

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

## **BEITRAG AUS DER REIHE:**

Werner B. Schneider (Hrsg.)

# Wege in der Physikdidaktik

Band 2

Anregungen für Unterricht und Lehre

ISBN 3 - 7896 - 0100 - 4

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1991

### 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](http://www.solstice.de)

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

## **Informationsverarbeitung am Computer im Bereich Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre**

### **1. Einführung**

Wer die Zeitschriften zur Physikdidaktik durchblättert, wird feststellen, daß zu keinem anderen Themenbereich in den letzten 10 Jahren so viele Beiträge erschienen sind wie zum Thema Schülervorstellungen [1]. Die wichtigsten inhaltlichen Vorstellungen dürften inzwischen bekannt sein. Sie lassen sich durch die folgenden allgemeinen Charakteristika umschreiben: Schülervorstellungen sind zumindest teilweise eigene persönliche Vorstellungen, sie erscheinen oft in sich widersprüchlich und widersprüchlich zu Phänomenen und Experimenten, und sie sind in dem Sinne stabil, daß sie trotz aller Anstrengungen des Lehrers den Unterricht überdauern [2].

Um über persönliche Aspekte von Schülervorstellungen beim Lösungsverhalten hinwegmitteln zu können und um die Lehrervariable auszuschließen, wurde in der vorliegenden Untersuchung ein Lernexperiment mit dem Computer durchgeführt. Dazu wurde ein Test mit 16 Aufgaben entwickelt, der aus zwei ähnlichen Teilen bestand. Im ersten Testteil erhielten die Schüler nach ihrer Antwort Rückmeldungen, die sie bei der Bearbeitung des zweiten Teils des Tests anwenden konnten. Die Rückmeldung erfolgte in vier Versionen: (1) Keine Information, (2) falsch/richtig-Information, (3) kurze (regelbezogene) Information und (4) ausführliche (begriffsbezogene) Information über die richtige Lösung.

Die 16 Testaufgaben gliedern sich in acht Aufgabenpaare mit jeweils zwei ähnlichen, aber nicht identischen Aufgaben. Jedes Aufgabenpaar ist einer Schülervorstellung zugeordnet, die aus der Literatur bekannt ist [3, 4] und hier nur andeutungsweise umschrieben werden kann. In Aufgabe 1 und 9 sind Parallel- und Reihenschaltungen zu identifizieren; diese Aufgaben dienen der Einarbeitung und werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Den Aufgaben 2 und 10 sind semantische Schwierigkeiten wie "Differenzierung von Strom und Spannung" und "statischer Strom" in offenen Schaltungen zugeordnet. Aufgabe 3 und Aufgabe 11 prüfen die Stromverbrauchs-Vorstellung im geschlossenen Stromkreis, Aufgabe 4 und Aufgabe 12 das "sequentielle Denken" der Schüler. Beim sequentiellen Denken gehen die Schüler davon aus, daß ein Eingriff vorne im Stromkreis sich auf einen Widerstand in der Mitte auswirkt, während ein Eingriff hinten sich in der Mitte nicht auswirkt, weil "da der Strom schon vorbei ist". In den Aufgaben 5 und 13 müssen sich die Schüler zur

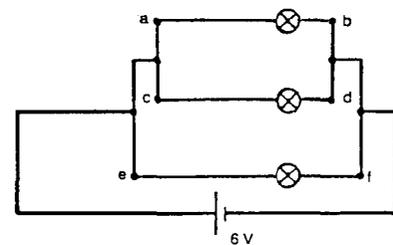
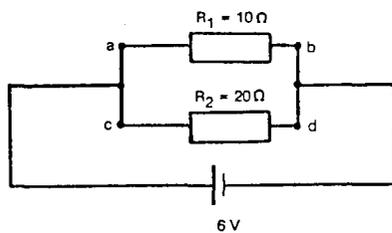
Spannungsverteilung in Stromkreisen mit reihengeschalteten Widerständen äußern, in den Aufgaben 6 und 14 zur Spannung in Stromkreisen mit parallelgeschalteten Widerständen. Die Aufgaben 7 und 15 konzentrieren sich auf das "lokale Denken" der Schüler. Lokales Denken führt beispielsweise dazu, daß Schüler eine Aufspaltung des Stromes in gleiche Teile an einem Verzweigungspunkt erwarten, weil "der Strom nicht weiß, was hinterher kommt". Das letzte Aufgabenpaar (Aufgabe 8 und Aufgabe 16) bezieht sich auf die Vorstellung der "Kompensation" des Stroms in Parallelschaltungen. Danach sollten sich bei einer Änderung des Widerstands in einem Zweig die Stromstärken in beiden Zweigen so ändern, daß eine Verminderung in einem Zweig durch eine Vergrößerung im anderen kompensiert wird.

