

Chemieunterricht an außerschulischen Lernorten

– eine Interventionsstudie

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften
- Dr. rer. nat. -

Vorgelegt dem Fachbereich Chemie
der Universität Duisburg – Essen

von
Annemarie Dziewas
aus Recklinghausen

Essen 2007

Tag der mündlichen Prüfung: 24.04.2007

1. Gutachter: Frau Prof. Dr. Karin Stachelscheid
2. Gutachter: Frau Prof. Dr. Elke Sumfleth

Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Matthias Ulbricht

Danksagung

Frau Professor Dr. Stachelscheid danke ich für die interessante Themenstellung, die umfangreiche und intensive Unterstützung meiner Arbeit, für ihr Verständnis und die außerordentlichen Arbeitsbedingungen, die mir eine Promotion mit Familie ermöglicht haben.

Frau Professor Dr. Sumfleth danke ich für die Übernahme des Koreferates, ihre Diskussions- und Hilfsbereitschaft.

Herrn Professor Dr. Ulbricht danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzenden.

Herrn Professor Gramm danke ich vor allem für seine konstruktiven Ideen, für die Unterstützung meiner Arbeit und für die motivierenden Gespräche zum Fortgang der Arbeit.

Mein Dank gilt weiterhin allen neugierigen und geduldigen Schülern und Lehrern der teilnehmenden Schule, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	4
2. Situiertes Lernen	6
2.1 Traditionelle Unterrichtsansätze und träges Wissen	6
2.2 Erklärungsansätze für träges Wissen	7
2.2.1 Metaprozesserklärungen	7
2.2.2 Strukturdefiziterklärungen	9
2.2.3 Situertheitserklärungen	10
2.3 Situiertes Lernen als eine Methode zur Vermeidung von trägem Wissen	11
2.3.1 Komplexe Ausgangsprobleme	12
2.3.2 Authentizität der Lernumgebung	12
2.3.3 Konkrete Anwendungskontexte	13
2.3.4 Multiple Kontexte und Perspektiven	13
2.3.5 Sozialer Kontext	14
2.3.6 Artikulation und Reflexion	14
3. Außerschulische Lernorte und situiertes Lernen	16
3.1 Geschichtlicher Exkurs	16
3.2 Die Notwendigkeit einer Öffnung von Schule in der heutigen Zeit	18
3.3 Die Bedeutung außerschulischer Lernorte für Erziehung und Unterricht	19
3.4 Konzept des Unterrichts an außerschulischen Lernorten	21
3.4.1 Formen außerschulischer Lernorte	24
3.4.2 Mögliche Auswahlkriterien von außerschulischen Lernorten	25
3.4.3 Organisation eines Unterrichtsganges zum außerschulischen Lernort	26

4. Hypothesen und Methode der Untersuchung	29
4.1 Hypothesen	29
4.2 Variablen	29
4.3 Untersuchungsdesign	34
4.3.1 Stichprobe und experimentelles Design	34
4.3.2 Untersuchungsplan	35
4.3.3 Erhebungsinstrumente	36
4.4 Datenanalyse	39
5. Die Unterrichtsreihe unter Einbeziehung außerschulischer Lernorte	41
5.1 Außerschulische Lernorte – eine Forderung der Realschule	41
5.2 Verankerung der außerschulischen Lernorte in den Richtlinien der Realschule in Nordrhein-Westfalen	43
5.3 Vorstudie und deren Konsequenzen für die Unterrichtsreihe	44
5.3.1 Zielsetzung und theoretischer Rahmenbezug	44
5.3.2 Untersuchungsdesign	46
5.3.3 Ergebnisse	51
5.4 Planung der Unterrichtsreihe „Umweltverschmutzung durch Verbrennung von Nichtmetallen“ (1.- 9.Unterrichtsstunde)	53
5.4.1 Allgemeine Bedingungen	53
5.4.2 Charakterisierung von Lösungen mithilfe von Universalindikator	58
5.4.3 Klassifizierung von Böden anhand des pH-Wertes	61
5.4.4 Reaktion von Nichtmetalloxiden mit Wasser am Beispiel des sauren Regens	63
5.4.5 Umweltverschmutzung und Trinkwasseraufbereitung	65
5.4.6 Reaktion eines Nichtmetalls mit Sauerstoff	66
5.4.7 Entstehung des Nichtmetalloxids Schwefeldioxid als eine Ursache des sauren Regens	68
5.4.8 Maßnahmen zur Schadstoffverringernug in der Luft	70

5.4.9 Neutralisation einer sauren Bodenlösung mit einer Kalklösung	72
5.4.10 Multidimensionale Beschreibung des Bodens	73
6. Ergebnisse	75
6.1 Ergebnisse der Pilotstudie	75
6.2 Ergebnisse der Hauptstudie	81
6.2.1 Vergleich der Probandengruppen	81
6.2.2 Vergleich der leistungsschwachen und leistungsstarken Schüler	91
7. Zusammenfassung und Ausblick	103
8. Literaturverzeichnis	106
9. Abbildungsverzeichnis	117
10. Tabellenverzeichnis	119
11. Anhang	120

1. Einleitung

Die großen internationalen Vergleichsstudien über die Bildungssysteme TIMSS (Baumert et al. 1997, 1998) so wie die PISA-Studien (Baumert et al. 2001, 2004, Kirsch et al. 2002) haben deutlich gemacht, dass das deutsche Bildungssystem im Ranking im unteren Mittelfeld steht. Das hat insbesondere Politik und Öffentlichkeit aufgeschreckt, die den festen Willen bekundet haben, Deutschland wieder auf eine Spitzenposition zurückzuführen. Bildungsforscher, Fachdidaktiker, Allgemeindidaktiker, Pädagogen und Lernpsychologen beurteilen das Ergebnis wesentlich differenzierter. Insbesondere Naturwissenschaftsdidaktiker sehen ihre seit längerem diagnostizierte Krise des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts empirisch belegt und spezifiziert (vgl. Bühler & Graf 2003). Den deutschen Schülerinnen und Schülern mangelt es insbesondere an Kompetenzen bei Transferaufgaben und bei Problemlöseaufgaben, also bei Aufgaben, die ein konzeptuelles Verständnis und ein flexibel anwendbares Wissen erfordern. Da diese Fähigkeiten insbesondere im mathematisch-naturwissenschaftlichen Kontext von Relevanz sind, ist es nicht verwunderlich, dass gerade das naturwissenschaftliche Verständnis deutscher Schüler als ungenügend beurteilt wurde (Baumert et al. 2004). Als eine wesentliche Ursache für diesen Zustand wird der an deutschen Schulen übliche fragend-entwickelnde Unterricht angesehen, der nur eine geringe Offenheit in den Lernsituationen zulässt und leicht zu wenig beweglichem Wissen führt: Das Gelernte ist zwar im Zusammenhang mit der Lernsituation anwendbar, aber eine Übertragung auf neue Zusammenhänge gelingt nicht. Zur Öffnung des Unterrichts schlägt Rumann (2004) das kooperative Arbeiten mit dem Einsatz von „Aktionsboxen“ vor, durch die die Monokultur des fragend-entwickelnden Unterrichts aufgebrochen werden kann. In der vorliegenden Arbeit wird ein anderer Ansatz untersucht, dessen Kernpunkt im Verlassen der Unterrichtsräume liegt. Es ist anzunehmen, dass beim Aufsuchen außerschulischer Lernorte die Aktivität und die Kommunikation der Lernenden deutlich verbessert werden und zu höheren Lernerfolgen führen. Das Lernen an außerschulischen Lernorten entspricht der Lernform des situierten Lernens, da dieses anwendungsbezogen, lebensweltlich orientiert und selbstgesteuert ist. Lernen wird dabei nicht als Erwerb eines isolierten Wissens verstanden, sondern diese Theorie betont die Untrennbarkeit von Wissenserwerb, Wissen und dessen Anwendung. Aus diesem Grundsatz folgt die Ablehnung des traditionellen Frontalunterrichts, und es gilt die Forderung, sich bei der Gestaltung der Lernumgebung möglichst an alltagsnahen Anwendungen zu orientieren.

Eine Möglichkeit, einen solchen Unterricht durchzuführen, bietet insbesondere der Bereich der Umweltbildung. Neben der rein pragmatischen Überlegung, gerade zu diesem Thema eine Vielzahl geeigneter außerschulischer Lernorte aufsuchen zu können, besteht der inter-

national etablierte Konsens, dass die Umweltbildung eine geeignete Grundlage für den genannten Weg des Bildungserwerbes ist. Mit der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung von 1992 in Rio de Janeiro und dem Beschluss der 4. Kommission für nachhaltige Entwicklung von 1996 in New York haben die beteiligten Staaten, darunter auch die Bundesrepublik Deutschland, sich darauf verständigt, „dass Umweltbildung eine geeignete Grundlage für die notwendige Entwicklung einer Bildung [...] ist: Die Verwirklichung des Leitbilds einer nachhaltigen Entwicklung ist eine der wesentlichen Bildungsaufgaben der Zukunft.“ (BLK, 1998, S. 4). Dazu müssen die didaktischen Prinzipien einer Entstehung für nachhaltige Entwicklung, u.a. Kompetenzerwerb in realen Lebenssituationen (BLK-Bericht, 1998, S. 26), in den Unterricht integriert werden.

Der Unterricht an außerschulischen Lernorten stellt einen viel versprechenden Ansatz dar, diesen Prinzipien gerecht zu werden. Hier können die nach dem Orientierungsrahmen der BLK geforderten Schlüsselkompetenzen wie Forschungskompetenz durch entdeckendes, forschend-entwickelndes Lernen oder Handlungskompetenz durch Einüben praktischer Fähigkeiten erworben werden.

Ziel der hier vorliegenden Arbeit ist es, die Effektivität des Unterrichts an außerschulischen Lernorten zu ermitteln. Weiterhin soll untersucht werden, ob sich Unterricht an verschiedenen außerschulischen Lernorten unterschiedlich auf Umweltwissen, Umweltinteresse und umweltbezogenes Verhalten bzw. Verhaltensdispositionen auswirkt.

Inhaltlich wird zunächst die Theorie des situierten Lernens und des trägen Wissens erörtert (Kapitel 2). Im 3. Kapitel werden die Grundlagen des Unterrichts an außerschulischen Lernorten dargestellt. Anschließend werden in Kapitel 4 Zielsetzung, Forschungsmethode und Design der Untersuchung vorgestellt. Es folgt die Darstellung der Unterrichtsreihe, in der außerschulische Lernorte integriert sind (Kapitel 5). Die Präsentation der Ergebnisse und deren Interpretation erfolgt ausführlich in Kapitel 6. Die Zusammenfassung und ein Ausblick auf weitere Untersuchungsaspekte bilden den Abschluss der Arbeit.

2. Situierendes Lernen

2.1 Traditionelle Unterrichtsansätze und träges Wissen

Zwischen Wissen und Handeln bzw. Verhalten besteht vielfach eine große Diskrepanz. Ein typisches Beispiel für dieses Phänomen zeigen Raucher, die sehr wohl die gesundheitlichen Risiken des Rauchens kennen, trotzdem aber nicht aufhören zu rauchen. Ähnlich wird das theoretische Wissen, das in der Schule erworben wird, in anderen, außerschulischen Kontexten zu Gunsten von alltagspraktischen Strategien zurückgestellt. Zahlreiche Beispiele hierfür erbrachte insbesondere die Forschung zur Alltagsmathematik: Untersucht wurden Straßenkinder, die zu ihrem Lebensunterhalt Bonbons verkaufen (Saxe 1988), Molkereiarbeiter, die Entscheidungen über Preise und Mengen von Molkereiprodukten treffen (Scribner 1984) sowie Mitglieder der Weight Watcher beim Einkaufen und Zubereiten von Rezepten (Lave et al. 1984). Sie alle bewältigen mathematische Anforderungen aus ihrem Lebens- und Interessenbereich effektiv und korrekt, ohne mathematische Verfahren, die sie in der Schule gelernt haben, anzuwenden. Damit ist das lebensweltlich erworbene Wissen praktikabel, das in der Schule erworbene Wissen ist ineffektiv und wird nicht genutzt.

Diese Erkenntnisse sind nicht neu, bereits Whitehead (1929) sprach von trägem Wissen (inert knowledge). Dieses wird von Thissen (1997) wie folgt definiert: „Das erlernte Wissen ist zwar prinzipiell vorhanden, kann aber im konkreten Fall nicht abgerufen und in einer angemessenen Situation angewandt werden“ (S.71). Dies hängt damit zusammen, dass in klassischen Unterrichtsansätzen in vielen Fällen eine große Fülle an Wissen vermittelt wird, dessen tatsächlicher Nutzen außerhalb der ursprünglichen Lernsituation den meisten Lernenden jedoch unklar ist, da praktische Anwendungssituationen bei der Vermittlung nur eine untergeordnete Rolle spielen. Bransford et al. (1990) verweisen auf Untersuchungen zum Wissen über Logarithmen bei Collegestudenten. Die große Mehrheit der Befragten hatte keine Vorstellung davon, wozu Logarithmen praktisch eingesetzt werden und warum diese überhaupt „erfunden“ wurden. Sie konnten sich zwar an die Vermittlung von Logarithmen im Schulunterricht erinnern, sahen in ihnen jedoch lediglich Stoff für Mathematikübungen: „They treated them as difficult ends to be tolerated rather than as exciting inventions that allowed a variety of problems to be solved.“ (Bransford et al. 1990, S 117). Solche Probleme treten in gleicher Weise in natur- und geisteswissenschaftlichen Fächern auf.

Eng damit verbunden ist ein mangelnder Transfer des Gelernten, so dass das Wissen nur in genau den Situationen verfügbar bleibt, in denen es erworben wurde: „Das erlernte Wissen kann zwar in der Lernsituation aktiviert werden, ist aber in anderen Situationen nicht anwendbar. Das Wissen kann nicht übertragen werden“ (Thissen 1997, S. 71). Eine Reihe von Studien zeigt, dass das im Unterricht erworbene Wissen zwar auch in einfach

strukturierten Textaufgaben angewendet, jedoch nicht auf andere, vor allem nicht auf reale, Kontexte übertragen werden kann: „Thus, while students are able to complete the word problems at the end of the chapter in their science textbook, they are unable to use that knowledge to calculate the time it will take them to travel to Grandmother's house at a certain speed and distance.“ (Cunnigham et al. 1993, S. 23). Für die Anwendungsbereiche Medizin und Management wird dieses Problem beispielsweise in Mandl, Gruber, Renkl (1993) oder Renkl, Gruber, Mandl, Hinkofer (1994) untersucht.

