

ERPROBUNG OPTIMIERTER VERSUCHE ZUM THEMA UMWELTSCHUTZ MIT ZU BESUCH WEILENDEN SCHULKLASSEN UNTER VERWENDUNG NEUARTIGER MINIATURISIERTER LABORATORIUMSGERAETE ANLAESSLICH DER LANDESGARTENSCHAU IN HOCKENHEIM

Prof. Dr. Michael SCHALLIES(*)

1. Einleitung

Das Interesse von Schülern der allgemeinbildenden Schulen an Umweltfragen ist sehr groß. Aus Untersuchungen, die von Löwe & Gscheidle im Rhein-Neckar-Raum in Grundschulen und Realschulen durchgeführt wurden, ist bekannt, daß dieses vorhandene Interesse nur erhalten bleibt, wenn den Schülern Gelegenheit gegeben wird; eigene Aktivitäten durchzuführen¹. Durch eigene Aktivitäten werden sinnliches Wahrnehmen, Erleben und Begreifen verbunden. Bereits im Jahre 1986 gab in diesem Sinne das Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft die Empfehlung aus, "es sollten die organisatorischen und rechtlichen Voraussetzungen verbessert werden, damit Schüler eigene Umwelterfahrungen machen und sich mit Umweltproblemen auseinandersetzen können"².

Beim Umweltschutz stehen die Reinhaltung von Boden, Luft und Wasser im Vordergrund. Um Veränderungen in der Umwelt erkennen zu können, muß nicht nur die stoffliche Zusammensetzung der natürlichen Umwelt bekannt sein, durch die Messung einer Vielzahl von Parametern über längere Zeiträume können auch die Veränderungen in der Umwelt, die auf anthropogene Einflüsse zurückgehen, erkannt werden. Neben der Verwendung von Bioindikatoren und physikalisch-chemischen Methoden werden dafür nach wie vor klassische naß-chemische Methoden eingesetzt.

Die Analytik ist eine der tragenden Säulen bei der Bearbeitung von Problemen des Umweltschutzes. Mit Hilfe der Analytik lassen sich die regulären Lehrplaninhalte mit den aktuellen Problemen des Umweltschutzes verknüpfen. Am Thema "Böden", das naturgemäß in einer Landesgartenschau im Mittelpunkt des Interesses steht, läßt sich dies exemplarisch darlegen. Für die Durchführung

(*) Paedagogische Hochschule, Heidelberg

umweltanalytischer Untersuchungen sind eine Reihe von Operationen notwendig, die den Schülern im einführenden Chemieunterricht der allgemeinbildenden Schulen nach den Lehrplänen im Regelunterricht vermittelt werden. Bodenuntersuchungen geben den Schülern dabei einen Einblick in das gesamte Spektrum analytischer Methodik mit Probenentnahme, Wägetechnik, Probenvorbereitung, Analyse und Diskussion der erhaltenen analytischen Daten. Um Schüler anlässlich einer Landesgartenschau handelnd tätig werden zu lassen, ist für Bodenuntersuchungen ein Experimentiergerät erforderlich, mit dem besonders einfach und umweltschonend gearbeitet werden kann. Es ist bekannt, daß herkömmliche Laboratoriumsgeräte und Glasapparaturen Schülern beim Experimentieren häufig Schwierigkeiten bereiten, weil der Umgang mit ihnen manuelle Fertigkeiten und Fähigkeiten erfordert, die gewöhnlich erst nach einer längeren Einarbeitungszeit erhalten werden. Auf einer Landesgartenschau kann nicht davon ausgegangen werden, daß nur im Experimentieren geschulte Jugendliche an den Versuchen teilnehmen. Aus diesem Grund wurde als Experimentiergerät das an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg in Zusammenarbeit mit einem Industriechemiker entwickelte Minilabor eingesetzt³. Die Arbeitshypothese für den Einsatz des Minilabors ist, daß auch Ungeübte sofort erfolgreich experimentieren können, da sich die Reaktionsapparaturen aus Glas durch die Verwendung von Außengewinden und Schraubkupplungen sehr einfach aufbauen lassen. Zudem geht der Aufbau wesentlich schneller als mit herkömmlichen Geräten von statten. Durch das Arbeiten in Halbmikrotechnik sind die eingesetzten Chemikalienmengen so gering, daß die damit zusammengehenden Gefahrenmomente weitgehend ausgeschlossen sind, und darüber hinaus die unvermeidliche Abfallmenge beim Experimentieren sehr drastisch reduziert wird. Da auf der Landesgartenschau kein Laboratorium zur Verfügung steht, sondern an einfachen Holzbänken im Freien (bei schönem Wetter) bzw. in einem sehr einfach ausgestatteten Blockhaus experimentiert wird, ist dies eine Voraussetzung dafür, überhaupt klassisch naß-chemisch arbeiten zu können. Diese Arbeitsweise wird jedoch für notwendig gehalten, um die häufig beobachtete rezeptive Einstellung der Schüler abzubauen, die u.a. durch den zur Schau gestellten Perfektionismus in den Medien bewirkt wird⁴. Nur dadurch entsteht auch die Einsicht dafür, daß alle Teilschritte bei einer umweltanalytischen Untersuchung Fehlerquellen beinhalten und zusätzliches fundiertes Wissen notwendig ist, um Umweltschutzdaten zu prüfen und zu beurteilen.