Aufgabe 6

Aufgabe 14

Die folgende Schaltung enthält die unterschiedlichen Widerstände  $R_1 = 10 \Omega$  und  $R_2 = 20 \Omega$ .

Die Lämpchen in der folgenden Schaltung sind alle gleich und funktionstüchtig.



Wie groß sind in diesem Stromkreis die Spannungen zwischen den Punkten a und b ( $U_{ab}$ ) und zwischen den Punkten c und d ( $U_{cd}$ )?

Wie groß sind in dieser Schaltung die Spannungen zwischen den Punkten a und b ( $U_{ab}$ ), zwischen den Punkten c und d ( $U_{cd}$ ) und zwischen den Punkten e und f ( $U_{ef}$ )?

Wähle als Antwort die richtige Lösung aus den hier angegebenen Möglichkeiten aus:

Wähle als Antwort die richtige Lösung aus den hier angegebenen Möglichkeiten aus:

- Lösung 1:  $U_{ab} = 6 \text{ V}$      $U_{cd} = 6 \text{ V}$
- Lösung 2:  $U_{ab} = 3 \text{ V}$      $U_{cd} = 3 \text{ V}$
- Lösung 3:  $U_{ab} = 4 \text{ V}$      $U_{cd} = 2 \text{ V}$
- Lösung 4:  $U_{ab} = 2 \text{ V}$      $U_{cd} = 4 \text{ V}$
- Lösung 5:  $U_{ab} = 0 \text{ V}$      $U_{cd} = 0 \text{ V}$

$U_{ri\_6}$   
 $U_{lok\_6}$   
 $U_{wie\_I\_6}$   
 $U_{wie\_I\_6}$   
 $U_{geom\_6}$

- Lösung 1:  $U_{ab} = 6 \text{ V}$      $U_{cd} = 6 \text{ V}$      $U_{ef} = 6 \text{ V}$
- Lösung 2:  $U_{ab} = 4 \text{ V}$      $U_{cd} = 4 \text{ V}$      $U_{ef} = 4 \text{ V}$
- Lösung 3:  $U_{ab} = 3 \text{ V}$      $U_{cd} = 3 \text{ V}$      $U_{ef} = 6 \text{ V}$
- Lösung 4:  $U_{ab} = 0 \text{ V}$      $U_{cd} = 0 \text{ V}$      $U_{ef} = 0 \text{ V}$

$U_{ri\_14}$   
 $U_{wie\_I\_14}$   
 $U_{lok\_14}$   
 $U_{geom\_14}$

Gib Deine Antwort in den Computer ein.

Gib Deine Antwort in den Computer ein.

**Abb.1:** Beispiel für ein Aufgabenpaar: Aufgabe 6 und Aufgabe 14. Die im Kasten angegebenen Kürzel für die Vorstellungen werden dem Schüler nicht gezeigt.

Ein Aufgabenbeispiel ist in Abb. 1 dargestellt. Die vorgegebenen Lösungen repräsentieren die bekannten Schülervorstellungen bei solchen Aufgabentypen; sie sind das Ergebnis von gezielten Vorlaufuntersuchungen. Richtig ist jeweils die Lösung 1. Lösung 2 von Aufgabe 6

und Lösung 3 von Aufgabe 14 korrespondieren einer "lokalen Aufteilung" der Spannung an den Verzweigungspunkten. Lösung 3 von Aufgabe 6 und Lösung 2 von Aufgabe 14 entsprechen der Vorstellung, daß sich die Spannung wie der Strom aufteilt, Lösung 4 von Aufgabe 6 dem dazu inversen Verhalten. Bei der Wahl der jeweils letzten Lösung durch die Schüler dürften Schwierigkeiten mit der Unterscheidung von elektrischer und geometrischer Höhe ausschlaggebend sein.

