

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 1

Sammlung aktueller Beiträge aus der
physikdidaktischen Forschung

ISBN 3 - 7896 - 0090 - 3

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1989

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage

www.solstice.de

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Christoph v. Rhöneck, Karl Grob¹

Psychologische Aspekte des Physik- lernens

1. Einleitung

Man kann sich den psychologischen Aspekten des Physiklernens von verschiedenen Seiten aus nähern. Ein Zugang betont die bekannten Fakten, daß Physik bei den Schülerinnen zu den unbeliebtesten Fächern gehört (Todt, 1974), nur etwa 16% der Oberstufenschüler einen Leistungskurs in Physik wählen, und die Physikkenntnisse in der Sekundarstufe I (Helm und Novak, 1983, Brämer, 1980) oder bei Studenten im ersten Semester (Nägerl, 1982) erschreckend niedrig sind. Die Gründe für diese Misere sind vielfältig und enthalten psychologische Aspekte. Fischler betont die allzu schematisierten Unterrichtsstrategien (Fischler, 1988), Stork eine ständige Überforderung der Schüler im formal-kognitiven Bereich (Stork, 1988). Aber auch der Zeitgeist kommt als Ursache in Frage: Leben wir nicht in einer Welt des materiellen Überflusses, in der Konsumbedürfnisse und Ichbezogenheit einen hohen Stellenwert haben und ein vergleichsweise isoliertes Problem wie das Physiklernen nur eine geringe Aufmerksamkeit findet?

Ein zweiter Zugang besteht darin, das Problem des Physiklernens in einem kleinen Ausschnitt - im folgenden wird es die einfache Elektrizitätslehre sein - empirisch anzugehen und den psychologischen Hintergrund auszuleuchten. Dazu wird man die Testinstrumente der Psychologie anwenden und sie im Zusammenhang mit Lerndaten in einem Schulversuch erheben müssen. Der Fachdidaktiker wird sich dabei auf die Position des Benutzers psychologischer Meßinstrumente zurückziehen; er wird sich ferner darum bemühen müssen, die einzelnen psychologischen Variablen zu differenzieren. Dies soll im folgenden kurz versucht werden:

Intelligenz: Dieser Begriff beschreibt geistige Fähigkeiten, mit deren Hilfe man sich in neuen Situationen aufgrund von Einsichten zurechtfindet. Dies schließt die Fähigkeit ein, Aufgaben mit Hilfe des Denkens zu lösen, wobei nicht die Erfahrung, sondern die Erfassung von allgemeinen Beziehungen das Wesentliche ist.

Interesse: Interesse ist ein Konstrukt der angewandten Psychologie. Todt (Todt, 1988) gibt die folgende pragmatische Operationalisierung des Begriffs: Man fragt Individuen mehr oder weniger differenziert, wofür sie sich interessieren, und geht dabei von zwei Prämissen aus:

1. Die Antworten der Individuen sind zuverlässige und gültige Indizien ihres Interesses.
2. Das Handeln der Individuen richtet sich danach aus, was sie als Interesse geäußert hatten.

Leistungsmotivation: Das Konstrukt der Leistungsmotivation wurde in der Motivationsforschung entwickelt (Heckhausen, 1980). Schmalt gibt etwa folgende Umschreibung (Schmalt, 1988): Das Leistungsmotiv wird üblicherweise definiert als eine Persönlichkeitsdisposition, die in Tätigkeitsbereichen zum Ausdruck kommt, in denen Gütemaßstäbe vorliegen - in denen also etwas gelingen oder mißlingen

¹ Der vorliegende Beitrag ist die gekürzte und veränderte Fassung des Manuskripts: Chr. v. Rhöneck und K. Grob: Psychologische Aspekte des Lernens in der einfachen Elektrizitätslehre, *physica didactica* 16, 1989

kann - und in denen es zu einer Auseinandersetzung mit diesen Gütemaßstäben kommt. Das Verhalten und Erleben wird dabei auf die kritischen Zielereignisse Erfolg/Mißerfolg ausgerichtet. Das Erleben einer Person kann sich habituellerweise auf die Erreichung eines Erfolges konzentrieren, das Erleben einer anderen eher auf die Vermeidung eines Mißerfolges.