Der angebotene Unterricht im Umweltklassenzimmer dauerte in der Regel 90 Minuten. Angesprochen waren alle Schularten, Grund-, Haupt-, Sonder-, und Realschulen sowie Gymnasien. Als Einführung in das wichtige Trennverfahren der Chromatographie wurde ein Versuch zu Gewinnung, Analyse und Identifizierung von Blütenfarbstoffen angeboten. Zur Bestimmung der Bodenparameter wurden exemplarisch die Kalkbestimmung und die Stickstoffbestimmung herangezogen. Das Versuchsangebot richtet sich an die Jahrgangsstufen 5-7 (Untersuchung der Blütenfarbstoffe) bzw. 8-10 (Kalkbestimmung, Stickstoffbestimmung). Zu jedem

Thema wurden Begleitmaterialien angeboten, die eine Vorbereitung des gewählten Themas vor dem Besuch der Gartenschau in den Klassen ermöglichen. Damit es auch fachfremden Lehrern möglich war, Schüler in das Umweltklassenzimmer zu begleiten, wurde der Unterricht von Examenskandidaten der Pädagogischen Hochschule Heidelberg vorbereitet und durchgeführt.

2. Versuchsmethodik

Nach einer Sachinformation durch den Lehrer sollten die Schüler im Umweltklassenzimmer den betreffenden Versuch nach einem Arbeitsblatt selbständig aufbauen, durchführen, die Ergebnisse der Beobachtungen schriftlich in einem Arbeitsblatt festhalten und eine Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse vornehmen. Im Anschluß an die Versuchsdurchführung wurde ein Fragebogen ausgegeben, in dem die Interessenlage, die experimentelle Vorerfahrung, die Beurteilung des Experimentiergerätes (Minilabor) sowie der Lehrerfolg nachgefragt wurden.

3. Ergebnisse

3.1. Schülerpopulation und Wahlverhalten bei den Versuchen

Zum Besuch der Landesgartenschau hatten sich insgesamt 12.200 Schüler mit ihren Lehrern angemeldet. Bei der Hälfte der Schüler handelte es sich um Grundschüler, für die ein chemisches Experimentieren noch nicht in Frage kam. Für das Experimentieren im Umweltklassenzimmer entschieden sich insgesamt 41 Klassen mit 932 Schülern. Den größten Anklang fand das Thema Pflanzenfarbstoffe, das von 21 Klassen gewählt wurde, während das Thema Boden von 20 Klassen experimentell untersucht wurde. Obwohl alle drei Themen auf die Lehrpläne der allgemeinbildenden Schulen ausgerichtet waren, stieß das Thema Kalk im Boden auf Desinteresse; es wurde von keiner Klasse gewählt.

Eine Übersicht über das Wahlverhalten ergibt die beigefügte Tabelle 1. Obwohl die Themenbereiche für die Klassenstufen 8-10 empfohlen waren, nahmen in erheblichem Umfang Schüler jüngerer Jahrgänge am Programm der Landesgartenschau im Umweltklassenzimmer teil.