Der Test wurde mehrere Monate nach dem Elektrizitätslehreunterricht in Realschulen (N=120, Klassenstufe 9), Gymnasien (N=128, Klassenstufe 10), Technischen Gymnasien (N=119, Klassenstufe 11) und einer Junior High School in den USA (N=113, Klassenstufe 9) durchgeführt. Die Zahl der Schüler, die die vier o.g. Versionen bearbeiteten, waren 119, 121, 118 und 122. die Bearbeitungszeit betrug etwa 25 Minuten. Der Test wurde den Schülern mit Hilfe eines Expertensystems [5] am PC präsentiert, die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS/PC+.

## 2. Ergebnisse

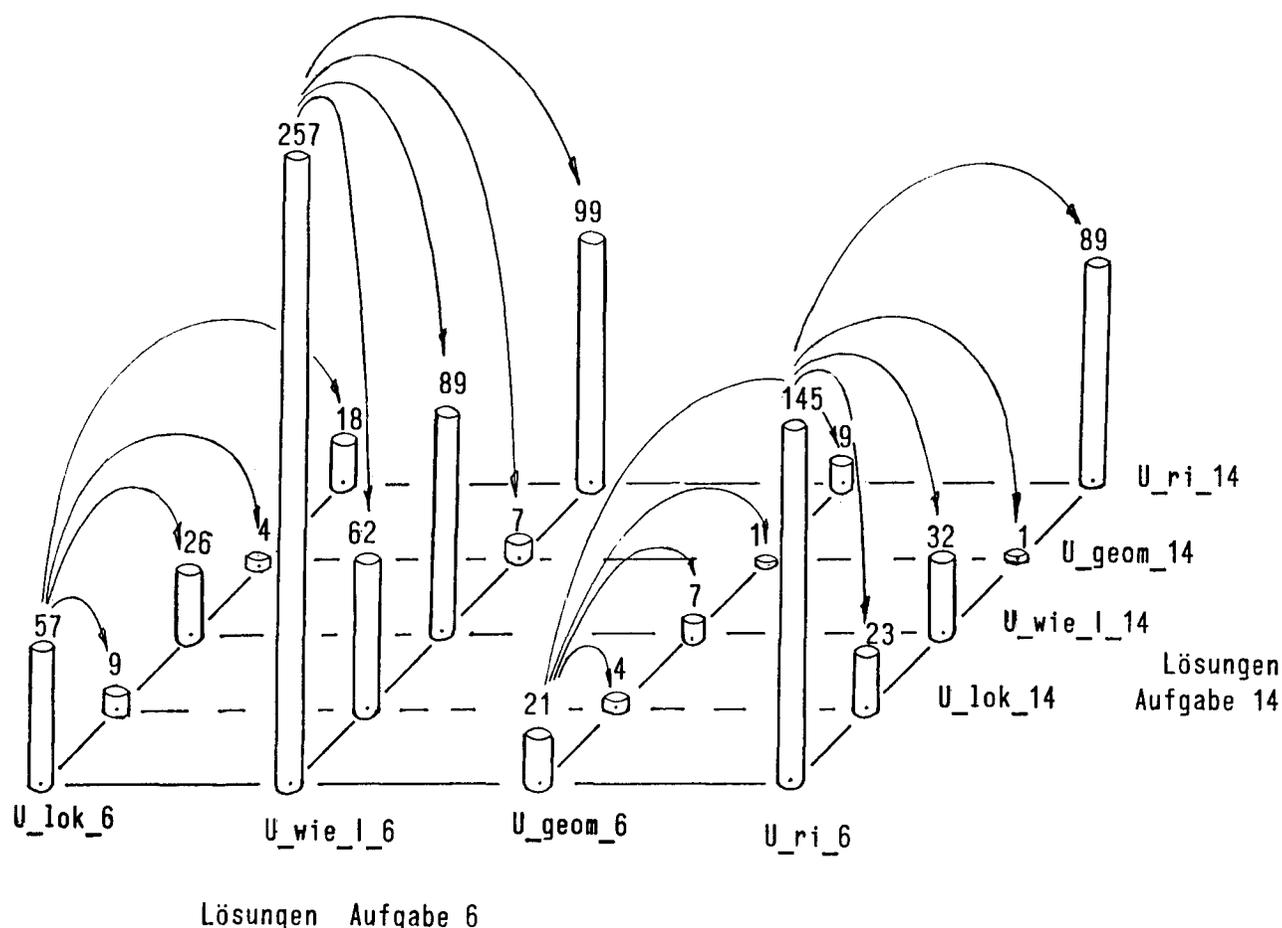
Einen ersten Eindruck von den Ergebnissen vermittelt Tab.1, die einen Überblick darüber gibt, wie sich die Ergebnisse bei den unterschiedlichen Rückmeldeversionen und in den verschiedenen Schularten unterscheiden. Wie zu erwarten zeigen die Schüler der Technischen Gymnasien die besten Leistungen. Unerwartet ist, daß sowohl die Realschüler als auch die Schüler der Junior High School die zweite Testhälfte durchweg schlechter bewältigen als die erste. Ein Scheffé-Test bestätigt, daß zwischen diesen beiden Schularten keine signifikanten Unterschiede bestehen, dagegen zwischen ihnen einerseits und den Gymnasien und Technischen Gymnasien andererseits. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Rückmeldeversionen sind überraschend gering und nicht signifikant.