Test zur Erfassung formaler Denkoperationen: Der Test folgt der Piagetschen Theorie über die Entwicklung operationaler Denkstrukturen. Insgesamt 15 verschiedene Aufgaben, die den umfangreichen Arbeiten Piagets nachempfunden sind, werden den Schülern in der Klasse real im Experiment vorgeführt. Aus den Testantworten wird dann auf die kognitive Entwicklungsstufe geschlossen (Lawson, 1978).

Im folgenden Abschnitt wird eine Untersuchung beschrieben, in der während des einführenden Elektrizitätslehreunterrichts die Lernprozesse der Schüler nachgezeichnet und verschiedene psychologische Kenngrößen erhoben wurden.

2. Der Zusammenhang von Lernergebnissen und psychologischen Kennwerten im Elektrizitätslehreunterricht

Der Schulversuch fand in fünf Realschulklassen an drei verschiedenen Schulen statt. Zwei der drei beteiligten Schulen liegen im Einzugsbereich von Stuttgart, die dritte Schule ist eine Mittelpunktsschule im ländlichen Raum. In allen Klassen war das methodische Vorgehen gleich: Zunächst wurden die physikalischen Begriffe und Regeln modelliert und dann durch Anwendungen vertieft und eingeübt, wobei auf die speziellen Schülervorstellungen eingegangen werden konnte. Jeder Schüler verfügte über einen vollständigen Satz von Geräten, mit dem alle Experimente selbständig ausgeführt werden konnten. Durch regelmäßige Gespräche mit den beteiligten Lehrern und durch zahlreiche, in den fünf Klassen in gleicher Weise eingesetzte Unterrichtsmaterialien wurde versucht, vergleichbaren Unterricht zu erreichen.

Im Verlauf des Schulversuchs wurden der Lernerfolg und der psychologische Hintergrund mit neun Variablen erfaßt. In der Reihenfolge, in der sie im Unterricht erhoben wurden, waren es

- der Notendurchschnitt in Mathematik, Deutsch und Biologie aus dem letzten Zeugnis
- der I.Q., bestimmt nach dem I-S-T 70 (I-S-T 70, 1970)
- ein Kennwert nach Lawson zur Erfassung formaler Denkoperationen im Sinne der Piagetschen Theorie (Lawson, 1978)
- das Interesse am speziellen Unterrichtsgegenstand nach Häussler (Häussler, 1987). Nur die vier Items wurden ausgewertet, die den tatsächlich ablaufenden Unterricht beschrieben
- die Ergebnisse der ersten fünf Übungstests, bei denen kein Leistungsdruck vorhanden war
- der Zwischentest, der Schülervorstellungen im Bereich Strom, Spannung und Widerstand erfassen sollte und zu dem ein Interview durchgeführt wurde
- der Endtest, der als Klassenarbeit gewertet wurde und der über die Inhalte des Zwischentests hinausging
- ein Test zur Leistungsmotivation nach Hermans (Hermans, 1976). Dieser Test ist speziell für Jugendliche konzipiert; ausgewertet wurde die positive Erfolgsbesorgtheit
- der Behaltenstest zu den Schülervorstellungen, der zwei Monate nach Beendigung des Kurses vorgelegt wurde.

Schon während des Unterrichts machten sich Unterschiede zwischen den Schulen bemerkbar. Besonders deutlich wurden diese, als (fast) jeder Schüler zum Zwischentest interviewt wurde. Während in den Schulen im Großraum Stuttgart nur ganz wenige Schüler pro Klasse auf dem Wege zu einem physikalischen Begriffssystem waren, lernten in der ländlichen Schule etwa die Hälfte der Schüler eifrig mit. Diese Eindrücke wurden durch die Leistungskontrolle am Ende der Untersuchungsphase bestätigt. In der ländlichen Schule ergab sich im Endtest ein Mittelwert von 11,1 von maximal 16 erreichbaren Punkten. In den beiden Schulen im städtischen Einzugsbereich lagen die Schnitte bei 7,2 und 6,0 Punkten. Ein Scheffé-Test für die Endtestergebnisse ergab signifikante Unterschiede zwischen den städtischen Schulen und der ländlichen Schule. Aus diesem Grunde wurden die drei Klassen im städtischen und die beiden Klassen im ländlichen Einzugsgebiet getrennt statistisch ausgewertet. Dabei konnten die drei städtischen und die beiden ländlichen Klassen jeweils zusammen betrachtet werden, weil zwischen ihnen kaum nennenswerte Unterschiede auftraten.