3.2. Auswertung der Fragebögen

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die Fragen. Die Fragebögen wurden mit Hilfe eines Statistikprogramms (SAS) ausgewertet.

Tabelle 1: Klassenstufen und Wahlverhalten der besuchenden Schülergruppen

Thema: Pflanzenfarbstoffe

Schulart	Klasse							
	5	6	7	8	9	10	11	12
Gymnasium	2	1	-	-	2	1	1	-
Realschule	-	1	2	2	-	-	-	-
Hauptschule	-	-	2	1	2	-	-	-
Gesamtschule	-	-	-	-	3	-	-	-
Schülerzahl	59	54	95	72	161	26	17	-
Sonstige	(1 Klasse) 27 Schüler							
Gesamtzahl Schüler	511							

Thema: Boden und Düngung

Schulart	Klasse							
	5	6	7	8	9	10	11	12
Gymnasium	1	1	1	1	1	-	-	2
Realschule	1	1	2	-	-	-	-	-
Hauptschule	-	-	-	2	-	-	-	-
Gesamtschule	-	-	-	-	-	-	-	-
Ludwigshafen	2							
Schülerzahl	57	60	126	70	27	-	-	-
Sonstige	(7 Klassen) 82 Schüler							
Gesamtzahl Schüler	422							

Frage 1 (Einstellung zu Schulfächern): Die Ergebnisse zu dieser Frage sind in Abb. 1 zusammengestellt. Naturgemäß schwankt die Beantwortungsintensität zu den einzelnen Fragen, da noch nicht alle Schüler Chemie und Physik nach Lehrplan begonnen hatten (Beginn des Chemieunterrichtes: Hauptschule Klasse 7, Realschule Klasse 8, Gymnasium Klasse 9). Aufgrund der Tatsache, daß unvorgesehenerweise sehr viele jüngere Klassen das Umweltklassenzimmer besuchten, liegt die Beantwortungsintensität in bezug auf die Vorliebe für Chemie nur bei 298. Von den Schülern, die nach Lehrplan noch keinen Chemieunterricht hatten, entstammen 86 aus dem Bereich der Gymnasien, 7 aus dem Bereich der Hauptschule und 150 aus dem Bereich der Realschule.

Tabelle 2

Alter : Schulart :
 Gymnasium Realschule Hauptschule
 Klasse : Geschlecht:
 männlich weiblich

1) Welche Fächer magst Du gerne/nicht so gerne?

Kreuze an!

	1	2	3	4	5
Mathematik					
Deutsch					
English					
Physik					
Chemie					
Musik					

1 = sehr gern
 2 = gern
 3 = weder gern noch ungern
 4 = ungern
 5 = sehr ungern

2) Welche Hobbies hast Du?

3) Warum magst Du das Fach Chemie gern bzw. ungern?

Kreuze an was am ehesten zutrifft!

- a) wegen des Lehrers
- b) wegen des Stoffs
- c) wegen der Experimente
- d) wegen späterer Berufswünsche
- e) weil es leicht bzw. schwer ist
- f) weil sich viele Dinge des täglichen Lebens mit Chemie erklären lassen

4) Hast Du im Chemieunterricht bereits selbst Experimente durchgeführt? Kreuze an wie oft!

keine 1-5 5-10 10-20 mehr als 20 Experimente

5) Du hast heute mit einem Minilabor gearbeitet. Wie hat es Dir gefallen?

sehr gut gut mittelmäßig nicht so gut gar nicht

Begründung :

6) Das Arbeiten mit den kleinen Glasgeräten und den Schraubkupplungen war für mich:

sehr einfach einfach mittelmäßig schwierig sehr schwierig

7) Waren die Arbeitsblätter verständlich?

leicht mittel schwer verständlich

8) Hat der Lehrer den Versuch und den Stoff gut erklärt?