Version Schulart	ohne Inf.	falsch/ richtig	kurze Information	ausführliche Information	Mittel- wert
Realschule	39/26	37/25	42/35	43/29	40/29
Gymnasien	35/35	35/33	36/41	34/41	35/38
Techn. Gymnasien	41/44	48/52	44/59	43/51	44/51
Junior High Sch.	32/20	35/24	41/23	37/20	36/22
Mittelwert	37/31	39/34	41/39	39/36	39/35

**Tab.1:** Prozentualer Anteil der richtigen Lösungen der Aufgaben 2-8 und 10-16 in den verschiedenen Schularten über die Aufgaben gemittelt

Die verschiedenen Schülervorstellungen und die richtigen Lösungen korrelieren nur schwach. Eine exemplarische Erklärung für die geringen Korrelationen liefert Abb. 2, in

der die Anzahl der Schüler mit einer bestimmten Lösung in Aufgabe 6 und ihre Aufteilung auf die Lösungen in Aufgabe 14 wiedergegeben sind. Dabei sind in der Variablen U\_w\_I\_6 Lösung 3 und Lösung 4 von Aufgabe 6 zusammengefaßt (s. Abb. 1).

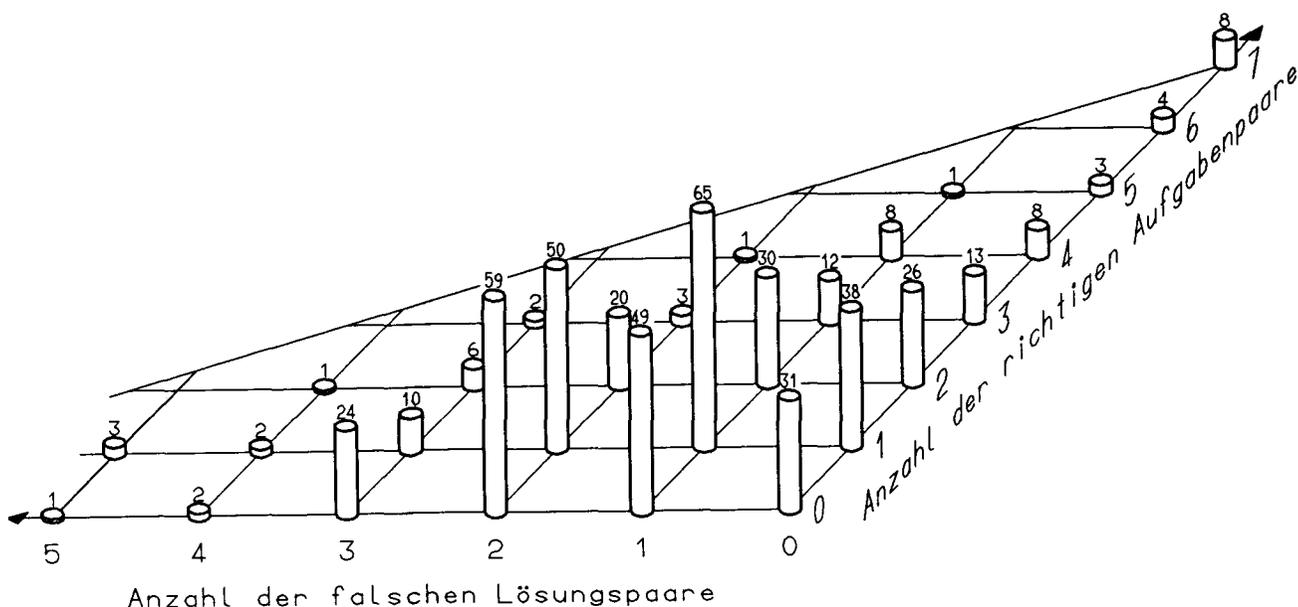


**Abb.2:** Verteilung der Schüler auf die Lösungsmöglichkeiten in Aufgabe 6 und Neuverteilung auf die Lösungsmöglichkeiten in Aufgabe 14. Die Pfeile deuten Veränderungen im Ankreuzverhalten von Aufgabe 6 nach Aufgabe 14 an.

Abb. 2 zeigt, daß Aufgabe 6 ein charakteristisches Lösungsprofil hat. Die verschiedenen Lösungsprofile für Aufgabe 14 sind sich auf den ersten Blick sehr ähnlich. Deshalb ist in erster Näherung das Lösen der Aufgabe 14 unabhängig davon, welche Lösung in Aufgabe 6 gewählt worden ist. Dies aber bedeutet, daß das Ankreuzverhalten beim Lösen einer Aufgabe kaum eine Folge einer konsequent vertretenen (wissenschaftlichen oder unwissenschaftlichen) Vorstellung ist. Das Ankreuzen wird offensichtlich in der jeweiligen Situation entschieden, und dabei können durchaus verschiedene Lösungen zur Wahl stehen. Es wird nicht gelernt, selbst wenn Aufgabe 14 von mehr Schülern gelöst wird als Aufgabe 6.