Einen ersten Überblick über die Zusammenhänge zwischen den neun verschiedenen Variablen liefern die Korrelationsmatrizen für die beiden Schülergruppen aus dem städtischen und dem ländlichen Einzugsgebiet (Tab.1 und Tab. 2). Die Variablen sind so geordnet, daß zunächst der Notendurchschnitt und die vier psychologischen Kennwerte aufgeführt werden. Dann folgen die Physiktests in der zeitlichen Reihenfolge ihrer Durchführung.

	Noten	I.Q.	Lawson- Test	Interesse	Leistungs- motivation
Noten	1.00	.26	.42**	.17	-.09
I.Q.	.26	1.00	.26	.12	.12
Lawson-Test	.42**	.26	1.00	.04	.13
Interesse	.17	.12	.04	1.00	.24
Leistungsmot.	-.09	.12	.13	.24	1.00
Übungstests	.10	.30*	.08	.40**	.29
Zwischentest	.21	.15	.37*	.40**	.44*
Endtest	.50**	.22	.28	.27	.41*
Behaltenstest	.21	.23	.21	.17	.22

	Übungs- tests	Zwischen- test	End- test	Behaltens- test
Noten	.10	.21	.50**	.21
I.Q.	.30*	.15	.22	.23
Lawson-Test	.08	.37*	.28	.21
Interesse	.40**	.40**	.27	.17
Leistungsmot.	.29	.44*	.41*	.22
Übungstests	1.00	.63**	.48**	.60**
Zwischentest	.63**	1.00	.62**	.60**
Endtest	.48**	.62**	1.00	.64**
Behaltenstest	.60**	.60**	.64**	1.00

Tab. 1: Korrelationsmatrix (3 Klassen, städtischer Einzugsbereich, N = 67, Klasse 8)
Signifikanzen: * 0,01 ** 0,001

Im städtischen Einzugsbereich (Tab. 1) dominiert bei den hochsignifikanten Korrelationen eine Gruppe von Variablen, die sich vom Interesse über die Übungs-

tests und den Zwischentest zum Endtest und zum Behaltenstest ausbreitet. Nur im Bereich Noten, Lawson-Test und Endtest treten nochmals zwei hochsignifikante Korrelationen auf. Die Variablen I.Q. und Leistungsmotivation korrelieren überraschend schwach mit den übrigen Variablen. Die Leistungsmotivation scheint sich nur auf die End- und Zwischentestergebnisse auszuwirken.

Die Teilmatrix für die ersten sechs Variablen gibt darüber Auskunft, wie die psychologischen Kennwerte und der Notendurchschnitt mit den Ergebnissen der Übungstests zusammenhängen, die das Lernen ohne Leistungsdruck erfassen und die Offenheit des Schülers gegenüber der physikalischen Sichtweise erkennen lassen. Die höchste Korrelation findet sich zwischen dem Inhaltsinteresse und den Übungstestergebnissen, was auf eine Verknüpfung von Offenheit und Interesse hindeutet.

Betrachten wir die volle Korrelationsmatrix, so kommen die Zusammenhänge zwischen den psychologischen Kennwerten und den Lerndaten während der gesamten Lerngeschichte in den Blick. Es zeigt sich, daß alle Physiktests vom Übungstest bis zum Behaltenstest sehr stark untereinander korrelieren. Deshalb dürfen wir eine Erweiterung der Aussage über den Zusammenhang zwischen Interesse und Übungstestergebnissen auf das gesamte Lerngeschehen erwarten. Dies wird auch bestätigt, wenn man die Korrelationsmatrix einer Faktorenanalyse unterzieht.