2.2 Erklärungsansätze für träges Wissen

In der Literatur lassen sich für das genannte Problem des trägen Wissens im Wesentlichen drei Erklärungsansätze finden (Renkl 1996):

- Metaprozesserklärungen
- Strukturdefiziterklärungen
- Situiertheitserklärungen

2.2.1 Metaprozesserklärungen

Metaprozesserklärungen gehen davon aus, dass das notwendige Wissen zur Lösung eines Problems zwar vorhanden ist, aber nicht genutzt werden kann. Die Metaprozesse laufen fehlerhaft ab, da beispielsweise die Anwendungsbedingungen des benötigten Wissens nicht zur Verfügung stehen.

Innerhalb der Metaprozesserklärungen gibt es verschiedene Varianten, die im Folgenden vorgestellt werden:

- Metakognitive Erklärungen
- Motivationale Erklärungen
- Kosten-Nutzen-Abwägungen
- Volitionale Erklärungen
- Dysfunktionale epistemologische Überzeugungen

Im Rahmen der metakognitiven Erklärungen wird argumentiert (vgl. z.B. Paris, Lipson, Wixson 1983), dass in erster Linie Handlungswissen nur für solche Situationen, wie sie im Lernprozess vorgegeben waren, sowie deklaratives Wissen erworben werden. Deklaratives Wissen („Wissen, dass“) wird hierbei als Wissen um die Kenntnis von Konzepten und Fakten verstanden. Für einen effektiven Einsatz dieser beiden Wissensarten muss nach Paris et al. (1983) konditionales Wissen hinzukommen (vgl. auch Alexander, Judy 1988, Alexander, Schallert, Hare 1991). Diese Wissensart umfasst vor allem die Kenntnis über das „Wann“ und „Warum“, also die Anwendungsbedingungen von deklarativem Wissen. Nur im Zusammenspiel dieser Wissens Elemente ist effizientes Handeln möglich.

Eine andere Sichtweise erklärt die Probleme aufgrund motivationaler Defizite seitens des Lernenden. So können Angst, ein niedriges Selbstkonzept, etc. den Wissenseinsatz behindern oder sogar ganz verhindern. Besonders hoch ist der Stellenwert des Interesses und der intrinsischen Motivation einzuschätzen, denn diese bedingen die Wissensanwendung in hohem Maße (Schiefele, Schreyer 1994). So setzen Personen mit hohem Interesse am Lerninhalt oder mit intrinsischer Orientierung vermehrt Lernstrategien ein, d.h. sie organisieren den Lernstoff, überwachen das Verständnis und lernen nicht nur auswendig. Mangelndes Interesse kann jedoch nicht nur die Anwendung von Wissen verhindern, sondern auch längerfristig negative Konsequenzen haben. Beispielsweise stehen Studenten der Sozialwissenschaften dem Erlernen empirischer Forschungsmethoden skeptisch und wenig interessiert gegenüber (Gruber, Renkl 1994). Auch mit einer effizienten Ausbildung in empirischen Forschungsmethoden werden diese Studenten nach den Seminaren das Erlernete nicht mehr anwenden, wenn kein Interesse vorhanden ist. In der Konsequenz wird das Wissen dann auch schnell vergessen, eine Ausbildung bzw. ein Studium ist unter diesen Umständen unvollständig und wenig effektiv.

Ein weiterer Grund, warum Wissen träge bleibt und nicht zu entsprechenden Handlungen führt, können ungünstig ausfallende Kosten-Nutzen-Abwägungen sein. Gerade im Bereich des Umweltschutzes wird dies als ein wichtiger Aspekt angesehen. Auch wenn Wissen über ökologische Zusammenhänge und eine umweltbewusste Einstellung bei einem Lernenden vorhanden sind, wird das umweltfreundliche Verhalten nicht realisiert, wenn es mit hohen Kosten (z.B. Anschaffung von solarzellenbetriebenen Geräten) bzw. Unannehmlichkeiten (z.B. Nutzen des Fahrrades anstelle des Autos) verbunden ist. In diesem Zusammenhang vermuten Dieckmann und Preisendörfer (1992), dass Umweltwissen nur in Low-cost-Situationen in umweltgerechtes Handeln bzw. Verhalten umgesetzt wird, also in Situationen, in denen umweltfreundliches Verhalten keine zu hohen Kosten oder Unannehmlichkeiten einfordert. Im Zusammenhang mit Kosten-Nutzen-Abwägungen ist die verzerrte Wahrnehmung von Risiken zu nennen. Im Bereich der Gesundheitsvorsorge unterschätzen die meisten Menschen die Risiken eigener Erkrankungen (Schwarzer 1992). Wird die Wahrscheinlichkeit zu erkranken niedrig eingestuft, so ist der perzipierte Nutzen von Präventivmaßnahmen (Abnehmen, Sport treiben) gering, und Wissen um gesundheitsfördernde Maßnahmen führt nicht zu entsprechendem Handeln.

Volitionale Defizite stellen einen weiteren Erklärungsansatz dar. Der Lernende muss ständig zwischen konkurrierenden Wünschen, Neigungen, Handlungsimpulsen entscheiden, bevor er zu einer entsprechenden Handlung gelangen kann (Kuhl 1987). Beispielsweise kann sich jemand vornehmen, regelmäßig mit dem Fahrrad anstelle des Autos zu fahren, um die Umwelt zu schonen. Die Realisierung wird jedoch nur dann stattfinden, wenn andere Einflüsse abgeschirmt werden können (z.B. Zeitmangel, ungünstige Wetterbedingungen). Neben der Abschirmung handlungsabwehrender Informationen nennen Kuhl und Heckhausen (1996) in ihrer Handlungskontrolltheorie weitere Mechanismen, die eine

Handlungsdurchführung erleichtern: Ausblendung von Informationen, die lediglich mit Blick auf alternative Handlungen relevant sind, Anregung positiver und Unterdrückung leistungsbehindernder Emotionen, Bewusstmachung positiver Konsequenzen der Handlung und die gezielte Kontrolle nachteiliger Faktoren (z.B. Beseitigen von „Lockreizen“, die von der Lernarbeit ablenken könnten).

Einen anderen Ansatzpunkt bilden dysfunktionale epistemologische Überzeugungen. Diese Überzeugungen über das Wesen von Wissen und Lernen (Schommer 1993), seine Relevanz und seine Anwendungsmöglichkeiten sind entscheidend für den Wissenstransfer. Bei den meisten Lernenden herrscht die Meinung vor, dass der größte Teil des in der Schule erlernten Wissens keinen Bezug zu ihrer Alltagswelt aufweist. Beispielsweise verbinden Kinder, die gelernt haben, dass man mit Thermometern Temperatur messen kann, ihr Wissen nicht mit ihren Erfahrungen mit „heiß“ und „kalt“. Sie erwarten, dass sich durch das Zusammenschütten von zwei Tassen Wasser auch die Temperatur addiert (Strauss 1986). Die Kinder nutzen ihre Alltagserfahrungen nicht, um ihre Aufgabenlösung auf Plausibilität hin zu überprüfen, da sie eben die epistemische Überzeugung haben, dass die in der Schule gelernte Physik nichts oder nur wenig mit ihrer Alltagswelt zu tun habe. Dementsprechend hat das Wissen für sie keine Relevanz und wird nicht in effektives Handeln umgesetzt.

2.2.2 Strukturdefiziterklärungen

Im Gegensatz zu Metaprozesserklärungen sehen Strukturdefiziterklärungen das Problem im Wissen selbst angesiedelt, d.h. das Wissen ist nur in unzureichender, fehlerhafter Form vorhanden und daher nicht anwendbar. Auch bei diesen Erklärungsversuchen gibt es verschiedene Ansatzpunkte:

- Defizite im konzeptuellen Wissen
- Mangelnde Wissenskompilierung
- Wissenskompartimentalisierung

Im ersten Ansatzpunkt wird die fehlende Wissensanwendung auf Defizite im konzeptionellen Wissen zurückgeführt. Beispielsweise muss sich eine Person mit wenig Kocherfahrung in der Regel genau an ein Rezept halten. Versteht sie dabei den Sinn einzelner Maßnahmen nicht, so ist sie davon abhängig, dass ihr alle Zutaten und Materialien zur Verfügung stehen. Erst wenn sie konzeptuelles Wissen (Verständniswissen) erworben hat, d.h. die einzelnen Schritte mit Sinn und Bedeutung verbinden kann, kann sie Ersatzzutaten oder –materialien auswählen. Hatano und Inagaki (1992) benutzen diese Metapher, um die situative Gebundenheit von Wissen zu demonstrieren, wenn Defizite im konzeptuellen Wissen vorhanden sind. Wissen ist dann an den Kontext gebunden, in dem es erworben wurde. Erst wenn dieses Wissen in mentalen Simulationen mehrmals durchgespielt wird, ist ein Transfer auf andere Bereiche möglich. Diesem „Durchspielen“ von Wissen dient nach

Aebli (1983) das Durcharbeiten verschiedener Begriffe und Handlungsvariationen, um danach flexibel zur Verfügung zu stehen und transferierbar zu sein.

Die mangelnde Wissenskompilierung ist ein weiterer Ansatzpunkt der Strukturdefiziterklärungen. Wie auch der Ansatz der metakognitiven Defizite geht diese Idee davon aus, dass zuerst immer deklaratives Wissen („Wissen, dass“) vermittelt wird. Um deklaratives Wissen in effektives Handlungswissen, d.h. prozedurales Wissen umzusetzen, muss es nach Anderson (1983, 1987) drei Phasen durchlaufen. In der ersten Phase wird das deklarative Wissen durch fortwährende Problemlösevorgänge (Prozeduren) immer weiter interpretiert. Durch diesen Generalisierungsprozess vollzieht sich eine ständige Weiterentwicklung des Anwendungsbereiches des Wissens. Über anschließende Diskriminierungsprozesse wird in der zweiten Phase dieser Anwendungsbereich begrenzt und das Wissen somit kompiliert. Die letzte Phase beinhaltet die Feinabstimmung von erfolgreichen Prozeduren. Durch diesen Prozess ist Wissen auf bestimmte Anwendungsbedingungen hin konditionalisiert worden, d.h. das Wissen wird mit einer Anwendungsbedingung verknüpft gespeichert, deren Zutreffen zu einem entsprechenden Handlungswissen führt. Diese Phase wird jedoch in Schule und Hochschule nur selten erreicht. Da in diesen Institutionen der Schwerpunkt in der Regel auf dem Erwerb von deklarativem Wissen liegt und dieses auch nur überprüft wird, kann so von einem systematischen Fehler von Schule und Hochschule gesprochen werden.

Der dritte Erklärungsansatz knüpft an die Metaprozesserkärungen der dysfunktionalen, epistemologischen Überzeugungen an und geht noch einen Schritt weiter. Dieser sieht nicht nur eine Uneinigkeit über die Relevanz von Schulwissen, sondern geht auch davon aus, dass Schulwissen und Alltagswissen in getrennten Bereichen abgespeichert werden. Diese beiden Wissensbereiche werden nicht miteinander verknüpft, so dass eine Wissenskompartimentalisierung stattfindet (Mandl, Gruber, Renkl 1993). Dies führt dazu, dass häufig korrekte und inkorrekte Konzepte nebeneinander existieren und sich nicht gegenseitig aufheben. Vermitteltes richtiges Schulwissen wird daher nicht dazu genutzt, im Alltag bewährtes Wissen zu ersetzen.

2.2.3 Situiertheitserklärungen

Situiertheitserklärungen richten sich mit ihrem Erklärungsversuch gegen den traditionellen Begriff von Wissen und Wissenstransfer wie er in der kognitiven Psychologie üblich ist. Dieser Ansatz steht deshalb im Kontrast zur bisherigen kognitivistischen Forschung, da er das Wissen und seine Anwendung nicht in isolierten Testsituationen betrachtet, sondern zusätzlich aus sozio-konstruktivistischer Sicht und somit motivationale, affektive und sozio-kulturelle Variablen mit einschließt. Situierendes Lernen beschäftigt sich „ausdrücklich

mit dem individuellen Lernen in sozial bestimmten Handlungsfeldern und nicht wie die in den 80er Jahren dominierenden kognitionswissenschaftlichen Ansätze mit der Modellierung von Berechnungsprozessen in intelligenten Systemen“ (Sell 2000, S. 23).

Da der Ansatz des situierendes Lernens in der vorliegenden Arbeit eine besondere Rolle spielt, wird er im nächsten Kapitel ausführlich und gesondert dargestellt.

2.3 Situierendes Lernen als eine Methode zur Vermeidung von trägem Wissen

Unter dem Begriff des situierendes Lernens werden viele verschiedene Ansätze zusammengefasst, die sich trotz ihrer gemeinsamen Grundlage nicht durch große Einheitlichkeit auszeichnen. Vielmehr existieren eine Reihe verschiedener Erklärungsansätze. Dies ergibt sich daraus, dass diese Ansätze verschiedenen Disziplinen entstammen, beispielsweise der kognitiven Anthropologie, der ökologischen Psychologie so wie der soziokognitiven Forschung.

Gemeinsam ist allen, dass die konkrete Lernsituation bei der Wissenskonstruktion eine zentrale Rolle spielt: „Each experience with an idea – and the environment of which that idea is a part – becomes part of the meaning of that idea. The experience in which an idea is embedded is critical to the individual’s understanding of and ability to use that idea.“ (Duffy, Jonassen 1992, S.4).

Der Begriff der Situation ist nicht klar definiert, er umfasst jedoch in jedem Fall Aspekte der materiellen Umwelt sowie soziale und kulturelle Komponenten (Law 1994). Dies beinhaltet auch die Interaktionen mit anderen am Lernprozess Beteiligten.