Abb. 2 zeigt neben diesen Effekten erster Ordnung auch einige der zweiten Ordnung. Auffällig ist, daß von den 145 Schülern, die Aufgabe 6 richtig ankreuzen, überproportional viele Schüler (89) Aufgabe 14 richtig lösen und unverhältnismäßig wenige Schüler falsche Lösungen ankreuzen. Zu diesem positiven Aspekt gesellt sich aber auch ein negativer: Von den Schülern, die U\_wie\_I in Aufgabe 6 benutzen und die Spannung wie den Strom aufteilen, kreuzen verhältnismäßig viele Schüler (89) die gleiche falsche Vorstellung in Aufgabe 14 an. Richtige und falsche Vorstellungen zeigen durchaus also auch Konsistenzen und auf diese Weise ein gewisses Beharrungsvermögen.

Damit drängt sich die Frage auf: Gibt es positive oder auch negative Konsistenzen, die sich nicht nur auf ein Aufgabenpaar, sondern über mehrere Paare erstrecken? Eine Antwort darauf liefert Abb. 3, in der die Schüler nach der Zahl ihrer richtigen Lösungspaare und der Zahl der Paare gleicher falscher Vorstellungen gruppiert werden. Es zeigt sich, daß zwar (acht) Schüler die maximal mögliche Zahl von sieben richtigen Paaren erreichen, daß aber auch maximal fünf Vorstellungspaare (bei vier Schülern) auftreten. Bei den acht Schülern mit sieben richtigen Aufgabenpaaren und wohl auch bei den vier Schülern mit sechs richtigen Paaren dürften die Vorstellungen einen stabilen physikalischen Verständnisrahmen bilden. Schüler, die weniger als sechs richtige Paare, aber mehr korrekte als fal-