sehr gut gut mittelmäßig schlecht unverständlich

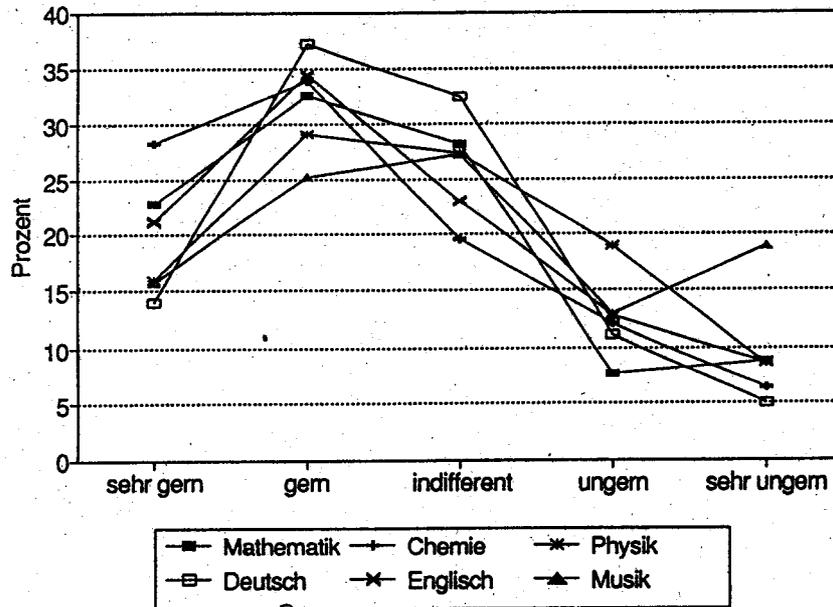
9) Hast Du etwas gelernt, was Dir für das tägliche Leben wichtig erscheint?

nein ja, und zwar folgendes:

.....

Abb. 1

Einstellung zu Schulfächern



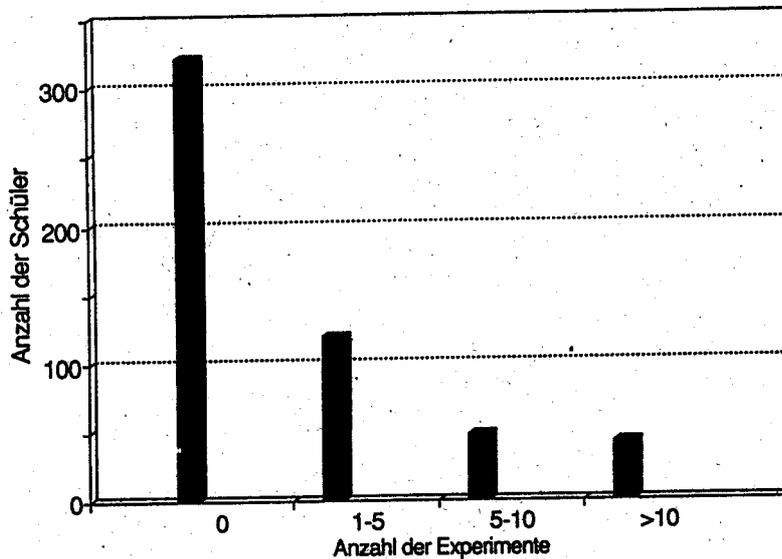
In der Verteilung der Interessen auf die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer bzw. Sprachen und Musik ist ein wohlwollendes Interesse an Chemie festzustellen. Insgesamt 62,1 % der Schüler mögen Chemie sehr gerne bzw. gerne. Dies mag möglicherweise mit der bekannten Anfangsmotivation für das neue Fach Chemie zusammenhängen, da ca. 30% der Schüler in die Klassen gehören, die zum ersten Mal Chemieunterricht nach Lehrplan hatten. Der Vergleich zur Physik könnte dieses bestätigen, da Physikunterricht früher beginnt und hier möglicherweise bereits eine Normalisierung der Interessenlage eingetreten ist, sind doch im Vergleich zur Chemie die Vorlieben für Physik mit 16 % bei "sehr gern" und 29,1 % bei "gern" deutlich niedriger. Wie der Vergleich mit Mathematik zeigt, liegt die Interessenvorliebe aber nicht wesentlich neben einem allgemeinen Trend. Auffällig ist das schlechte Abschneiden für Musik, das mit Abstand die höchsten Nennungen von "sehr unger" mit 18,9 % aufweist.