Eine Konsequenz aus der genannten Forderung ist, dass Lernen nicht mehr generell als Transport eines abstrakten Wissensbestandes aufgefasst, sondern die Untrennbarkeit von Wissenserwerb, Wissen und Anwendung betont wird. Bezogen auf Unterricht wird vor allem die traditionelle Lehrform des Frontalunterrichts kritisiert, der oft wenig mit der realistischen Problemlösesituation zu tun hat. Im Gegensatz zu realen Anwendungskontexten werden hier Problemlösungen oft lediglich auf abstraktem Niveau „besprochen“ und Teamarbeit ist untypisch. Dagegen wird beim situierendes Lernen für Lehr-/Lernsituationen die Forderung erhoben, sich sowohl äußerlich, als auch in der Form der sozialen Interaktion möglichst nah an tatsächlichen Anwendungen zu orientieren (Mandl, Gruber, Renkl 1997).

Fasst man die verschiedenen Ansätze situierendes Lernens zusammen, lassen sich konkrete Anforderungen für die Gestaltung von Lernsituationen ableiten (Gruber 1999), die nach Möglichkeit alle erfüllt werden sollen (vgl. Hartinger et al. 2005):

- Komplexe Ausgangsprobleme
- Authentizität der Lernumgebung

- Konkrete Anwendungskontexte
- Multiple Kontexte und Perspektiven
- Sozialer Kontext
- Artikulation und Reflexion

Die genannten Anforderungen werden im Folgenden näher beschrieben (nach Reinmann-Rothmeier, Mandl, Prenzel 1994 und Mandl, Gruber, Renkl 1997):

2.3.1 Komplexe Ausgangsprobleme

Als Ausgangspunkt des Lernprozesses sollte ein interessantes komplexes und intrinsisch motivierendes Problem gewählt werden. Dieses wird im Idealfall vom Lernenden als Herausforderung angesehen, eine oder mehrere Lösungen zu finden, für die entsprechend auch ein Gefühl von „ownership“ entwickelt wird. Solch ein Ausgangsproblem kann beispielsweise ein komplizierter Entscheidungsfall, eine Gestaltungs- oder Beurteilungsaufgabe sein. Ein Bezug zum Erfahrungsbereich des Lernenden sollte vorliegen, gleichzeitig jedoch ein hinreichender Neuigkeitswert sein. Auf diese Weise soll die Aneignung von Wissen durch das „Lösen-Wollen“ des Problems motiviert werden, und die Lösung eines konkreten Problems die Zielvorstellung „gute Note in der Prüfung/Klassenarbeit“ ersetzen oder zumindest ergänzen.

2.3.2 Authentizität der Lernumgebung

Innerhalb der Lernumgebung soll der Umgang mit hinreichend komplexen realen Situationen ermöglicht werden, so dass die Lernenden „zusammen mit dem Wissen auch die Anwendungsbedingungen dieses Wissens erwerben“ können (Reinmann-Rothmeier et al. 1994, S.46). Das bedeutet weiterhin, dass auf die sonst übliche wesentliche Vereinfachung und Reduzierung der Komplexität verzichtet wird. Authentizität wird als ein wichtiges Mittel angesehen, um Transfer zu sichern: „Authentic learning environments present students with meaningful activities that lead to far transfer: defining problems, identifying resources, setting priorities, addressing subsets of the problem, exploring different approaches to problems, and generating a variety of appropriate solutions.“ (Kommers, Grabinger, Dunlap 1996, S. 229). Authentizität ist kein absolutes Kriterium. Eine Aktivität ist authentisch im Vergleich zu einer anderen, wenn sie deren wesentliche Merkmale wiedergibt. „Within the educational framework, the authenticity of the learning activity refers to the activity of the learner in the learning environment relative to the environment in which the learning will be used.“ (Honebein, Duffy, Fishman 1991, S. 89).

2.3.3 Konkrete Anwendungskontexte

Im Gegensatz zur Forderung der Authentizität müssen situierte, konkrete Kontexte nicht unbedingt die komplexe Realität widerspiegeln. Die Probleme und das zu erwerbende Wissen werden jedoch in einen größeren, konkreten Kontext eingebettet, wodurch auch die Komplexität steigt. Typisches Beispiel ist die Darstellung einer konkreten Problemsituation, die die Lernenden dazu motiviert, neue Kompetenzen zu erwerben. Dieses problemorientierte Lernen fördert damit die Bereitschaft und Fähigkeit zum selbstgesteuerten Lernen (Straka 2000), das heute als eine Art Schlüsselqualifikation immer wichtiger wird (Krapp und Weidenmann 1999). Da jede Art von Lernen Eigenaktivität erfordert, ist effektives Lernen ohne Selbststeuerung nicht möglich (Weinert 1982). Die Schaffung von situierten, konkreten und problemorientierten Lernumgebungen bildet so eine wichtige Grundlage.

2.3.4 Multiple Kontexte und Perspektiven

Die Darstellung multipler Anwendungskontexte von dem erworbenen Wissen ist wichtig, um die Dekontextualisierung und den Transfer auf andere Situationen zu fördern: „... one might suppose that studying material in a number of different contexts ... would be advantageous, since at least one of the study contexts would be likely to match with the context of use.“ (Hammond 1993, S. 61).

Multiple Perspektiven (z.B. aus dem Blickwinkel verschiedener Personen oder verschiedener theoretischer Ansätze) dienen der Förderung der kritischen Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt. Die besondere Bedeutung multipler Perspektiven betonen vor allem Spiro et al. (1992, S. 122): „Single perspectives are not false, they are inadequate.“

Beide Konzepte erlauben die Betrachtung einer Situation unter verschiedenen Aspekten. Typisch für fortgeschrittenes Wissen und Expertenwissen ist gerade die Fähigkeit, einen Sachverhalt von verschiedenen Seiten zu betrachten und zu bewerten. Dazu zählt auch, diesen zu anderen Sachverhalten und Konzepten in Beziehung zu setzen und ihn in verschiedenen – auch zunächst unbekanntem – Kontexten anwenden zu können.

Im Idealfall sollten die Kontexte auch eine Bedeutung für den individuellen Lerner haben und etwas mit seinem speziellen Erfahrungsbereich zu tun haben, z.B. Mathematik für Physiker in physikalischen Kontexten. Wird dies nicht berücksichtigt, kann ein präsentierter Anwendungskontext zwar realistisch, aber für den Lernenden trotzdem bedeutungslos sein: „Learners are required to acquire facts and rules that have no direct relevance or meaning to them, because they are not related to anything the learner is interested in or needs to know.“ (Jonassen, Mayes, McAleese 1991, S. 235).

Dies bedeutet zugleich, dass um so mehr bzw. unterschiedlichere Kontexte berücksichtigt werden müssen, je heterogener die Lerngruppe ist.

2.3.5 Sozialer Kontext

Die Beziehungen der Lernenden untereinander und zu Lehrern sind ein wesentlicher Bestandteil der Lernsituation. Die Lernsituation soll das gemeinschaftliche Erarbeiten und Anwenden von Lösungsverfahren im sozialen Austausch fördern. Dies betrifft einerseits die Kommunikation der Lernenden untereinander und andererseits das Hineinwachsen in eine „community of practice“. Damit der Transfer von einer Lernsituation in die Expertengemeinde stattfinden kann, ist vor allem der Erwerb der in dieser Gruppe gültigen Denkweisen und Problemlösemechanismen notwendig, der sich aus dem Umgang mit Experten entwickelt. Als Experten können beispielsweise Facharbeiter eines Kohlekraftwerkes oder anderer Institutionen dienen, die in die Schule eingeladen oder die vor Ort um Rat gefragt werden können.

2.3.6 Artikulation und Reflexion

„Artikulation bedeutet, Wissensinhalte zu äußern, also in irgendeiner Form nach außen zu tragen, in der Regel über die Sprache.“ (Reinmann-Rothmeier, Mandl, Prenzel 1994, S. 53). Die Artikulation von Konstruktionsprozessen fördert einerseits die Bildung multipler Kontexte und Perspektiven im sozialen Austausch, da die eigene Sichtweise vorgetragen und mit anderen verglichen wird. Andererseits unterstützt sie damit auch den Prozess der Metakognition, d.h. das Nachdenken über die eigenen Denkprozesse: „Knowing how we know is the ultimate human accomplishment.“ (Knuth, Cunningham 1991, S. 174). Durch diese Reflexion ist der Lernende besser in der Lage, Wissen über die unmittelbare Situation hinaus zu strukturieren und sich allgemeine Problemlösestrategien anzueignen bzw. diese zu verfeinern. Lernsituationen sollen so gestaltet sein, dass sie die Artikulation und Reflexion der Problemlöseprozesse unterstützen.

Diese Anforderungen an den Lehr- Lernprozess beeinflussen sich in vieler Hinsicht gegenseitig. So fördert Lernen im sozialen Austausch die Entwicklung multipler Perspektiven ebenso wie die Artikulation und die Reflexion.

Wird Unterricht entsprechend gestaltet, erhöht sich bei den Lernenden die Fähigkeit, das erworbene Wissen auch außerhalb der einführenden Lernsituation zu verwenden und in anderen Zusammenhängen einzusetzen.

Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, ist der Unterricht an außerschulischen Lernorten. Das Prinzip der Authentizität ist hier „quasi von Natur aus“ gewährleistet. Die Lernumgebung beinhaltet neben der stets vorhandenen materiellen auch eine soziale Dimension. Soziales Lernen erfolgt in der Lerngruppe sowie evt. mit außerschulischen Experten. Somit werden sowohl die affektiven als auch die kognitiven Intentionen gefördert:

- Aufbau und Ausbau der sozialen Kontakte der Mitglieder untereinander
- Kennenlernen und Achten fremder Meinungen
- Aufbau einer multiplen Betrachtungsweise
- Entwickeln gemeinsamer Problemlösestrategien

Unterricht an außerschulischen Lernorten ist damit eine Möglichkeit, träges Wissen und mangelnden Transfer zu vermeiden.

3. Außerschulische Lernorte und situiertes Lernen

Im Zusammenhang mit Unterricht an außerschulischen Lernorten wird in der einschlägigen Literatur keine einheitliche Terminologie verwendet. Die Begriffe außerschulische Lernorte, Unterricht außerhalb des Schulgebäudes (Killermann 1995, Eschenhagen, 1998), Exkursion, Freilandunterricht, werden von verschiedenen Autoren gleichbedeutend benutzt. In Anlehnung an Killermann und Staeck (1990) wird in der vorliegenden Arbeit der Begriff Lernen an außerschulischen Lernorten verwendet. Dies bezeichnet jede Lernsituation, „die nicht im Schulgebäude¹ gegeben ist, die aber in Verbindung mit dem Unterricht steht und die durch unmittelbare Begegnung mit einem Objekt oder einem Phänomen zu Wahrnehmungen und Beobachtungen, zu Fragen und Antworten, zu Bewertungen und Handlungen führt“ (S.164).

3.1 Geschichtlicher Exkurs

Unterricht außerhalb des Klassenzimmers ist keine Erfindung unserer Zeit. Die Forderung nach naturwissenschaftlichem Unterricht außerhalb des Schulgebäudes gehört mit zu den ältesten Forderungen, welche die Didaktik und Methodik an die Fächer Biologie, Chemie, Physik stellten und immer noch stellen. Im Folgenden wird ein kurzer, stichpunktartiger Überblick über die Geschichte des Unterrichts an außerschulischen Lernorten gegeben. Während bis zu Beginn des 17. Jahrhunderts das Kennenlernen der Umwelt im Vordergrund stand, ändert sich dieses Ziel, vor allem initiiert durch Comenius, in den nächsten Jahren.

Tab. 3.1: Unterricht an außerschulischen Lernorten bis zum Ende des 19.Jhd.

Comenius, J.A. (1592 – 1671)	Für ihn dient die sinnlich erfahrbare Welt durch Originalbegegnung als Ausgangspunkt allen Lernens. Wissen kann sich nur an den wirklich gegebenen Dingen entwickeln. Er fordert die Einführung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Didactica Magna, 1632).
Francke, A.H. (1663 – 1727)	Er führt regelmäßigen naturwissenschaftlichen Unterricht ein und regt an, die Schüler im Sommer am Mittwoch und am Samstag in die Natur zu führen.
Salzmann, C.G. (1744 – 1811)	Er fordert die „Originalbegegnung während des Freilandunterrichts“.
Pestalozzi, J.H. (1746 – 1827)	Nach seiner Auffassung bringt die Schule dem Menschen das Urteil in den Kopf, ehe er die Sache sieht und kennt.
Lüben, A. (1804 – 1873)	In seinen „Grundsätzen für den Unterricht in der Naturgeschichte“ fordert er: Natur muss zuerst in der Heimat, erst später in fernen Ländern erkundet werden – Beginne mit den Naturkörpern, welche Kinder am leichtesten erfassen – Schüler sollen Naturkörper mit ihren eigenen Augen betrachten, beschreiben und zuordnen – Schüler sollen befähigt werden, Naturkörper selbst zu untersuchen.“

¹ Das Schulgebäude umfasst bei Killermann die Unterrichtsraume, das Sekretariat, das Lehrerzimmer usw., nicht aber z.B. die versorgungstechnischen Räume wie Heizungskeller oder Kiosk.

Junge, F. (1885)	Für ihn ist genaues Beobachten die Grundlage jeden naturgeschichtlichen (heute: naturwissenschaftlichen) Unterrichts. Deshalb muss Unterricht in der freien Natur erfolgen.
Richter, E. (1895)	Er betont die Notwendigkeit von Unterricht an außerschulischen Lernorten, um den Schülern einen Gesamteindruck am natürlichen Standort von den Beziehungen der Lebewesen zueinander und zur Umwelt zu vermitteln. Nur die Umwelt selber kann das Gefühl selber ansprechen. Je Schuljahr sollen vier Unterrichtsgänge mit entsprechenden Arbeitsaufträgen stattfinden.
Schmeil, O. (1886)	Seine Schrift „Über die Reformbestrebungen auf dem Gebiet des naturgeschichtlichen Unterrichts“ (1886) wird zur Grundlage einer neuen naturwissenschaftlichen Methodik. „Nur durch fleißiges Beobachten, durch Selbstanschauen und Selbstuntersuchen ist es möglich, den schlimmsten Feind allen geistbildenden Unterrichts aus der Schule zu verbannen: den Verbalismus“.