	Noten	I.Q.	Lawson-Test	Interesse	Leistungs- motivation
Noten	1.00	.51**	.48**	.03	.41*
I.Q.	.51**	1.00	.60**	.03	.17
Lawson-Test	.48**	.60**	1.00	.25	.18
Interesse	.03	.03	.25	1.00	.25
Leistungsmot.	.41*	.17	.18	.25	1.00
Übungstests	.51**	.57**	.70**	.15	.01
Zwischentest	.34	.23	.51**	.36*	.32
Endtest	.46**	.40*	.46**	-.04	.14
Behaltenstest	.57**	.57**	.57**	.11	.36

	Übungs- tests	Zwischen test	End- test	Behaltens- test
Noten	.51**	.34	.46**	.57**
I.Q.	.57**	.23	.40*	.57**
Lawson-Test	.70**	.51**	.46**	.57**
Interesse	.15	.36*	-.04	.11
Leistungsmot.	.01	.32	.14	.36
Übungstests	1.00	.35	.63**	.49**
Zwischentest	.35	1.00	.45*	.62**
Endtest	.63**	.45*	1.00	.55**
Behaltenstest	.49**	.62**	.55**	1.00

Tab. 2: Korrelationsmatrix (2 Klassen, ländlicher Einzugsbereich, N = 46, Klasse 8)
Signifikanzen: * 0,01 ** 0,001

Die Korrelationsmatrix für die beiden Klassen in der ländlichen Schule in Tab. 2 zeigt eine andere und schärfer ausgeprägte Struktur als die für den städtischen

Einzugsbereich: Noten, I.Q. und Lawson-Test bilden eine erste Gruppe von sehr stark untereinander verknüpften Variablen. Zu einer zweiten Gruppe gehören die verschiedenen Physiktests wie im städtischen Einzugsbereich. Inhaltsinteresse und Leistungsmotivation sind kaum an die übrigen Variablen angebunden.

Betrachten wir die Teilmatrix aus den ersten sechs Variablen, so dominiert ein enger Zusammenhang zwischen den Übungstests und den untereinander korrelierenden Variablen Noten, I.Q., und Lawson-Test. Diese Verknüpfung bleibt auch dominant, wenn man die übrigen Physiktests hinzunimmt und die gesamte Korrelationsmatrix auf Zusammenhänge zwischen den Physiktests und den psychologischen Kennwerten hin untersucht. Die qualitative Analyse der Korrelationsmatrix wird durch eine Faktorenanalyse bestätigt. Der erste Faktor wird von Lerndaten, Leistungsdaten und Noten gebildet. Im zweiten Faktor ist die Leistungsmotivation enthalten, die über die Noten auch mit Lerndaten verbunden ist. Der dritte Faktor erst wird durch das Interesse geprägt.

Wie bei den Mittelwerten im Endtest zeigen sich auch bei den Korrelationsmatrizen und den Faktorenanalysen erhebliche Unterschiede zwischen der ländlichen und den beiden städtischen Schulen. Während im ländlichen Bereich das Lernen mit den Fähigkeitsparametern (I.Q. und Lawson-Test) und dem Notendurchschnitt korreliert, und Leistungsmotivation und Interesse damit kaum etwas zu tun haben, ist im städtischen Bereich das Lernen vor allem mit dem kurzzeitig wirkenden Interesse verknüpft und von den Fähigkeiten/Noten weitgehend unabhängig. Diese Unterschiede scheinen in beiden Unterpopulationen stabil zu sein, unabhängig davon, ob von den Physiktests nur die unbenoteten Übungstests berücksichtigt werden oder ob die gesamte Lerngeschichte einbezogen wird. Das Lernverhalten im ländlichen Einzugsgebiet scheint sich von Anfang an grundsätzlich vom Lernverhalten im städtischen Bereich zu unterscheiden.

3. Diskussion der Ergebnisse

Das wichtigste Einzelergebnis der in fünf Klassen durchgeführten Untersuchung ist der signifikante Unterschied in den Lernergebnissen für die ländliche und die beiden städtischen Schulen. Dieser Unterschied kann auf der Ebene der Einzugsbereiche durch das unterschiedliche Lernklima in den Klassen erklärt werden. Man kann aber auch nach Unterschieden bei den einzelnen Schülern fragen, die für ihr Lernen schließlich selbst verantwortlich sind. Woran liegt es also, daß in der ländlichen Schule recht viele Schüler auf dem Wege zu einer physikalischen Repräsentation waren, während im städtischen Bereich nur einzelne Schüler erfolgreich lernten?