Frage 2: Als Begründung für die Vorliebe für das Fach Chemie wird an erster Stelle der freiformulierten Antworten mit 25,5 % das "Experimentieren" genannt. An zweiter Stelle folgt der "Anwendungsbezug" mit 16,7 %. Bei den Begründungen für eine Abneigung wird an erster Stelle mit 10 % der Häufigkeit "der Lehrer" genannt, an zweiter Stelle der "Lehrstoff" mit 4,9%.

Frage 4: Bei der Frage nach den experimentellen Vorerfahrungen zeigt sich deutlich, daß im Regelunterricht trotz Lehrplanvorgaben kaum experimentiert wird

Abb. 2

Experimentelle Vorerfahrung



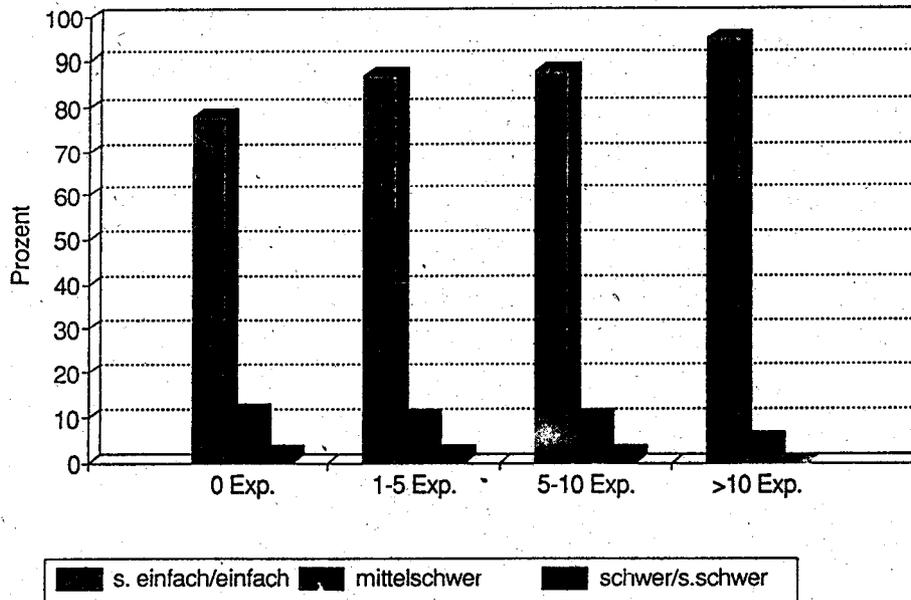
(Abb. 2). Ohne experimentelle Vorerfahrung waren 58,6% aller Schüler, 23,9% hatten mit 1-5 Experimenten geringe experimentelle Erfahrung. Erfahrene Experimentatoren mit mehr als 20 Experimenten waren kaum anzutreffen. Würde man einen lehrplangemäßen Chemieunterricht zugrundelegen, müsste wesentlich mehr experimentiert werden.

Auch altersstufenbezogen ändert sich an dieser Grundaussage nichts. Selbst in den fortgeschritteneren Altersstufen, in der alle Schüler experimentell im Regelunterricht unabhängig von der Schulart Erfahrung aufweisen sollten, liegt der Prozentsatz der Schüler ohne experimentelle Erfahrungen in Chemie mit 23,3% unerwartet hoch. Herausragend negativ war in diesem Zusammenhang eine experimentell völlig unerfahrene Hauptschulklasse im 9. Schuljahr, während Schüler des Gymnasiums Klasse 12 die experimentellen Vorgaben der Lehrpläne besser erfüllten (durchschnittliche Vorerfahrung: 1-5 Experimente).

Über dem Durchschnitt liegende experimentelle Erfahrungen hatten einzig Schüler einer Gesamtschule aus Ludwigshafen.

Frage 5. Die Arbeit mit dem Minilabor wurde von den Schülern mehrheitlich sehr gut bis gut beurteilt. Negative Wertungen traten praktisch nicht auf. Bei den freiformulierten Begründungen für die Beurteilung des Minilabors wurde überwiegend der Spaß am Experimentieren mit 34,7% genannt. Für 20,9% war die Arbeit mit

Abb. 3



dem Minilabor interessant. An dritter Stelle der Begründungen wurde die Erweiterung des Sachwissens mit 10,8% genannt.