Das Schätzen und Schützen der Umwelt nach dem Motto: Man schützt nur, was man kennt, hat in den folgenden Jahrzehnten Vorrang. Im Lehrplan für die Naturgeschichte heißt es dazu in den „Bestimmungen über die Neuordnung des Mittelschulwesens in Preußen, 3. Februar 1910: Wo es die Verhältnisse irgend möglich machen, ist der Schüler anzuleiten, mit der umgebenden Natur zu leben und sie zu schützen. Aufenthalt im Freien und Ausflüge des Lehrers mit den Schülern bieten die beste Gelegenheit für die Anleitung dazu.“ (vgl. Hampl 2000).

Tab. 3.2: Unterricht an außerschulischen Lernorten bis nach der Jahrhundertwende

Rude, A. (1911)	Er stellt die Schwächen des Klassenzimmerunterrichts insbesondere im Fach Biologie sehr eindrucksvoll dar: die Schüler lernen die Tiere in der Schule nur an ausgestopften, in Spiritus gesetzten, an aufgespießten und abgebildeten Objekten kennen. Pflanzen werden zwar im Unterricht eingesetzt, aber nur in Form von Herbarien. Auf diese Weise kann sich kein Umweltschutzgedanke entwickeln.
Schmitt, C. (1920)	Naturwissenschaftliches Arbeiten im Freien gilt als wichtiges Prinzip, um Natur- und Heimatliebe zu erzielen. Sein Bestreben ist es, die Schüler zum Sehen, Hören, Beobachten und elementaren Forschen anzuregen, um das Schöne in der Natur zu verstehen, es zu schätzen und zu achten..
Gruppe, Heinrich (1921)	In seiner Schrift „Natur und Umwelt“ betont er, dass im Mittelpunkt des naturgeschichtlichen Unterrichts das Leben stehen muss.
Genschel, R. (1951)	Er setzt die durch den zweiten Weltkrieg unterbrochene Entwicklung fort und betont, dass an einer Klasse, die fast niemals im Laufe ihrer Schulzeit Naturkunde im Freien getrieben hat, eine unverzeihliche Unterlassungssünde begangen worden ist.
Siedentop, W. (1964)	In seiner „Didaktik des Biologieunterrichts“ (1964) widmet er sich ganz besonders dem Unterricht an außerschulischen Lernorten. Hier erleben die Schüler die Vernetztheit aller Lebewesen untereinander, aber auch mit der Umwelt. Sie erfahren, welche Verantwortung der Mensch für die Umwelt hat und wie sich sein Eingreifen auswirkt. Zudem hebt er den sozialen Aspekt hervor, der durch Unterricht an außerschulischen Lernorten ganz besonders gefördert wird.
Gruppe, H. (1977)	Er ist einer der wenigen Didaktiker seiner Zeit, die betonen, dass der erhöhte unterrichtliche und erzieherische Wert jederzeit die Mühe und die Zeit rechtfertigen, die man für Unterricht an außerschulischen Lernorten aufwenden muss.

Mit Beginn der achtziger Jahre mehren sich die Bestrebungen, Unterricht wieder an außerschulischen Lernorten zu halten. Neben der Förderung der sozialen Fähigkeiten der Schüler haben die Entwicklung eines „Umweltgewissens“ des einzelnen und der damit verbundene Umweltschutz Priorität.

Tab. 3.3: Unterricht an außerschulischen Lernorten seit den achtziger Jahren

Winkel, G. (1982)	Er betont besonders den erzieherischen Aspekt des Unterrichts an außerschulischen Lernorten, insbesondere im Hinblick auf beobachtbare Defizite in der Persönlichkeitsentwicklung der Jugendlichen.
Hedewig, R. (1982)	Er hebt den Umweltgedanken ganz besonders hervor und nennt die Entwicklung eines „Umweltgewissens“ als eines der wichtigsten Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Dies kann nur an der und mit der Natur selber entwickelt werden. Unterricht an außerschulischen Lernorten erschließt durch seine Komplexität kognitive und affektive Inhalte und koppelt sie aneinander.
Pfligersdorffer, G. (1988)	Er sieht in der originalen Begegnung während des Unterrichts an außerschulischen Lernorten den Beginn jeglicher Methodik. „Der Schüler setzt sich mit dem Lernobjekt auseinander, untersucht und beobachtet, da ihm der Gegenstand selbst Fragen und Probleme aufgibt. Aus diesem Lernvorgang ergeben sich zwei wichtige Gesichtspunkte, nämlich der der sensuellen Erfahrung und der der Authentizität.“ (Pfligersdorffer 1988, S. 35)

3.2. Die Notwendigkeit einer Öffnung von Schule in der heutigen Zeit

Ein Wandel, der „Kindheit und Jugend schneller verändert [hat], als die Erziehungswissenschaft beschreiben und erklären konnte“ (Struck 1994, S.11), lässt sich in verschiedenen Bereichen der gegenwärtigen Kindheit und Jugend feststellen.

Zum einen betrifft es das Erleben und Erlernen sozialer Kontakte bzw. sozialen Rollenverhaltens aufgrund einer Änderung von Familienkonstellationen, z.B. hohe Scheidungsraten, steigende Zahl von Alleinerziehenden. Dies erschwert nach Stock (1988) eine sichere Lebensorientierung, da bisherige kulturelle Traditionen und Wertvorstellungen sich verändert haben.

Zum anderen wird der Medieneinfluss zunehmend größer. Ersatz für Eltern und Freizeitpartner sind der Computer, das Fernsehen und eher technische Spielwaren wie z.B. die Playstation. Insgesamt ist damit eine hohe Konsumorientierung verbunden, da auch das eingesetzte Spielzeug in der Regel ein Fertigprodukt ist. Kreativität und ein selbstbestimmter Umgang mit Medien als auch das Erschließen neuer Aktivitäten mit Forschungsdrang und Neugierde werden größtenteils verhindert.

Neben diesen beiden großen Einfluss nehmenden gesellschaftlichen Veränderungen wirken zusätzlich eine multikulturelle Gesellschaftsstruktur, steigende Arbeitslosigkeit und eine zunehmende Gewaltbereitschaft auf die Kinder und Jugendlichen ein (vgl. von Hentig, 1993).

„Primärerfahrungen durch die originale Begegnung“ (John 1999) werden daher zunehmend geringer, da nur wenige Schülerinnen und Schüler noch einen unmittelbaren Zugang zu ihrer Umwelt, z.B. zu einem Bach oder einem Wald, haben. An die Stelle dieser direkten Erfahrungen treten immer stärker Erfahrungen aus zweiter Hand, die vor allem durch die Medien Fernsehen und Computer vermittelt werden (vgl. Bönsch 2000). Von Hentig (1993) bezeichnet diese sekundären Erfahrungen auch als „Wirklichkeit aus zweiter Hand“ und beklagt den damit einhergehenden Verlust von Urteilsfähigkeit und von der Fähigkeit, „für etwas einzustehen“ (von Hentig 1993, S.28).

Die genannten Veränderungen der Kindheit und Jugend wirken sich auf die Schule aus. Konnte sie lange Zeit eine Art Ergänzungsfunktion zu dem Leben außerhalb der Schule wahrnehmen, entsteht nun das Problem, dass sie mehr und mehr Ersatzfunktionen übernehmen soll. Die Institution Schule muss daher die wachsende Diskrepanz zwischen Schul- und Lebenswelt erkennen und die Schulwelt neu durchdenken und gestalten, weil „die nur auf enge Unterrichtsarbeit ausgerichtete Schule nicht in der Lage ist, jene Vielfalt von Erfahrungen zu vermitteln, die mehr denn je heute Aufgabe von Pädagogik sein muss“ (Stichmann 1996). Die so verstandene Öffnung von Schule ist eine wichtige und dringende Antwort auf die Veränderung der genannten Lebensbedingungen. Herz (1989) betont nachdrücklich, dass man vor den gegenwärtigen und zukünftigen Herausforderungen nicht bestehen kann, ohne dass sich die Schule auf die veränderten Lebensbedingungen von Kindern, Jugendlichen, Eltern so wie der Umwelt insgesamt einlässt. Die Öffnung von Schule und Unterricht kann in zwei Richtungen erfolgen: Die Öffnung nach innen erfolgt durch Verzicht auf eine enge Fachbezogenheit und ein starres Stundenschema. Sie wird im offenen Unterricht, Projekt- oder Wochenplanarbeit realisiert. Eine Öffnung nach außen meint, Lehr-/Lernprozesse außerhalb der Unterrichtsräume und des Schulgebäudes zu organisieren, aus der Schule herauszugehen und die Welt „draußen“ als Erlebnis-, Erfahrungs- und Lerngegenstand zu nutzen (Stichmann 1996), also das Lernen an außerschulischen Lernorten.

3.3 Die Bedeutung außerschulischer Lernorte für Erziehung und Unterricht

Wie oben bereits erwähnt, spricht eine Reihe von Gründen für die Bedeutung, die außerschulische Lernorte für die Erziehung und den Unterricht haben. In Schwerpunkten zusammengefasst lassen sich folgende Argumente nennen:

Umwelterziehung

Nach dem KMK-Beschluss (Kultus-Minister-Konferenz) zur Umwelterziehung gehört es zu den Aufgaben der Schule, „...bei jungen Menschen Bewusstsein für Umweltfragen zu erzeugen, die Bereitschaft für den verantwortlichen Umgang mit der Natur zu fördern und

zu einem umweltbewussten Verhalten zu erziehen, das über die Schulzeit hinaus wirksam bleibt.“ (Pohle 1990, S.18). Dies kann nach Huber (1991) nur durch die Wahl von Methoden gelingen, die bei Schülern Betroffenheit auslösen. Eine dieser Methoden ist die originale Begegnung, wie sie an außerschulischen Lernorten zu finden ist. Das direkte Erleben von Umweltgefährdung und -verschmutzung vermittelt die erforderliche Betroffenheit und stärkt auch die Bereitschaft der Schüler zu verantwortlichem Handeln (vgl. Einbeck, Roos 1984). Eine weitere Forderung der KMK ist die Schüleraktivität. Das „Begreifen“ ist gerade auch in der Umwelterziehung wörtlich zu nehmen und entspricht dem Lernen an außerschulischen Lernorten. Daneben bedarf es der Reflexion des eigenen Handelns, denn umweltbewusstes Verhalten setzt das Mitbedenken der möglichen Folgen voraus. Hierin wird die ethische Komponente als weiteres elementares Prinzip der Umwelterziehung sichtbar. Dies ist ebenfalls an außerschulischen Lernorten realisierbar.

Neben den Empfehlungen der KMK wurden bereits 1977 in einem UNESCO-Bericht Initiativen zu außerschulischen Lernorten für Länder außerhalb Europas und den Vereinigten Staaten ausgewiesen (vgl. Goudswaard 1977).

Zusammenfassend ist also davon auszugehen, dass Lernen außerhalb des Klassenraums, sei es in der Umwelt selbst oder an pädagogisch gestalteten Lernorten, als zentrale Methode der Umwelterziehung anerkannt ist (Bolscho 1986).

Lernen an der Wirklichkeit

Die Schüler haben an außerschulischen Lernorten Anschauungs- und Lernmöglichkeiten, die eine sinnvolle, mannigfaltige Ergänzung und Bereicherung der gesamten schulischen Arbeit bieten: „Eine andere, wirksame Möglichkeit, das schulische Leben mit dem „Leben“, d.h. mit der Wirklichkeit zu konfrontieren, liegt darin, dass die Schule ihre eigenen, im Grunde genommen immer engen Räume öffnet und Schüler und Lehrer als Lernende in die Wirklichkeit schickt. Dann erst begegnen Schüler und Lehrer der menschlichen Mitwelt und der sachlichen Umwelt unmittelbar, nicht in einer für didaktische Ziele geschaffenen Auswahl, sondern in der vorgegebenen Realität und in jener Aktualität, die auch mit Zufällen rechnet.“ (Koop 1975, S. 1). Die Kluft zwischen schulischer und außerschulischer Welt kann dadurch geringer werden.

Die zahlreichen Möglichkeiten originaler Begegnung gewähren einen Informationszuwachs, der im schulischen Unterricht so nicht möglich ist. Der Schüler wird am Lernobjekt tätig, er befasst sich damit nicht nur rein kognitiv. Dieser Aspekt der authentischen und konkreten Lernsituation ist auch eine Forderung des situierten Lernens, vgl. Kapitel 2. Nach Stock (1988) wird diese konsequente, durch Erleben fest verankerte Sachbezogenheit und Wirklichkeitsnähe gestützt und das kindliche Denkvermögen gefördert. Der Schüler lernt, auf der Grundlage dieser Anschauungen und Erfahrungen schrittweise, die Wirklichkeit sachlich und zugleich staunend zu verstehen und weiter zu befragen. Fachbezogene und fachübergreifende Aktivitäten dienen diesem Anliegen. Damit ist auch die Einübung

fachrelevanter Arbeitsweisen verbunden. Dies unterstützt auch angemessenes Sozialverhalten und den Aufbau von Sekundärtugenden wie z.B. Sorgfalt, Ausdauer und Gründlichkeit.

Hilfe für soziales Lernen

Beim Unterrichtsgang wird die Sozialstruktur einer Schulklasse offenkundig: „Die Zuordnungen und Aggressionen, die Dominanz- und Unterordnungsverhältnisse, Konflikt und Isolierung, Identität oder Diskrepanz mit angenommenen Rollen ... Damit werden aber für Erkenntnis und Einübung sozialen Verhaltens Chancen frei, die in Schulzimmer oder Schulhaus mehr oder minder latent bleiben, manchmal sogar eher Störungen auslösen statt eine Erziehung zu Solidarität und Mitverantwortung, zu Initiative und Hilfsbereitschaft, zu Toleranz und Verständnisbereitschaft zu fundieren“ (Koop 1975, S.1). Der integrierende Einfluss auf vorhandene Gruppenstrukturen und Außenseiterrollen kann durch das Lernen an außerschulischen Lernorten positiv genutzt werden. Für soziale Kompetenzen bietet sich ein weites Bewährungs- und Übungsfeld und so mancher „lernschwache“ Schüler findet infolge seines qualifizierten und kameradschaftlichen Verhaltens endlich im Kreise seiner Mitschüler die notwendige Anerkennung und Bestätigung und somit Mut zur Bewältigung neuer Anforderungen (Stock 1988). Damit entspricht dieser Aspekt der sozialen Dimension des situierten Lernens, nach der der Aufbau und Ausbau sozialer Kontakte eine wichtige Anforderung darstellt. Die Gesprächsbereitschaft aller Beteiligten wird gefördert. Es müssen Absprachen über Zeitabläufe, Formen der Zusammenarbeit, über das Verhalten in der Öffentlichkeit getroffen werden, die in der Regel von den Schülern auch eingehalten werden. Das erfordert Selbstbeschränkung, Verantwortungsbereitschaft und gemeinschaftliches Handeln.