Die Frage, warum Schüler nicht immer entsprechend ihrer geistigen Leistungsfähigkeit agieren, wird ausführlich von Salomon (Salomon, 1984, 1987) diskutiert. Salomon betont zwei Aspekte:

1. Große Teile unseres Wissens und unserer intellektuellen Fähigkeiten, die potentiell verfügbar sind, tauchen nicht automatisch auf, wenn sie gebraucht werden. Wir benötigen eine Absicht, um sie zu aktivieren.
2. Die intentionale Mobilisierung von Fertigkeiten und Wissen ist intellektuell anspruchsvoll, d.h. sie erfordert eine Anstrengung. Solange diese Anstrengung nicht bewußt erbracht wird, findet eine Mobilisierung und Anwendung der benötigten Fertigkeiten und des relevanten Wissens nicht statt.

Salomon spricht in diesem Zusammenhang von 'mindful learning' und 'mindless learning', was hier mit 'intentionalem Lernen' und 'intentionlosem Lernen' übersetzt werden soll. Nach Salomon gehört zum intentionalen Lernen ein ganzes

Bündel von Variablen, die teilweise motivationale Zustände und teilweise kognitive Aktionen beschreiben. Intentionales Lernen bedeutet die absichtsvolle Anwendung von nicht automatischen und daher mit Anstrengung verbundenen geistigen Prozessen, die vom Lerner kontrolliert werden müssen und deshalb metakognitiv geleitet sind. Intentionloses Lernen bezieht sich auf bereits automatisierte Prozesse, ist situationsabhängig und bedarf nicht der Aufmerksamkeit des Lerners.

Wenn auch ein direkter Nachweis von intentionalem oder intentionlosem Lernen derzeit nicht erbracht werden kann, so gibt es doch die Möglichkeit zu kontrollieren, ob die Schüler unter dem Einsatz ihrer Fähigkeiten arbeiten oder nicht. Salomon und Leigh (Salomon and Leigh, 1984) haben in einer mediendidaktischen Untersuchung gezeigt, daß ein anspruchsvolles Fernsehprogramm aufmerksam betrachtet zu ganz anderen Ergebnissen führt als ein bloßes Hinschauen. Beim intentionlosen Hinschauen (Spaß) ist die Anzahl der nach der Sendung gemachten richtigen Folgerungen sehr niedrig. Außerdem zeigen die weniger fähigen Schüler mit niedrigem I.Q. sogar etwas bessere Leistungen als die fähigen Schüler. Beim intentionalen Betrachten (Lernen) hingegen aktivieren die Schüler mit hohem I.Q. ihre Fähigkeiten und erreichen wesentlich bessere Ergebnisse als die Schüler mit niedrigem I.Q.

Ähnlich wie bei Salomon und Leigh scheint beim vorliegenden Schulversuch im städtischen und im ländlichen Bereich ein grundsätzlich unterschiedliches Lernverhalten vorzuliegen. Diese Unterschiede lassen sich nicht über das Leistungsmotiv erklären, das sich zu allgemein auf Tätigkeitsbereiche bezieht, in denen etwas mißlingen oder gelingen kann (Schmalt, 1988). Auch das Konstrukt Interesse reicht nicht aus, da die Psychologen zwar einen Zusammenhang zwischen Interesse und Handeln erwarten (Todt, 1988), dieser Zusammenhang aber bei der vorliegenden Untersuchung schwach und nicht dauerhaft zu sein scheint. Das Konstrukt des intentionalen/intentionlosen Lernens hingegen scheint diese Unterschiede adäquat zu beschreiben, da hier die Optionen des Lerners in der konkreten Lernsituation berücksichtigt werden: Intentionales Lernen ist mit kognitiver Anstrengung verbunden, es läuft nicht automatisch ab, steht unter der Kontrolle des Lerners und wird metakognitiv geleitet. Intentionloses Lernen hingegen erfordert keine Anstrengung, da es automatisch abläuft, es wird von Stimuli beeinflusst und ist von der Metakognition unabhängig.