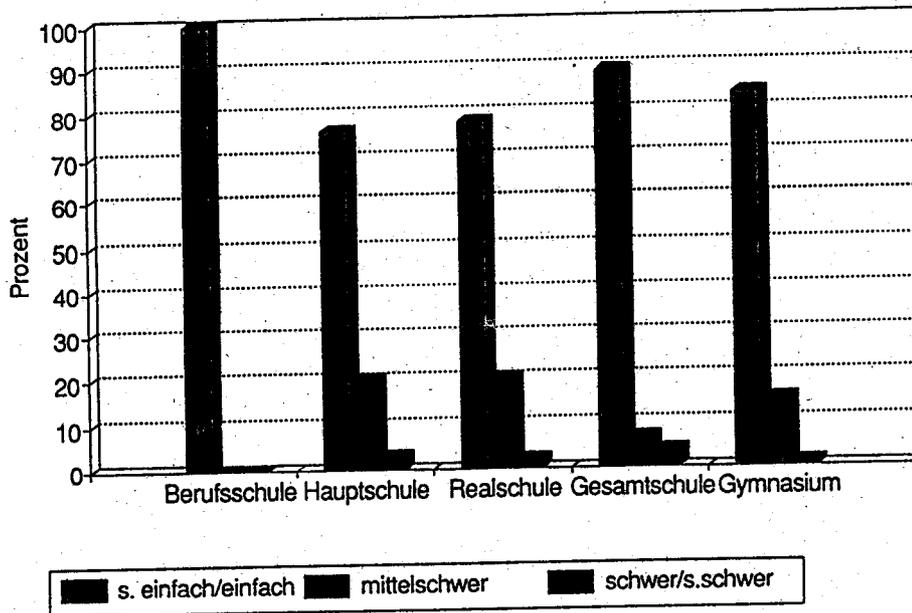
Bei den den wenigen Schülern, denen die Arbeit mit dem Minilabor nicht gefallen hat, sind als Begründung "Langeweile" mit 3,5 % und "kein Interesse" mit 1,5% angegeben. Die Beurteilungsintensität der Frage war mit 504 hoch. Das Maximum der Beurteilungen für "sehr gut" (%) lag in den Klassen 8-11.

Von den Schülern ohne experimentelle Vorerfahrung wurde das Minilabor zu 53,0% als sehr gut bzw. 31,0% als gut eingestuft. Bei den Experimentatoren mit Erfahrung lag der Schwerpunkt der Beurteilung mit jeweils über 40 % bei "gut", bei den sehr erfahrenen (mehr als 20 Experimente) Schülern deutlich bei "gut" (50,3%).

Frage 6: Das Minilabor wurde für den Versuch "Extraktion" im Gebrauch überwiegend als sehr einfach (47,7%) bzw. einfach (39,8%) eingeschätzt. Für 10,5% der Schüler war der Gebrauch "mittelschwer". In der Beurteilung tendierten Jungen eher zu der Beurteilung "sehr einfach" (56,1%), Mädchen eher zu der Bewertung "einfach" (48,0%). In der Beurteilung "mittelschwer" gab es keine geschlechtsspezifischen Unterschiede (10,3% bei Jungen, 10,6% bei Mädchen). Nur 7 Schüler gaben überhaupt die Note "schwierig" (0,3%) bzw. "sehr schwierig" (1,7%).

Für die Beurteilung des Minilabors beim Versuch "Stickstoff im Boden" wurden ähnliche Bewertungen gegeben. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, daß dieser Versuch apparativ und in der Durchführung anspruchsvoller war und demzufolge die Beurteilung mehrheitlich beim Prädikat "einfach" lag (Abb. 3).

Abb. 4



Die Beurteilung der Handhabung in Abhängigkeit von der Schulart ist in Abb. 4 dargestellt. Die beste Beurteilung gaben Gewerbeschüler ab (100% sehr gut/gut). Wie Abb. 4 zeigt, wird die Handhabung des Minilabors um so einfacher eingeschätzt, je mehr experimentelle Erfahrung mit herkömmlichen Geräten vorliegt.