3.4 Konzept des Unterrichts an außerschulischen Lernorten

Wie in dem geschichtlichen Exkurs gezeigt, ist es ein Ziel von Unterricht an außerschulischen Lernorten, die Schüler an die realen Objekte heranzuführen, sich mit ihnen auseinanderzusetzen und so an und von ihnen zu lernen. Ausgehend von dieser Zielvorstellung entwickelte Pfligersdorffer (1988) ein Konzept zur Durchführung von Unterricht an außerschulischen Lernorten (s.o.), das in allen naturwissenschaftlichen Fächern eingesetzt werden kann. Dieses basiert auf vier Charakteristika (Abb.3.1).

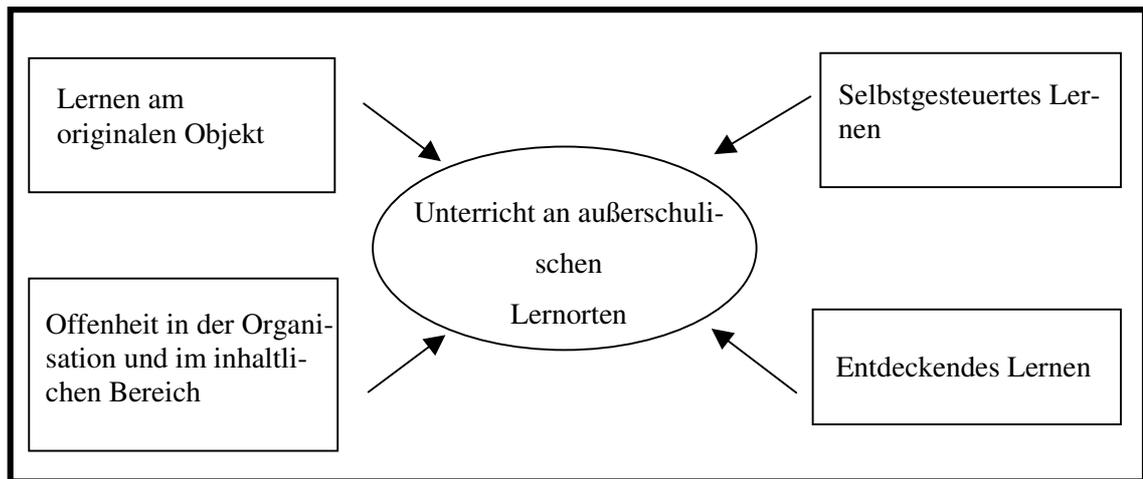


Abb. 3.1: Charakteristika des Unterrichts an außerschulischen Lernorten

Auch Pfligersdorffer betont die Bedeutung des häufig erwähnten Lernens am originalen Objekt, da die Lernenden den realen Lerngegenstand selbst entdecken und Fragen dazu entwickeln. Die Lerninhalte am außerschulischen Lernort werden also nicht von der Lehrperson verbal oder medial vorgegeben, und es sind nicht Informationen aus zweiter Hand (Eschenhagen 1998, Winkel 1986). Durch die Begegnung mit dem realen Objekt wird zusätzlich der Bereich der sensuellen Erfahrungen angesprochen. Schülerinnen und Schüler erleben den Lerngegenstand durch Betasten, Beriechen, Hören und erhalten dadurch einen umfassenden Sinneseindruck, der durch eine verbale mediale Vermittlung nicht möglich ist. Dies führt zu einer breiteren Repräsentation des Lerngegenstandes und zu einem für die Lernenden bedeutsameren Lernanlass. In der direkten Begegnung erhält der Lernende zudem die Möglichkeit, bestimmte Sachverhalte und Wissensinhalte selbst zu erarbeiten.

Das selbstgesteuerte Lernen als zweites Charakteristikum ist durch ein hohes Maß an Schüleraktivität charakterisiert. Der Lehrer hat die Aufgabe, geeignete Lernsituationen zu schaffen, in denen die Schüler weitgehend eigenständig agieren (Pfligersdorffer 1988) und selbst über möglichst viele Steuerungselemente ihres Lernens entscheiden können. Der Lehrer selbst zieht sich so weit wie möglich aus dem Lernprozess zurück und wird vor allem beratend tätig, wenn der Lernprozess ins Stocken gerät. Im Zusammenhang mit Lehr-/Lernprozessen unterscheidet Weinert (1982) im Allgemeinen vier Komponenten:

- Inhalt
- Methode
- Zeitrahmen
- Beurteilung der eigenen Arbeit

Die inhaltliche Komponente wird im groben Rahmen - etwa die Bestimmung des außerschulischen Lernortes - meist vom Lehrer vorgegeben. Im Detail jedoch öffnen sich für die Lernenden Möglichkeiten im Klassen- oder Gruppengespräch, Frage- und Problemstellungen, Lösungswege, Beobachtungsaufgaben sowie das Ausarbeiten von diversen Aufgaben herauszuarbeiten und zu präzisieren. Die Wahl der Methode wird innerhalb einer Lerngruppe entschieden. Voraussetzung ist, dass methodische und sachangemessene Arbeits-

techniken bekannt sind, anderenfalls werden die Lernenden überfordert oder sogar demotiviert. Die Wahl des zeitlichen Rahmens ist in der Regel durch die Dauer der Schulstunden begrenzt. Innerhalb dieses Rahmens ist es den Lernenden selbst überlassen, wie lange sie sich mit dem Lerngegenstand auseinandersetzen. In engem Zusammenhang damit steht auch die Beurteilung der eigenen Arbeit. Die Lernenden müssen in einem ersten Schritt selbst beurteilen, ob die gewonnenen Ergebnisse sinnvoll sind, die Fragestellungen ausreichend beantwortet sind, die ausgewählten Methoden zu einem Erfolg geführt haben, kurz: der Lernprozess abgeschlossen werden kann.

Dem Lehrenden kommt hier die schwierige Aufgabe zu, eine Balance zwischen Führen und Wachsenlassen zu realisieren, d.h. Aufgaben und Hilfestellungen einerseits vorzugeben und andererseits die Kreativität und Aktivität der Lernenden nicht zu beeinträchtigen.

Das entdeckende oder problemlösende Lernen ist nicht durch die „Trial and Error“-Methode gekennzeichnet, sondern ist ein induktiver vom Lernenden gesteuerter Prozess. Hierbei wird das Vorwissen eingesetzt, um in einem ersten Schritt Hypothesen zur Problemlösung zu generieren. Durch planvoll durchgeführte Experimente werden diese empirisch verifiziert oder falsifiziert. Sinnvolles entdeckendes Lernen kann aber nur dann stattfinden, wenn die Schüler für diesen Lernprozess vorbereitet sind. Nach Ausubel hat der Lehrer die Aufgabe, mit den Lernenden die zur Lösung des Problems notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten in allgemeiner Form zu erarbeiten (Ausubel 1981). Dies ist besonders wichtig, damit Schüler beim Lernen an außerschulischen Orten nicht in eine passive Rolle gedrängt werden und Besonderheiten vom Lehrer vorweggenommen und Zusammenhänge erklärt werden, bevor sie interessant oder zu einer Fragestellung geworden sind (Pfligersdorffer 1988).

Nicht zuletzt zeichnet sich Lernen an außerschulischen Lernorten durch Offenheit aus, die schon von Wagner (1978) in die Dimension der Organisation und des inhaltlichen Bereichs unterteilt wird. Die Offenheit in der Organisation ist zum einen dadurch gegeben, dass die im Klassenraum übliche Sitzordnung entfällt und die Schüler sich in Gruppen zusammenfinden. Auf diese Weise können neue soziale Kontakte der Schüler untereinander und zur jeweiligen Lehrperson entstehen. Wenn der Lehrer durch einen Fachmann vor Ort ersetzt wird, tritt jener in eine den Schülern ähnliche Situation, wird selbst zum Lernenden und nähert sich auf diese Weise den Schülern, wie es im Klassenraum nicht möglich ist. Neben der sozialen Komponente ist Unterricht an außerschulischen Orten durch eine weniger strenge räumliche und zeitliche Begrenzung charakterisiert. „Es fehlt letztlich eine Schulglocke, die jeden Lernprozess unwillkürlich beendet“ (Pfligersdorffer 1988, S.37). Offenheit im inhaltlichen Bereich meint, dass die Lernenden nicht nur den Lerngegenstand betrachten, sondern z.B. bei einer Führung durch ein Wasserwerk auf Lichtspiele an der Wasseroberfläche aufmerksam werden oder bei Bodenuntersuchungen auch verschiedene Tiere beobachten.

Lernen an außerschulischen Lernorten meint also, dass Phänomene der Umwelt zu Fragestellungen anregen. Diese sollen durch selbstständiges und entdeckendes Lernen beantwortet werden (Pfligersdorffer 1988). Der Begriff Umwelt umfasst nach Storm sowohl die Umweltelemente Boden, Wasser, Luft, Pflanzenwelt, Tierwelt als auch die Beziehungen dieser Umweltelemente untereinander und zum Menschen (Stachelscheid 1997).

3.4.1 Formen außerschulischer Lernorte

Für das Aufsuchen außerschulischer Lernorte existieren verschiedene, aber nicht einheitlich verwendete Begriffe. Eine Klassifikation der unterschiedlichen außerschulischen Lernorte kann nach den folgenden Gesichtspunkten erfolgen:

- Verweildauer am außerschulischen Lernort
- Art des Kontaktes mit dem außerschulischen Lernort
- Nähe zum Schulgebäude zum außerschulischen Lernort

Nach der Dauer am außerschulischen Lernort unterscheidet man drei Formen (vgl. Stock 1988):

- der Unterrichts- oder Informationsgang dauert bis zu einem halben Schultag, hier wird eine eng eingegrenzte Problemstellung auf dem Schulgelände oder in der näheren Umgebung der Schule bearbeitet;
- die Lehr- und Tageswanderung bzw. Exkursion umfasst einen Zeitraum von einem halben bis zu einem ganzen Schultag und ermöglicht umfangreichere Untersuchungen zu einem bestimmten Problemkreis, das Ziel kann wiederum die schulnahe Umgebung, aber auch ein weiter entfernter Ort sein, z. B. ein Umweltzentrum;
- die Lehr- oder Studienfahrt bzw. Mehrfahrtenexkursion wird über mehrere Tage durchgeführt. Komplexe Problembereiche können fächerübergreifend bearbeitet werden, z.B. während eines Aufenthaltes in einem Schullandheim.

Neben dieser zeitlichen Einteilung unterscheiden Burk, Claussen (1980) außerschulische Lernorte nach der Art des Kontaktes.

Der einmalige Besuch bzw. das „Herumstreifen“ als lose Kontaktform, z.B. in einem Wald, zeichnet sich dadurch aus, dass Schüler mit willkürlicher Aufmerksamkeit einen ersten Eindruck erhalten. Alles für den individuellen Schüler Auffällige und Unbekannte wird registriert, beobachtet, gesammelt und dokumentiert.

Die intensive Erkundung bzw. der gebundene Unterrichtsgang (Exkursion) stellt eine weitere Kontaktform dar. Gemäß den Anforderungen des Lehrplans werden hier die Schüler mit einer Aufgabenstellung konfrontiert, für deren Lösung sie sich gezielt an

einem Lernort bewegen müssen. Diese Kontaktform kann z.B. auch eine Besichtigung einer Institution (z.B. eines Naturkundemuseums) mit einer Führung sein. Hierunter fällt ebenfalls das genaue stationäre Beobachten eines Objektes (z.B. das Beobachten der Fauna eines ausgewiesenen Bodenareals).

Als dritte Kontaktform ist das Projektpraktikum mit mehrfachem Aufsuchen des Lernortes innerhalb einer kurzen Zeitspanne zu erwähnen, z.B. der Besuch eines Biotops. Diese Kontaktform kann jedoch nur dort realisiert werden, wo der Lernort in einer entsprechenden Nähe zur Schule liegt oder im Rahmen einer mehrtägigen Exkursion.

Die Nähe zum Schulgebäude nennt Dalhoff (1997) als weitere Einteilungsform. Hier wird das nahe und weitere Schulumfeld von außerschulischen Lernorten, die im Allgemeinen einer längeren Anfahrt benötigen, unterschieden. Das Schulumfeld ist in wenigen Minuten zu erreichen und damit Ziel eines Unterrichtsganges für ein bis zwei Unterrichtsstunden. Als Beispiele sind bedrohte Biotope, Still- und Fließgewässer oder der Wald zu nennen. Außerschulische Institutionen umfassen alle öffentlichen Einrichtungen, die von Lerngruppen besucht werden können.

Da die Auswahl an außerschulischen Institutionen fast unerschöpflich ist, wird an dieser Stelle auf die Systematisierung von Ipfling (2003) hingewiesen. Hier wird inhaltlich unterschieden zwischen außerschulischen Einrichtungen der Natur (z.B. Wald), der Kultur (z.B. Museum), der Produktion (z.B. Bäckerei), der Dienstleistung (z.B. Wasserwerk) und der Politik (z.B. Parlament). Diese Einteilung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, weist aber auf wesentliche Bereiche hin (vgl. Jürgens 1993, Ragnitz 2000).

3.4.2 Mögliche Auswahlkriterien von außerschulischen Lernorten

Nicht jeder außerschulische Lernort eignet sich für jede Klasse oder Lerngruppe. Für das Gelingen von außerschulischen Lernprozessen an außerschulischen Orten ist deshalb die gründliche analytische Vorbereitung des Lehrers unverzichtbar. Er muss außerschulische Lernorte umsichtig, planvoll sowie nach sachlichen und am Schüler orientierten Gesichtspunkten wählen. Folgende Fragen können dabei hilfreich sein (nach Stock 1988):

- Welche Lehrplanaussagen gibt es zum gewählten Ziel, zur Thematik, zu den in Aussicht genommenen Verfahren?
- Ist die Berücksichtigung des außerschulischen Lernortes durch keine andere, bessere Maßnahme zu ersetzen?
- Welche Informationen erhält man? Lohnt sich der Aufwand an Zeit und Kraft?
- Welches Vorwissen und welche Vorerfahrungen der Schüler sind gegeben, welche Arbeitsweisen, Hilfsmittel und methodische Verfahren sind erforderlich?

