“ und ihre allgemeine forschungslogische Bedeutung in den Sozialwissenschaften*. In Soeffner, H.-G. (Hrsg.) *Interpretative Verfahren in den Sozial- und Textwissenschaften*. Metzler, Stuttgart. 353-434.
- Ramseger, J. (1977). *Offener Unterricht in der Erprobung*. Juventa, München.
- Richtlinien und Lehrpläne* (1993). *Gymnasium/Physik - Sekundarstufe I - in Nordrhein-Westfalen*. Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). Frechen: Verlagsgesellschaft Ritterbach.
- Richmond, G., & Striley, J. (1996). Making Meaning in Classrooms: Social Processes in Small Group Discourse and Scientific Knowledge Building. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol.33, No.8, PP. 839-858.
- Schiefele, U. & Pekrun, R. (1996). *Psychologische Modelle des fremdgesteuerten und selbstgesteuerten Lernens*. In: Weinert, F.E. (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich D, Praxisgebiete: Serie 1, Pädagogische Psychologie; Band 2, Psychologie des Lernens und der Instruktion*. Göttingen: Hogrefe, 249- 278.

Schittko, K. (1993). Offener Unterricht, Offene Unterrichtsform, Öffnung von Schule - Begriffserklärung und Hinweise zur Umsetzung. In Niedersächsisches Schulverwaltungsblatt, 164-167.

Dr. Hans E. Fischer ist Professor für Didaktik der Physik an der Universität Dortmund.

Regina Rolf ist Lehrerin für Physik und Mathematik am Städtischen Gymnasium in Deilken.

Dr. Michaela Horstendahl ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Seminar für Pädagogik der Universität Ulm.

Prof. Dr. Hans E. Fischer

Universität Dortmund

Didaktik der Physik

Leiter des Zentrums für Lehrerbildung

44221 Dortmund

<http://www.physik.uni-dortmund.de/didaktik/>