Frage 7: Die Bearbeitung der Arbeitsblätter stellte kein Problem dar. Mit 58,5% lag das Maximum der Einschätzung bei "leicht verständlich", die Einschätzung "mittel" wurde von 33,2% der Schüler und "schwer verständlich" von nur 1,6% der Schüler angegeben.

Frage 8: Die Variable "Lehrer", in diesem Fall Lehramtskandidaten der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, wurde von den Schülern überwiegend positiv beurteilt. Die Mädchen gaben dabei einen eher strengeren Maßstab als die Jungen an (siehe Tabelle 2).

Frage 9: Bei der Frage nach dem Verwertungszusammenhang wird ein Defizit des Umweltklassenzimmers deutlich: Sowohl bei dem Versuch zur

Nitratbestimmung als auch bei dem Versuch zur Extraktion der Blattfarbstoffe überwogen die Verneinungen zu der Frage, ob etwas für das tägliche Leben Wichtige gelernt worden sei. Beim erst genannten Versuch antworteten 55,7%, beim zweiten Versuch 73% mit "nein". Bei den Schülern, die eine positive Beantwortung der Frage abgegeben hatten, wurde zur Begründung im Falle der Nitratbestimmung angegeben "Düngerdosierung" mit 53,2%, "Umgang mit Chemikalien" mit 21,5% und "Bodenanalyse" mit 19,0%.

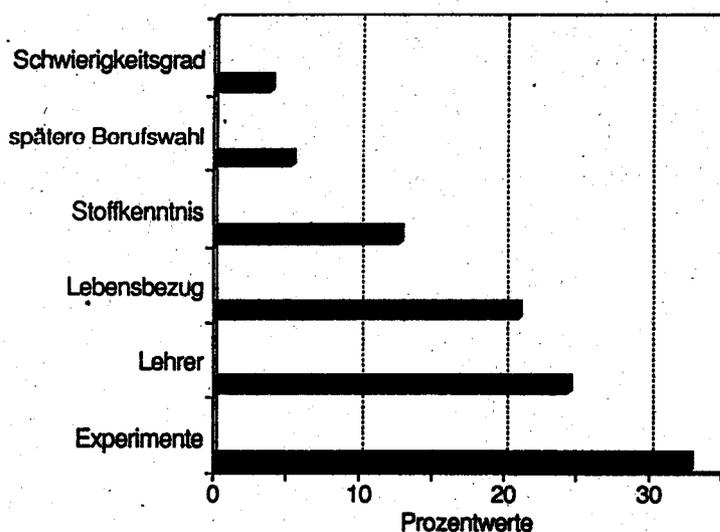
Bei den positiven Beantwortungen zum Versuch der Extraktion waren die häufigsten Nennungen zur Begründung "natürliche Fabstoffgemische" mit 41,1%, "natürliche Farbstoffe" mit 26,3%, "Farbstoffeigenschaften" und "Experimentieren" mit jeweils 8,4%.

4. Diskussion der Ergebnisse

Das Wahlverhalten der Themenbereiche und Untersuchungsmöglichkeiten läßt sich damit erklären, daß überwiegend Biologielehrer mit ihren Klassen die Landesgartenschau besuchten, während Chemielehrer nur im geringen Umfang von dem Angebot Gebrauch machten. Allen beteiligten Schülern war das Minilabor vor der Durchführung der Untersuchung auf der Landesgartenschau unbekannt; nur in wenigen Fällen war es Real- und Hauptschullehrern aus dem Rhein-Neckar-Raum bekannt.

Abb. 5

Einstellung zur Chemie: Einflußfaktoren



Allgemein muß mit Sorge festgestellt werden, daß experimenteller Chemieunterricht nicht in ausreichendem Maße regulär stattfindet. Obwohl der schülerexperimentelle Bezug zur Chemie in den Lehrplanpreamble ausdrücklich gefordert wird, scheint eine Umsetzung dieser Lehrplanvorgaben in der Praxis nicht stattzufinden. Die dem Autor aus Unterrichtsbesuchen punktuell bekannte Tatsache wird durch diese Untersuchung erhärtet. Das hohe vorhandene Eigeninteresse der Schüler an den Naturwissenschaften wird demnach durch den regulären Chemieunterricht nicht richtig aufgenommen. Das Interesse der Schüler an den Naturwissenschaften liegt ausdrücklich an den Experimenten begründet, die in diesen Fächern ausgeführt werden können (vgl. Abb. 5). Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen der Arbeit von E. Just und R. Piosik über Merkmale des Chemieunterrichts, die Gymnasialschülern gefallen oder mißfallen (vgl. auch Lit. 6). Für die Ausbildung eines langanhaltenden Interesses an Naturwissenschaften wäre es jedoch gerade notwendig, im Regelunterricht entsprechenden experimentellen Chemieunterricht durchzuführen.