Gilt die Hypothese vom intentionalen/intentionlosen Lernen für die Population im ländlichen/städtischen Einzugsbereich, so sollten die Ergebnisse im ländlichen Bereich insgesamt besser als die im städtischen Einzugsgebiet und die für die intelligenteren Schüler besser als die für die weniger intelligenten Schüler sein. Beides trifft zu und bestätigt die Hypothese: Im städtischen Bereich sind die Ergebnisse des Endtests insgesamt sehr viel schlechter als im ländlichen Einzugsgebiet (6,6 gegen 11,1 Punkte). Bei den intelligenteren Schülern liegt im ländlichen Bereich der Durchschnitt des Endtests bei 12,1, bei den weniger intelligenten bei 9,7 Punkten. Im städtischen Gebiet sind die Ergebnisse für die intelligenten Schüler ebenfalls etwas besser (6,9 Punkte) als die Ergebnisse für die weniger fähigen (6,2 Punkte). Dies deutet darauf hin, daß auch im städtischen Einzugsbereich nicht völlig intentionlos gelernt wurde.

Vergleichen wir abschließend den motivationalen und den kognitiven Anteil des intentionalen Lernens, so scheint in bezug auf das Lernen der elementaren Elektrizitätslehre der erstgenannte der entscheidende zu sein. Wenn der Schüler nur oberflächlich interessiert ist, aber nicht selbst die Absicht hat, die kognitiven Hürden zu überwinden, so werden diese trotz methodischem Geschick des

Lehrers, trotz Schülerexperimenten und gegebenenfalls Computersimulationen nicht gemeistert werden. Erst wenn eine längerfristige Absicht besteht, die physikalische Sichtweise zu erlernen, kann sich die physikalische Repräsentation ausbilden und zwar um so vollständiger und schneller, je größer die Fähigkeiten des Schülers sind.

Literatur:

- Brämer, R.: Über die Wirksamkeit des Physikunterrichts. In: NiU P/C, 1980, S. 10 - 17
- Fischler, H.: Handlungsorientierung von Physiklehrern, *physica didactica*, 1988, S. 43 - 63
- Häussler, P.: Measuring students' interest in physics - design and results of a cross-sectional study in the Federal Republic of Germany, *Int. J. Sci. Education*, 1987, S. 79-92
- Heckhausen, H.: *Motivation und Handeln*, Springer, 1980
- Helm, H., und Novak, J.D.: *Proceedings of the international seminar on misconceptions in science and mathematics*, Cornell University, 1983
- Hermans, H. J. M.: *Leistungsmotivationstest für Jugendliche*, Verlag Swets&Zeitlinger B. V., Amsterdam, 1976
- Lawson, A. E.: The development and validation of a classroom test of formal reasoning, *Journ. of. Res. in Sci. Teaching* 15, 1978, S.11-24
- I-S-T 70 (Intelligenz-Struktur-Test): Verlag für Psychologie Hogrefe, Göttingen, 1970
- Nägerl, H.: Was ist mit unseren Studenten los? In: Scharmann, A., et al. (Hrsg.): *DFG, Fachausschuß Didaktik der Physik*, 1982, S. 203
- Salomon, G.: Television is "easy" and print is "tough": the differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions, *Journal of Educ. Psychology*, 1984, S. 647-658
- Salomon, G.: Beyond skill and knowledge: The role of mindfulness in learning and transfer. Invited address presented at the Second European Conference for Research on Learning and Instruction (EARLI), Tübingen, 1987
- Salomon, G., and Leigh, T.: Predispositions about learning from print and television, *Journal of Communication*, 1984, S. 119-135
- Schmalt, H.-D.: Über den Einsatz des LM-Gitters zur Messung der Leistungsmotivation in Schul- und Unterrichtssituationen. In: Oomen-Welke, I., und v. Rhöneck, Chr. (Hrsg.): *Schüler: Persönlichkeit und Lernverhalten*, Narr, 1988, S. 85 - 107
- Stork, H.: Stufen der kognitiven Entwicklung nach Piaget und ihre mögliche Berücksichtigung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Oomen-Welke, I., und v. Rhöneck, Chr. (Hrsg.): *Schüler: Persönlichkeit und Lernverhalten*, Narr, 1988, S. 85 - 107

Todt, E., et al.: Untersuchungen über die Motivation zur Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Problemen (Sekundarstufe I: Klassenstufe 5 - 9), Gießen, 1974, unveröff.

Todt, E.: Erfassung von Interessen gegenüber Physik und Technik. In: Oomen-Welke, I., und v. Rhöneck, Chr. (Hrsg.): Schüler: Persönlichkeit und Lernverhalten, Narr, 1988, S. 58 - 84