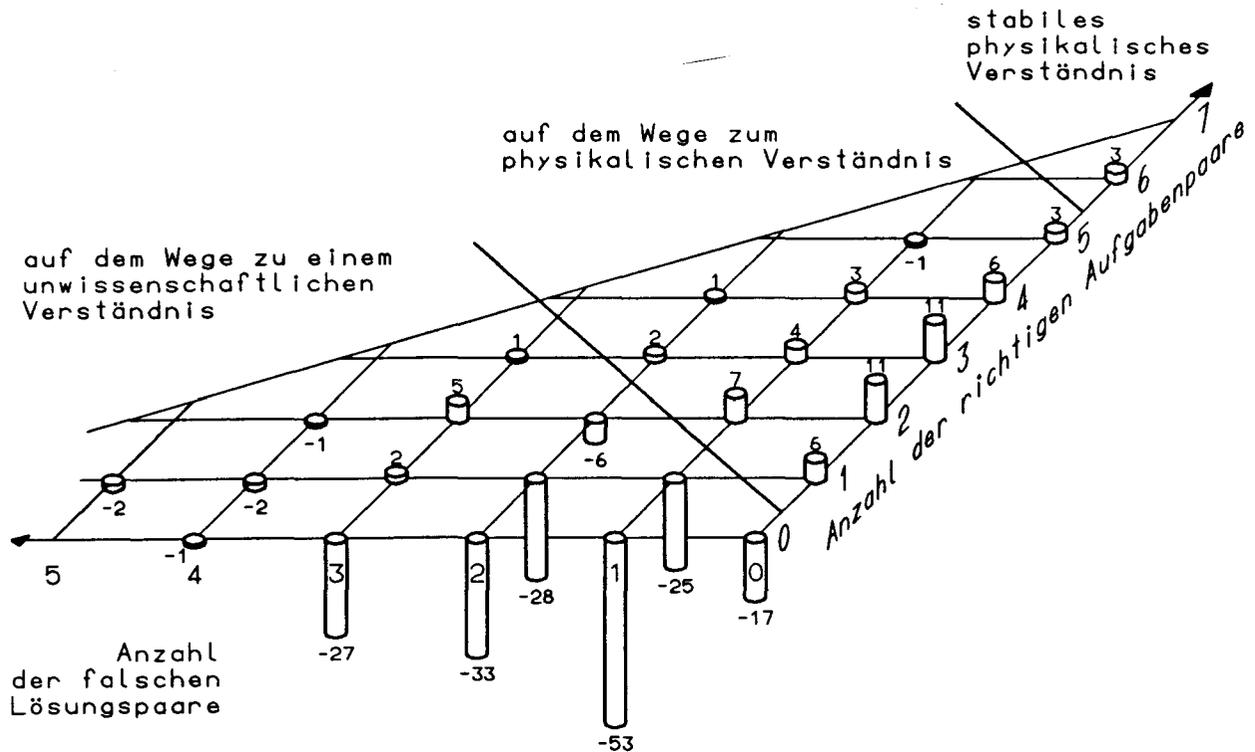


**Abb.3:** Zahl der Schüler in Abhängigkeit von der Anzahl richtiger und falscher Lösungspaare

sche Lösungspaare aufweisen (insgesamt 143 Schüler), werden im folgenden als "auf dem Wege zum physikalischen Verständnis" umschrieben. Die übrigen Schüler (insgesamt 325)

dürften auf dem Wege zu einem unwissenschaftlichen Verständnis sein, das ihr Lösungsverhalten steuert.

Diese Dreiteilung der Schülergruppen wird bestätigt, wenn man die Summe der Wechsel falsch-richtig und der Wechsel richtig-falsch zwischen der ersten und der zweiten Testhälfte,  $\sum(fr-rf)$ , für die Schüler in den einzelnen Gruppen aufträgt (s. Abb. 4). Dabei wird eine relativ übersichtliche Struktur sichtbar: Schüler mit einem stabilen physikalischen Verständnis können physikalisches Wissen aktivieren und lernen; hier ist  $\sum(fr-rf)$  positiv. Noch stärkere positive Effekte treten bei den Schülern auf, die auf dem Wege zum physikalischen Verständnis sind. Bei den Schülergruppen, die "auf dem Wege zum unwissenschaftlichen Verständnis" sind, zeigen sich hingegen meist negative Veränderungen mit  $\sum(fr-rf) < 0$ . Die Rückmeldungen im ersten Testteil scheinen diese Schüler nicht zu erreichen; sie aktivieren verstärkt alternative Vorstellungen. Die Unterschiede zwischen den Schülern, die auf dem Wege zum physikalischen Verständnis sind, und den Schülern auf dem Wege zu einem unwissenschaftlichen Verständnis sind signifikant.



**Abb.4:**  $\sum(fr-rf)$  für die Schülergruppen in Abhängigkeit von der Anzahl richtiger Lösungs-paare und der Anzahl falscher Vorstellungspaare

Die Ergebnisse von Abb. 4 sind nicht so zu verstehen, daß den Kategorien "auf dem Wege zum physikalischen Verständnis" und "auf dem Wege zu einem unwissenschaftlichen Verständnis" zwangsläufig positive und negative Lerneffekte zuzuordnen sind. Eine genauere

Analyse der Teilpopulationen zeigt z.B., daß in den Gymnasialklassen in beiden Kategorien unterschiedlich ausgeprägte positive Lerneffekte erzielt werden. In den restlichen Klassen lassen sich unterschiedlich negativ ausgeprägte "Lerneffekte" feststellen. Insgesamt aber kann man sagen, daß die Schüler um so schwerer lernen, je mehr ihre Wissensstruktur zum unwissenschaftlichen Verständnis hin tendiert.