- Kann die Klasse über- und durchschaubare Erfahrungen, Einblicke in klärende Wirklichkeitsausschnitte erleben?
- Bietet der Lernort Möglichkeiten handlungsorientierten, fachbezogenen oder fachübergreifenden Lernens?
- Auf welche Weise kann man das Interesse der Schüler an diesem außerschulischen Lernort fördern?
- Kann man die Lernergebnisse strukturiert darstellen und ggf. einem interessierten Publikum (Eltern, andere Klassen usw.) vorstellen?

Die Einbeziehung außerschulischer Lernorte darf nach Stock (1988) keine Modeerscheinung sein, sondern muss stets in der Verantwortung jedes einzelnen Lehrers begründet liegen.

3.4.3 Organisation eines Unterrichtsganges zum außerschulischen Lernort

In der Regel erfolgt die Organisation eines Unterrichtsganges zu einem außerschulischen Lernort einem methodischen Dreischritt: Vorbereitung, Durchführung/Auswertung, Präsentation. Die Tätigkeiten im Rahmen dieses Dreischritts bleiben in einem sachlogischen Zusammenhang mit dem ausgewählten Vorgehen. Dem einzelnen Lehrer obliegt dabei die Wahl des Verfahrens: er kann sich für eine Besichtigung, eine Studienfahrt, eine Führung durch fremde Personen, eine Befragung durch Schüler, ein Praktikum, etc., entscheiden.

Vorbereitung

Entfällt eine sachkundige und schülerbezogene Vorbereitungsarbeit, wird das Lernen am außerschulischen Lernort ohne besondere Bereicherung ablaufen. Es wird zudem enttäuschend sein, wenn den Schülern nicht einsichtig ist, was der eigentliche Sinn und die zentralen Zielsetzungen ihrer Aktivitäten, ihres praktischen Handelns sein sollen. Aus diesem Grund soll nach Möglichkeit von einer gemeinsam entwickelten Problemstellung oder situationsbezogenen Aufgabenstellung ausgegangen werden. In die Vorbereitungsphase fallen dann u.a. folgende Aspekte (Berck 2001):

- Klärung rechtlicher (z.B. Aufsicht) und organisatorischer Fragen (z.B. Pausen)
- Formulierung von Erwartungen, Wünschen, Befürchtungen etc.
- Ermittlung von Vorerfahrungen, Vorstellungen bzw. Einstellungen
- Konkretisierung und Präzisierung der Zielintentionen
- Aufstellung eines Arbeitsplanes und Vereinbarung von Aktivitäten bzw. Vorbereitung von Arbeitsabläufen (z.B. Vergleichen, Beobachten, Produzieren, Nachvollziehen, Experimentieren, Interviewen)²

² Dies muss in einem vom Lehrer in einem vorgegebenen Rahmen erfolgen, damit die Schüler Arbeitsabläufe auch sinnvoll und zielorientiert durchführen können.

- Sammlung von Informationsmaterial (Skizzen, Grafiken, Bilder, Fotografien, Filme, Lage-/Baupläne, Texte etc.)
- Vorbereitung der Präsentation erarbeiteter Lerninhalte
- Beachtung der individuellen Lernvoraussetzungen und situationsgebundenen Rahmenbedingungen (z.B. Wetter)

Durchführung/Auswertung

Diese Phase ist geprägt von der Umsetzung der geplanten Schritte. Am außerschulischen Lernort werden die Schüler mit dem Arbeits- und Zeitplan bekannt gemacht. Bei der Arbeit vor Ort ist darauf zu achten, die Schüler nicht mit zu vielen Informationen zu überschütten. Insbesondere ist auf (zu lange) Fachvorträge durch Experten zu verzichten. Die zeitliche Beschäftigung mit den einzelnen Arbeitsaufträgen ist den Schülern innerhalb eines vorgegebenen Rahmens selbst überlassen. Sie müssen selbst entscheiden, wann die Arbeits- bzw. Lernprozesse abgeschlossen sind. Grundsätzlich sollte jeder Unterrichtsgang am außerschulischen Lernort ausgewertet werden. Auch dabei stehen die Schüler im Mittelpunkt des Geschehens. In den meisten Fällen werden die Schüler in Gruppen arbeiten. Die Auswertung besteht deshalb im Vorstellen der jeweils gemeinsam erarbeiteten Gruppenergebnisse durch die Gruppensprecher. Die Resultate werden miteinander verglichen, erörtert sowie bereits bekanntem Wissen und einem größeren Sinnzusammenhang zugeordnet. Offene Fragen müssen unbedingt vor Ort geklärt werden. In vielen Fällen steht am außerschulischen Lernort ein Fachmann (Museumsführer, Werksführer, ...) zur Verfügung.

Präsentation

Für die Präsentationsphase ist im Wesentlichen die Sicherung und Präsentation der Ergebnisse sowie die Reflexion des gesamten Vorgehens oder einzelner Schwerpunkte kennzeichnend. Wichtige und typische Darstellungsformen der geleisteten Arbeit sind u.a. Sammel- und Dokumentationsmappen, Modelle, Texte, Fotografien, Wandzeitungen, Plakate, Collagen, Berichte. Die erzielten Ergebnisse sollten möglichst so präsentiert werden, dass sie einem größeren Publikum (Eltern, andere Klassen) zugänglich gemacht werden können. Beim Entwerfen und Gestalten einer Ausstellung werden die Schüler nicht nur den kognitiven Bereich darstellen, sondern auch ihre Eindrücke, Gefühle, also Aspekte aus dem affektiven Bereich, mithilfe der gewählten Medien zum Ausdruck bringen. Dabei scheint sich das eigene Handeln nach Gudjons (1997) noch einmal fördernd auf die Behaltensleistungen des Gedächtnisses auszuwirken. Für die Gestaltung einer Ausstellung sollten Materialien, die vom außerschulischen Lernort mitgebracht oder entliehen werden, verwendet werden.

Vor allem nach dem Unterricht an außerschulischen Lernorten sollte sich jeder Lehrer selbstkritisch und in besonderem Maße folgende Fragen stellen:

- Was war besonders gut?
- Welche Ziele wurden nur zum Teil oder überhaupt nicht erreicht?
- Wo müssen Änderungen vorgenommen werden?
- Waren die Anforderungen schüler- und altersgerecht?
- Welches Vorwissen muss in Zukunft vorausgesetzt werden?
- Müssen Arbeitsweisen noch geübt werden?
- Stimmt die Zeitplanung?

Die Antworten auf diese Fragen sollten in die Planung und Durchführung weiterer Unterrichtsgänge zu außerschulischen Lernorten eingebracht werden.

4. Hypothesen und Methode der Untersuchung

4.1 Hypothesen

In den vorangegangenen Kapiteln werden das situierte Lernen und das Lernen an außerschulischen Lernorten als eine Möglichkeit vorgestellt, träges Wissen zu vermeiden. Stattdessen soll erworbenes Wissen auch in anderen als der einführenden Lernsituation angewendet werden. Für eine Überprüfung der theoretischen Aussagen ist ein Unterrichtskonzept entwickelt worden, in dem vermehrt außerschulische Lernorte in den Chemieunterricht integriert werden. Thematisch bietet sich hier der Bereich der Umwelterziehung an. Speziell sind die Gebiete „Boden, Versauerung, Luftverschmutzung“ gewählt worden. Mit Bezug auf die Nähe zum Schulgebäude werden zwei verschiedene außerschulische Lernorttypen gewählt: das schulnahe Umfeld „Park“ und außerschulische Institutionen. Diese werden mit dem Lernen im Klassenraum als konventionellem Lernort verglichen.

Die Wirksamkeit der Treatmentvarianten wird in einem quasi-experimentellen Design getestet.

Mit Bezug zur dargestellten Theorie ergeben sich folgende Hypothesen:

- Alle Interventionsgruppen weisen einen größeren Erfolg hinsichtlich Wissen, Interesse, Verhaltensdisposition/Verhalten auf als die Kontrollgruppe.
- Die Interventionsgruppe mit der Kombination beider außerschulischer Lernorttypen ist allen anderen Gruppen überlegen.
- Die Interventionsgruppe „Schulnahes Umfeld“ ist der Interventionsgruppe „Außerschulische Institution“ überlegen.

Die Beantwortung dieser Hypothesen soll Aufschluss darüber geben, wie wirksam Unterricht an außerschulischen Lernorten für den Bereich der Umwelterziehung ist.

4.2 Variablen

4.2.1 Variablen der Untersuchung

Diese Untersuchung ist gekennzeichnet durch die oben vorgestellten unabhängigen Variablen und den übrigen für diese Studie bedeutsamen Variablen, die im Folgenden erläutert werden:

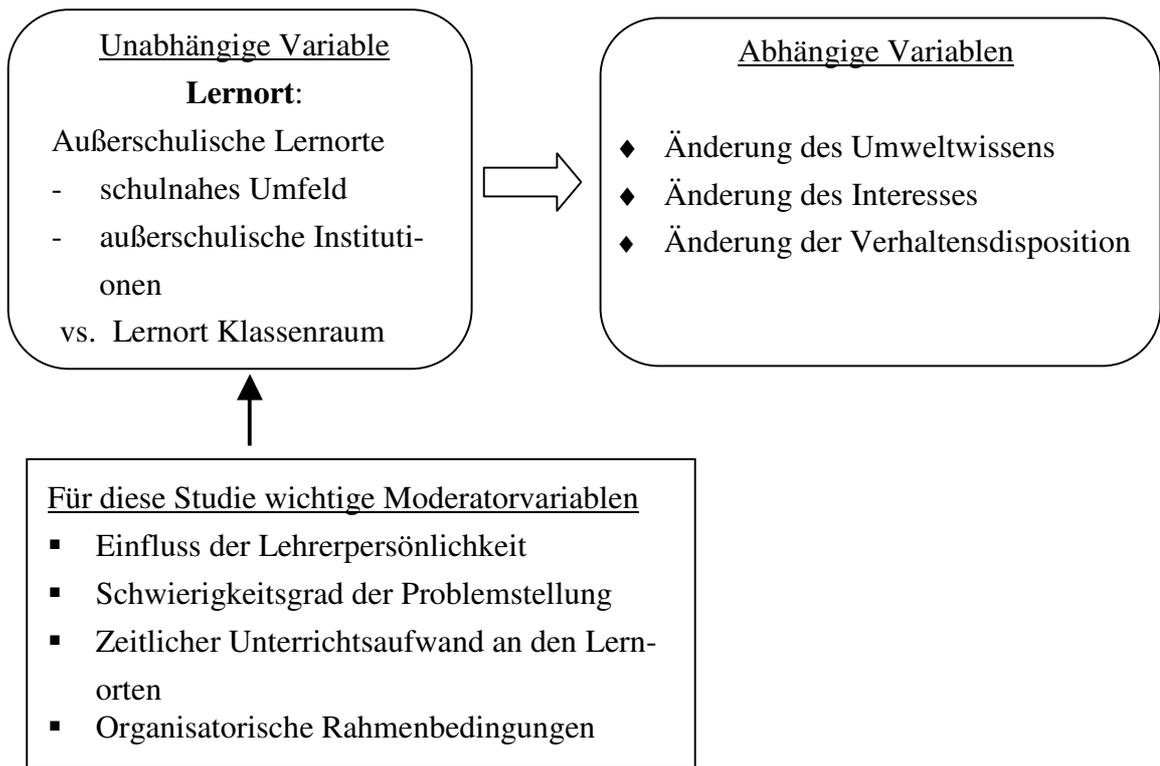


Abb. 4.1: Variablen der Studie

4.2.2 Abhängige Variablen

Umweltwissen

Wissen als Basis jeden Handelns muss nach Spada und Ernst (1992) in unterschiedliche Wissensformen ausdifferenziert werden. Neben Fachwissen wird hier zwischen Handlungswissen und Wirksamkeitswissen unterschieden. Zusätzlich ist ein konvergentes Zusammenwirken dieser Wissensformen notwendig. So ist eine Voraussetzung geschaffen, um eine Änderung der Verhaltensdisposition in Richtung Umweltbewusstsein zu erzielen (Abb. 4.2).

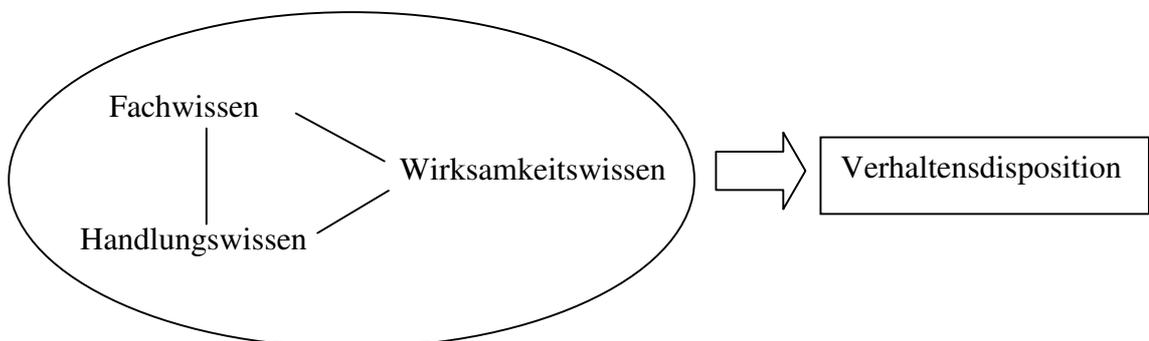


Abb. 4.2: Zusammenwirken verschiedener Wissensformen, geändert nach Kaiser und Fuhrer, 2000

Fachwissen als faktisches Umweltwissen bezeichnet ein Wissen über ökologische Zusammenhänge (vgl. Schahn 1996), im engeren Sinn auch Wissen über den Zustand eines

Ökosystems. Diese Wissensform stellt damit die Grundlage für das Handlungswissen dar. Dieses umfasst Wissen über mögliche Handlungsoptionen in einer bestimmten Situation und die Information, wie konkrete Handlungen auszuführen sind (Ernst 1994). Handlungsoptionen besitzen ein unterschiedliches Maß an umweltschützendem Potential. Das Wissen über die Auswirkungen von ökologischen Handlungsweisen für den Umweltschutz wird als Wirksamkeitswissen definiert.