Auch die Frage nach dem Sinnzusammenhang scheint für die Schüler von sehr großer Wichtigkeit zu sein. Es gilt also herauszustellen, was man an wichtigem auch für das tägliche Leben durch solche Experimente herausfinden kann. Hier scheint es notwendig, zukünftig noch klarer herauszuarbeiten, welchen Beitrag ein experimenteller Unterricht zu solchen Fragen liefern kann. Die Auswertung der Frage 9 zeigte, daß es nicht gelungen ist, im Umweltzimmer insbesondere den Zusammenhang des Versuchs der Extraktion von Blattfarbstoffen mit der Gesamthematik "Analytische Untersuchungen zum Umweltschutz" herzustellen.

Für die Abneigungen gegenüber bestimmten Schulfächern sind offenbar die personalen Beziehungen zum Lehrer der stärkste Einzelfaktor. Dies geht besonders bei der Auswertung der Frage zur Beliebtheit des Faches Musik hervor. ("Paradoxon: Sehr viele Schüler spielen selber ein Instrument; Abneigung gegen das Schulfach Chemie jedoch am höchsten ausgeprägt").

Die Frage der Einsetzbarkeit des Minilabors für experimentellen Unterricht mit Ungeübten wurde allgemein sehr positiv beantwortet. Es gilt also sowohl für Schüler ohne jegliche experimentelle Vorerfahrung als auch für solche Schüler, die aus dem Regelunterricht bereits experimentelle Erfahrungen mitbringen. Gerade Letztere beurteilen das Minilabor am besten, was dadurch zu erklären ist, daß das experimentelle Gerät im Vergleich zu konventionellen Laborgeräten äußerst einfach zu bedienen ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen anlässlich der Landesgartenschau bestätigen die These, daß das Minilabor generell sehr einfach für schülerexperimentellen Unterricht in Chemie eingesetzt werden kann.

5. Literatur

1. B. Löwe, U. Gscheidle: Verlieren Schüle durch herkömmlichen Unterricht das Interesse an Umweltfragen?. In: Umweltschutz-Umwelterziehung (Hrsg. M. Schallies), S. 164-190 (1988).
2. Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft (Hrsg.): Zukunftsaufgabe Umweltbildung. Dokumentation des BMBW-Symposions vom 24.-26.09.1986 in Bonn. Schriftenreihe Grundlagen und Perspektiven für Bildung und Wissenschaft 16.
3. R. Redeker, M. Schallies: Entwicklung optimierter Versuche für die Experimentalausbildung in Chemie unter Verwendung neuartiger miniaturisierter Laboratoriumsgeräte. Praxis Naturwiss. Chem. 36, 2-6 (1987).
4. V. Scharf: Zur Entmythologisierung des Einsatzes von Schülerexperimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht, in H. Mikelskis (Hrsg): Zur Didaktik der Physik und Chemie, s. 231-232 (1983).
5. E. Just, R. Piosik: Merkmale des Chemieunterrichts, die Gymnasial-Schülern gefallen oder mißfallen. MNU 38 (7), 391-399 (1985).
6. G. Wegner, R. Stübs: Schülermeinungen und Konsequenzen für Lehrpläne. Chem. Sch. 39 (4), 138-142 (1992).

Danksagung:

Die Versuche auf der Landesgartenschau wurden von den Examenskandidaten der Pädagogischen Hochschule Heidelberg Elke Nicola und Sascha Schleicher betreut. Die statistischen Auswertungen hat Frau Silvia Stockmann, Wiss. Mitarbeiterin im Projekt "Umwelt", ausgeführt. Ihnen sei an dieser Stelle sehr herzlich für ihre Mitarbeit gedankt.