### **3. Diskussion**

Wenn einem Schüler eine Aufgabe vorgelegt wird, so versucht er, diese zu lösen. Da in einem darauffolgenden Interview der Schüler seine Lösung in den überwiegenden Fällen erläutern, ja sogar verteidigen wird und nur in den seltensten Fällen korrigiert, mißt man als Beobachter den Schülerkreuzchen oder freien Lösungen und den dazugehörigen Begründungen eine gewisse Stabilität zu. Die statistisch ermittelten Ergebnisse (s. Abb.2) legen jedoch eine andere Interpretation nahe: Wird die Situation von einer Aufgabe zu einer ähnlichen Aufgabe variiert, so beginnt in erster Näherung die Suche von vorne, unbeeinflusst von der zuvor gefundenen Lösung. Statt immer wieder gleich, sehen es die Schüler immer wieder neu. Da jede psychologische Definition von Lernen positive Veränderungen und Stabilität bei bereits gelernten Begriffen einschließt, kann in dieser Näherung nicht von Lernen gesprochen werden.

Die notwendigen Konsistenzen treten in zweiter Näherung auf; Abb. 3 zeigt, daß sie sich bilden. Aber die Verteilung ist fast symmetrisch: Die unwissenschaftliche Betrachtungsweise scheint - nimmt man die Gesamtheit der Schüler - eine für die Schüler ebenso wichtige Alternative zum wissenschaftlichen Verständnis darzustellen. Auch von daher sind Lernschwierigkeiten zu erwarten, die durch die überwiegend negativen Wechsel in dieser Kategorie (s. Abb. 4) bestätigt werden. Die bereits existierenden Wissensstrukturen haben einen Einfluß auf die Informationsverarbeitungsprozesse, einen größeren als die Rückmeldungen, die in der ersten Testhälfte gegeben wurden.

Die in dieser Untersuchung festgestellten Lernfortschritte sind bescheiden. Dies ist aber auch nicht anders zu erwarten, wenn sich im vorausgegangenen Unterricht ein physikalisches Verständnis nicht bilden konnte. Der Weg von einer unwissenschaftlichen zu einer physikalischen Betrachtungsweise geht durch einen Bereich extremer Unsicherheit, in dem alte, sinngebende Elemente in Frage gestellt sind und neue Erklärungen sich noch nicht festigen konnten. Dies zeigt sich unter anderem darin, daß auch auf eine falsche Lösung im ersten Testteil bei einer physikalisch ähnlichen Aufgabe im zweiten Testteil häufig eine andere Lösung folgt und nicht die richtige.

Insofern wurde ein Ziel der Untersuchung, durch gezielte Rückmeldungen Lernprozesse zu initiieren, nicht im erwarteten Umfang erreicht. Vielleicht war die Interventionszeit zu kurz oder der vom Schüler verlangte Transfer zwischen den Aufgaben zu groß, vielleicht aber auch die jeweilige Rückmeldung zu unspezifisch. Weitere Untersuchungen hierzu werden folgen. Ein zweites Ziel beinhaltete, allgemeine Informationen über das Lösungsverhalten der Schüler zu gewinnen. In diesem Bereich führte der statistische Ansatz zu einigen unerwarteten Ergebnissen.

#### 4. Literatur

- [1] H. Pfundt, R. Duit, Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht, 2. Auflage, IPN-Kurzberichte Nr. 34, 1988
- [2] R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien, Children's ideas in science, Open University Press, Milton Keynes, 1985
- [3] Ch. v. Rhöneck, Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis, NiU P/C, 1986 (108-112)
- [4] D.M. Shipstone, Ch. v.. Rhöneck, W. Jung, C. Kärrqvist, J.J. Dupin, S. Joshua, P. Licht, A study of students' understanding of electricity in five European countries, Int. Jour. of Sc. Educ., 1988 (303-316)
- [5] VP-Expert, Paperback Software International, 1987