Interesse

In der einschlägigen Literatur existieren im wesentlichen zwei unterschiedliche Auffassungen für das Konstrukt „Interesse“. Vertreter der einen Richtung (Prenzel 1988, Renninger 1992) sehen Interesse als eine Disposition, als eine überdauernde Vorliebe für eine bestimmte Sache oder Handlung. Die Vertreter der anderen Richtung (Hidi & Baird 1986, Hidi & Andersen 1992) beschreiben Interesse als einen Zustand (state), der in dem spezifischen Anreiz, den eine bestimmte Situation bietet, seine Ursache hat. Ausgehend von Hidi und Baird (1986), die diese beiden Konzepte von Interesse zum einen als individuelles oder persönliches Interesse sehen, zum anderen als situatives Interesse beschreiben, vereinigte Krapp (1992) beide Interpretationen zu einem umfassenderen Interessenkonstrukt. Er definiert Interesse als „ein Konstrukt, das die besondere Beziehung einer Person zu einem Gegenstand (Inhalt, Thema, Fachgebiet, Objektbereich ...) kennzeichnet“ (Krapp 1992, S.299).

In der vorliegenden Studie werden die folgenden Interessenvariablen erhoben, deren Auswahl und Bezeichnung auf die Arbeit von Hoffmann et al. (1998) zurückgehen und für den Umweltbereich modifiziert wurden:

◆ *Allgemeines Interesse:*

Das allgemeine Interesse bezeichnet das Interesse an den Methoden der Intervention (z. B. Exkursionen, Arbeit mit Experimentierkästen zum Thema Umwelt und außerschulische Lernorte).

◆ *Elterninteresse:*

Das Elterninteresse wird aus der Sicht der Schüler erhoben und meint das Interesse der Eltern an umweltbezogenen Themen.

◆ *Freizeit- und Berufsinteresse:*

Diese Interessenvariable bezieht sich auf umweltbezogene Freizeitaktivitäten (z.B. Teilnahme an Aktionen zur Müllvermeidung).

◆ *Sachinteresse:*

Das Sachinteresse umfasst das Interesse, sich generell mit Umweltthemen zu beschäftigen (z.B. als Schüler selbst einen Versuch zum sauren Regen durchzuführen).

◆ *Durch Schule induziertes Interesse:*

Das durch die Schule induzierte Interesse an der Umwelt wird in Items überprüft, die sich mit in der Schule thematisierten Umweltaspekten beschäftigen. (z.B. sich Fern-

sendungen über Umweltthemen anzusehen, die in der Schule Unterrichtsgegenstand sind).

Umweltbewusstes Verhalten / Verhaltensdisposition

Umweltorientiertes Handeln ist das Endziel jeder Umwelterziehung, denn Wissen bleibt unwirksam, so lange sich keine auf Wissen basierende Handlung vollzieht. Langeheine und Lehmann (1986) betonen, dass sich nur an Handlungen ablesen lässt, ob jemand die Umwelt erhalten möchte oder sie zerstört. Umweltbewusstes Handeln vollzieht sich dann auf drei Ebenen, die wie folgt beschrieben werden können:

- eigenes umweltbewusstes Handeln, d.h. sich im eigenen Leben umweltschonend zu verhalten
- Informationsverhalten, d.h. sich Informationen über Umweltprobleme beschaffen und sie z.B. in Diskussionen weitergeben
- Umweltpolitische Aktionen, z.B. aktive Unterstützung einer Unterschriftenaktion

Da die dritte Ebene für die ausgewählte Probandengruppe aufgrund ihres Alters eher nicht realisierbar ist, wird dieser Aspekt im Weiteren nicht berücksichtigt.

Neben dem tatsächlichen Handeln wurde zusätzlich die Verhaltensdisposition erfasst, die die einer Handlungsausführung unmittelbar vorausgehende, auf eine bestimmte Handlung bezogene Handlungsbereitschaft beschreibt (vgl. Heckhausen 1989). Die umweltorientierte Handlungsbereitschaft bezieht sich nach Fietkau, Kessel (1981) u.a. auf

- die Bereitschaft, beim individuellen Handeln Belastungen der natürlichen und sozialen Umwelt gering zu halten;
- die Bereitschaft, sich und andere über technische Alternativen zu informieren und als umweltfreundlich erkannte Technik nach Möglichkeit auch anzuwenden oder ihre Anwendung zu fördern;
- die Bereitschaft, sich zugunsten von Maßnahmen zur langfristigen Sicherung der Lebensgrundlagen des Menschen persönliche Beschränkungen aufzuerlegen.

Die Erhebung der Disposition erscheint in diesem Zusammenhang sinnvoll, da zahlreiche Studien (z.B. Diekmann & Preisendörfer 1992, Fuhrer & Wölfling 1997) belegen, dass eine große Diskrepanz zwischen dem Umweltwissen und einem tatsächlichen Handeln besteht. Beispielsweise können situative Barrieren oder Kosten-Nutzen-Abwägungen nach Rost (1997) die Durchführung einer Handlung verhindern.

4.2.3 Störvariablen

Neben der unabhängigen Variablen wirken zusätzlich Moderatorvariablen (Abb. 4.1) auf die abhängigen Variablen ein und erschweren so die Interpretation des eigentlich interessierenden kausalen Zusammenhangs zwischen unabhängiger und abhängiger Variable. Um einen Unterschied zwischen Interventionsgruppe und Kontrollgruppe tatsächlich auf Interventionseffekte zurückführen zu können, ist sicherzustellen, dass die Stichproben vor der

Untersuchung hinsichtlich untersuchungsrelevanter Merkmale vergleichbar bzw. äquivalent sind (Bortz & Döring 1995). Dies wird durch Konstanthalten der Variable erreicht oder, falls dies nicht möglich ist, durch ein Kontrollieren der betreffenden Variable. Wie in der Abbildung 4.1 veranschaulicht, werden in dieser Studie der Einfluss der Lehrerpersönlichkeit, der Schwierigkeitsgrad der Problemstellung und der zeitliche Unterrichtsaufwand an den Lernorten als Kontrollvariablen, die organisatorischen Rahmenbedingungen als Störvariablen angesehen.

Die für diese Studie relevanten Moderatorvariablen werden im folgenden näher erläutert.

Einfluss der Lehrerpersönlichkeit

Der Einfluss der Lehrerpersönlichkeit auf die Schulleistung ist seit langem bekannt. Es wurde daher sichergestellt, dass alle Studiengruppen von derselben Lehrkraft unterrichtet wurden. Der Einfluss der Lehrperson kann daher als konstant angesehen werden.

Motivationseffekte des Lehrers bei der Intervention können als gering eingestuft werden, da die Methoden der Intervention (Arbeit mit dem Experimentierkoffer, Exkursionen) zuvor bereits in anderen Klassen eingesetzt wurden.

Schwierigkeitsgrad der Problemstellung

Der Schwierigkeitsgrad der Problemstellung in den Interventions- und der Kontrollgruppe kann als identisch und damit konstant angesehen werden. Die Gruppen erhielten gleiche Problemstellungen und identische Arbeitsblätter für die Durchführung von Experimenten. Sowohl in den Interventions- als auch in der Kontrollgruppe sind die Versuchsbeobachtungen und Auswertungen in einheitlichen Tafelbildern dokumentiert worden. Dies konnte auch bei Exkursionen sichergestellt werden: nach der Experimentierphase konnte jeweils ein Gruppenraum aufgesucht werden, in dem ein Overheadprojektor o.ä. zur Verfügung stand.

Zeitlicher Unterrichtsaufwand an den Lernorten

Um den Interventionsgruppen aufgrund einer anspruchsvolleren Organisations- und Arbeitsphase nicht mehr Zeit für den gleichen Inhaltsbereich zu gewähren als der Kontrollgruppe, wurde für jede Unterrichtsstunde ein standardisierter Verlaufsplan mit einer verbindlichen Zielvorgabe konzipiert.

Der zeitliche Unterrichtsaufwand sowohl am Lernort Klassenraum als auch am Lernort „Schulnahes Umfeld“ betrug jeweils eine Unterrichtsstunde und kann daher als konstant betrachtet werden. Um die effektive Lernzeit an dem Lernort „Außerschulische Institutionen“ mit den beiden anderen Lernorttypen vergleichen zu können, wurde mit den jeweiligen Veranstaltern an diesen Lernorten eine strenge Zeitvorgabe abgesprochen.

Organisatorische Rahmenbedingungen

Zu den organisatorischen Rahmenbedingungen zählen der Zeitpunkt der Unterrichtsstunde in der Stundentafel, Krankheitsausfälle, unvorhergesehene Tagesereignisse und Feiertage. Aufgrund der unterrichtsnahen Bedingungen der Interventionsstudie ließen sich diese Variablen nicht kontrollieren und sind als Störvariablen zu betrachten. Vor allem wiederholte Krankheitsausfälle verhinderten ein Nachtesten einzelner Schüler und führten zu einer Dezimierung der Probandenzahl. Auch die Nichtversetzung von Schülern, die im Follow up-Test nicht mehr zur Verfügung standen, verminderte den Datensatz.

4.3 Untersuchungsdesign

4.3.1 Stichprobe und experimentelles Design

Die Untersuchung wurde in der achten Jahrgangsstufe einer Realschule in einer mittleren Kleinstadt im Raum Westfalen durchgeführt. Das Probandenkollektiv umfasste sowohl in der Pilotstudie (n = 118) als auch in der Hauptstudie (n = 120) jeweils vier 8. Klassen mit etwa gleich vielen Schülern. Rechnet man die Probanden der in einer Vorstudie untersuchten drei Klassen einer 7. Jahrgangsstufe (79 Probanden) hinzu, wurden insgesamt 317 Schüler untersucht. Aufgrund der Größe der Stichproben und der zufälligen Auswahl der Klassen können die drei Probandenkollektive als sogenannte Klumpenstichprobe oder „cluster sample“ (Bortz 1999, S.87) angesehen werden.

Zur Wahrung des Datenschutzes wurde für jede Klasse eine Nummernliste angelegt, die sich aus der Kombination von Geschlecht und Geburtsdatum ergab. Auf den Fragebögen wurden jeweils nur die Nummern festgehalten, so dass eine Zuordnung von Testdaten und personenbezogenen Daten zu bestimmten Probanden durch externe Personen verhindert wurde.

Zur Überprüfung der Wirksamkeit von außerschulischen Lernorten im Bereich der Umwelterziehung wird in der Pilotstudie ein nicht-randomisierter Zwei-Gruppen-Plan mit Pretest, Intervention mit anschließendem Posttest und Follow up-Test durchgeführt. Dieses quasi-experimentelle Design dient dazu, einen Einfluss von Unterricht an außerschulischen Lernorten im Vergleich zu einem „herkömmlichen“ Unterricht im Klassenraum zu identifizieren. Der Zweigruppenplan sieht für die Pilotstudie wie folgt aus:

Tab.4.1: Zweigruppenplan der Pilotstudie

Kontrollgruppe	Pretest	Keine Intervention	Posttest	Follow up-Test
Interventionsgruppe	Pretest	Intervention	Posttest	Follow up-Test

Während die Kontrollgruppe keine außerschulischen Lernorte aufsucht, werden bei der Interventionsgruppe die beiden Lernorte „Schulnahes Umfeld“ und „Außerschulische Institution“ kombiniert eingesetzt. Wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben, richtet sich die Auswahl

der Lernorttypen nach der Einteilung von Dahlhoff, nach der das schulnahe Umfeld von Lernorttypen unterschieden wird, die einer längeren Anfahrt benötigen. Beide Gruppen setzen sich aus jeweils zwei Klassen zusammen.

In der Hauptstudie wird, ebenfalls mit einem quasi-experimentellen Design, die Wirksamkeit der beiden außerschulischen Lernorte „Schulnahes Umfeld“ und „Außerschulische Institution“ einzeln erfasst. Durch Kombination beider Faktoren ergibt sich folgendes 2*2-Design (jede Gruppe besteht aus einer Klasse):

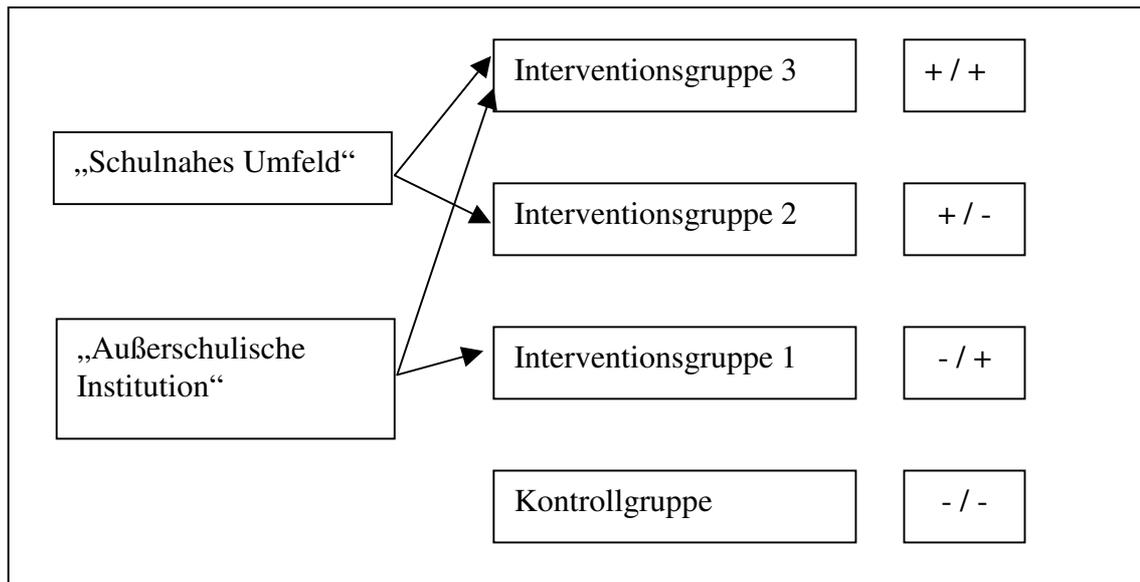


Abb. 4.3: 2*2-Design der Intervention in der Hauptstudie

4.3.2 Untersuchungsplan

Einen Überblick über den zeitlichen Ablauf der gesamten Studie gibt die folgende Abbildung:

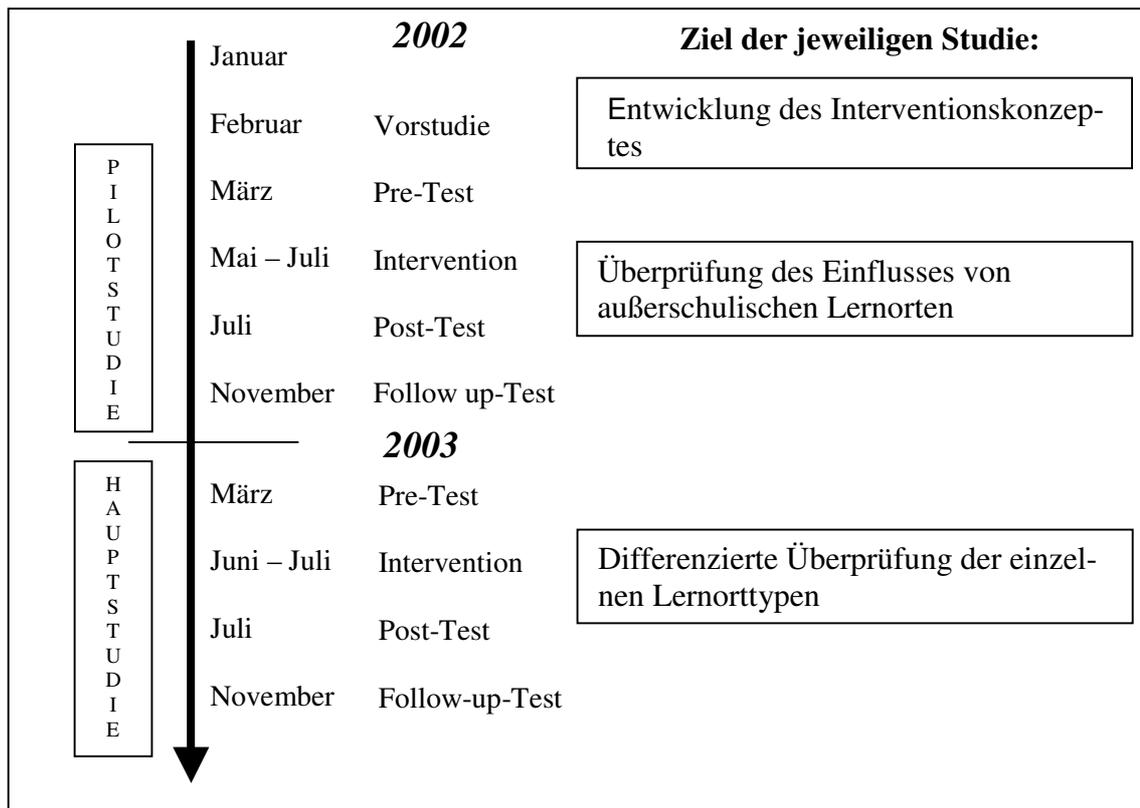


Abb. 4.4: Untersuchungsplan der Gesamtstudie

Wie der Abbildung zu entnehmen ist, erstreckte sich der Zeitraum der Gesamtstudie von Januar 2002 bis November 2003. Vor der Pilotstudie fand eine Vorstudie statt, die zwei Funktionen erfüllte. Neben der Konstruktion und Evaluation der in der Unterrichtsintervention verwendeten Arbeitsblätter sind die in den beiden anschließenden Studien eingesetzten Experimentierkästen entwickelt und getestet worden.

Die Pre-Tests wurden zwei Monate vor der Intervention durchgeführt, um eventuelle Auswirkungen des Tests auf die Intervention zu vermeiden. Die Post-Tests sind dagegen unmittelbar im Anschluss an die Intervention erhoben worden, in der Regel direkt in den beiden Folgestunden. Um interventionsüberdauernde Lerneffekte zu erfassen, fanden Follow-up-Tests vier Monate nach der Intervention statt. Nur durch diese Maßnahme lässt sich herausfinden, ob durch die Intervention auch längerfristige Kompetenzen, die durch die Fähigkeit für einen zeitlichen Transfer („L-Kompetenzen“, Hager u. Hasselhorn 2000) gekennzeichnet sind, vermittelt werden konnten.

4.3.3 Erhebungsinstrumente

Alle für Pilotstudie und Hauptstudie notwendigen Daten wurden mit Hilfe von Fragebögen, die den Schülern im Rahmen eines Pre-Post-Follow-up-Designs zur Bearbeitung vorgelegt wurden (Die Testinstrumente der Vorstudie, die für die Pilot- und Hauptstudie nicht relevant sind, werden in Kapitel 5.3 dargestellt). Tabelle 4.2 gibt einen Überblick über den Einsatz der verschiedenen Fragebogeninstrumente:

Tab.4.2: Ausgewählte Fragebogentypen für die jeweiligen Variablen

VARIABLEN	FRAGEBOGENTYP
Fachwissen	Multiple Choice und Assoziationsaufgaben
Handlungswissen	Situated Question
Wirksamkeitswissen	Ergänzungsaufgaben
Allgemeines Interesse	Mehrfachwahlantworten
Freizeit-/Berufsinteresse	Mehrfachwahlantworten
Durch Schule induziertes Interesse	Mehrfachwahlantworten
Sachinteresse	Mehrfachwahlantworten
Verhalten	Dichotome Antworten
Verhaltensdisposition	Mehrfachwahlantworten

Im folgenden werden die einzelnen Fragebogeninstrumente anhand der zu prüfenden Variablen dargestellt.

Der Lernzuwachs im Bereich des *Wissens* wurde anhand informeller Schulleistungstests ermittelt. „Informelle Schulleistungstests sind Verfahren in der Pädagogischen Diagnostik, die durch Lehrer konstruiert werden, um die Ergebnisse der von ihnen geplanten Lernvorgänge in ihrer Klasse möglichst objektiv zu erfassen und für ihr pädagogisches Handeln nutzbar zu machen“ (Ingenkamp 1988, S.131). Diese Testform misst damit die individuelle Leistung der Schüler. Die Leistungsfeststellungen sind einerseits auf bestimmte Probanden bezogen, andererseits orientieren sie sich an den vorher genau festgelegten Lernzielen. Diese Lernziele werden operationalisiert und in Aufgaben umgesetzt.

Bei der Aufgabengestaltung wurden die Grundsätze der probabilistischen Testtheorie (Ingenkamp 1988, S. 90 ff.) berücksichtigt. Hiernach darf die Beantwortung einer Frage zum Beispiel nicht davon abhängig sein, ob die vorangegangene Aufgabe richtig oder falsch beantwortet wurde (lokal stochastische Unabhängigkeit). Die Items sind curricular valide, beziehen sich direkt auf die Unterrichtsreihe und prüfen damit die fachlichen Inhalte der einzelnen Unterrichtsstunden. Nach der Itemanalyse wurden alle Items eliminiert, deren Schwierigkeitsgrad unter 20% und über 80% lag und deren Trennschärfekoeffizient weniger als 0.30 betrug.

Um das *Fachwissen* möglichst umfassend zu erheben, werden ein Multiple-Choice-Test und ein Assoziationstest eingesetzt. Der Multiple-Choice-Test, der sich aus 21 Items mit je vier Attraktoren bzw. Distraktoren zusammensetzt, zielt hauptsächlich auf abrufbares, de-

klaratives Wissen. Der Assoziationstest, bestehend aus 10 Items, erfasst hingegen selbstständig generiertes Wissen. Hierbei werden den Probanden einzelne Stichwörter vorgegeben, zu denen sie ihre Assoziationen in Form von einzelnen Worten, Satzfragmenten oder ganzen Sätzen notieren sollten. Punkte wurden sowohl für das Ankreuzen eines Attraktors als auch für das Auslassen der Distraktoren vergeben. Items, bei denen keine der vier Antwortmöglichkeiten angekreuzt wurden, galten als nicht bearbeitet und wurden daher mit null Punkten gewertet.

Das *Handlungswissen* wurde anhand so genannter „Situating Questions“ erhoben, die eine neu entwickelte Testmethode in diesem Bereich darstellen und einem Kurzaufsatz ähneln. Dieser Test besteht aus acht Items, die jeweils einen auf eine bestimmte Situation beschreibenden Satz enthalten, z.B. „Die Luftverschmutzung durch Verkehr wird immer stärker“ und wird eingesetzt, um Schülersaussagen qualitativ ermitteln zu können. Die Aufgabe der Probanden besteht darin, Handlungsoptionen zu erläutern, die zur Verbesserung der Situation beitragen und die sie selbst durchführen können. Der zentrale Kritikpunkt dieser sogenannten Kurzaufsätze (vgl. Lienert & Raatz 1998) besteht in ihrer mangelnden Auswertungsobjektivität, weshalb deren Standardisierbarkeit häufig in Frage gestellt wird. Für den Einsatz von Kurzaufsätzen spricht hingegen ihre hohe ökologische Validität, da dies der im Fachunterricht vorherrschende Antworttyp ist. Zur Gewährleistung der Auswertungsobjektivität wird für jede Aufgabe ein Punkteschlüssel erstellt, dem dezidierte Angaben über die Vergabe von Punkten zu entnehmen sind. Es wird kein Punkt vergeben, wenn die Antwort falsch oder fehlend ist. Jede richtige Antwort zu einer Aufgabe wird mit einem Punkt gewertet. Für jedes zusätzliche Beispiel wird ein halber Punkt vergeben.

Zur Evaluation des *Wirksamkeitswissens* wurden den Probanden acht Aufgaben im freien Antwortformat vorgelegt. Lienert & Raatz (1998) unterscheiden Aufgaben mit freiem Antwortformat im Sinne der genannten Kurzaufsätze von den an dieser Stelle gewählten Ergänzungsaufgaben. Dieser Aufgabentyp ist dadurch gekennzeichnet, dass die Probanden vorhandene Aussagen ergänzen, z.B. „Wenn ich mit dem Fahrrad statt mit dem Bus fahre, dann ...“. Im Gegensatz zu Kurzaufsätzen wird diesen Aufgaben ein hohes Maß an Auswertungsobjektivität zugesprochen.

Während sich kognitive Veränderungen im schulischen Bereich mit Hilfe von informellen Schulleistungstests relativ gut nachweisen lassen, ist der Nachweis von Veränderungen im Bereich des Interesses und des Verhaltens schwieriger. Mummendey (1995) schlägt hierfür die klassische Fragebogenmethode vor, bei der die Probanden auf vorgegebene Items in definierter Weise antworten.

Die Konstruktion der insgesamt 45 Items zum Bereich Interesse geht auf den Fragebogen der IPN-Interessenstudie von Hoffmann et al. (1998) zurück, hierbei wurden die Items an den Themenkomplex „Umwelt“ adaptiert. Anstelle der fünfstufigen Antwortskala wurde in der vorliegenden Studie eine vierstufige Ratingskala der folgenden Art gewählt: Mein In-

teresse daran ist sehr groß – groß – klein – sehr klein. Diese geradzahlige Skala hat gegenüber einer ungeradzahligen den Vorteil (vgl. Bortz & Döring 1995), dass sich der Proband für eine bestimmte Richtung entscheiden muss und nicht für „Unentschieden“ votieren kann, z.B. aus Unlust am Test. Anhand des Punkteschlüssels werden folgende Punkte vergeben:

- sehr großes Interesse - 4 Punkte
- großes Interesse - 3 Punkte
- kleines Interesse - 2 Punkte
- sehr kleines Interesse - 1 Punkt

Die Verhaltensvariable wurde anhand eines dichotom zu beantwortenden Fragebogens mit den Themenschwerpunkten Boden, Wasser, Luft, Abfall, Nahrung, Lärm, Energie, Gesundheit/Sport und Informationsquellen erfasst. Die Itemanalyse reduzierte die ursprüngliche Zahl von 63 Items auf 30 Items. Der Reliabilitätskoeffizient, berechnet nach der split-half-Methode, beträgt 0.80 und weist damit eine hohe Zuverlässigkeit auf, da nach Mummendey (1995) für Messungen im Bereich des Verhaltenskonzeptes Reliabilitätskoeffizienten in der Größenordnung um 0.80 bereits als gut gelten.

In dem Fragebogen zur Erhebung der Verhaltensdisposition finden die Themenschwerpunkte Umweltschutz, Abfall, Energie und Verkehr Berücksichtigung. Die Konstruktion des Testinstrumentes geht auf eine Studie von Bögeholz (1999) zurück, es konnte ein Großteil der Items direkt übernommen werden. Einzelne Items wurden an die vorliegende Studie adaptiert, insgesamt resultieren 20 Items. Die Aufgabe der Probanden besteht darin, anhand einer vierstufigen Ratingskala mit den Antwortmöglichkeiten „Das mache ich mit Sicherheit – das mache ich wahrscheinlich – das mache ich eventuell – das mache ich nicht“ über mögliche Handlungsoptionen zu entscheiden. Beispielsweise sollen die Schüler dazu Stellung nehmen, ob sie zum Schutz der Umwelt zukünftig Recyclingpapier verwenden. Die Punktevergabe wird wie oben beschrieben durchgeführt.

4.4 Datenanalyse

Die statistische Auswertung wird mit Statistica[®] für Windows[®] durchgeführt. Für die Datenanalyse werden die folgenden statistischen Verfahren eingesetzt:

1. Vergleich der Studiengruppen miteinander

Zu den drei Testzeitpunkten (Pre, Post und Follow-up) werden die Kontrollgruppe und die verschiedenen Interventionsgruppen hinsichtlich der einzelnen Variablen (z.B. Allgemeines Interesse, Verhaltensdisposition) mit Hilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) verglichen. Vor Beginn der Intervention verfolgt diese Analyse das Ziel, über den fehlenden Nachweis von Unterschieden zwischen den Gruppen deren prinzipielle Vergleichbarkeit zu belegen. Demgegenüber soll nach der Intervention überprüft werden, ob sich signifikante Unterschiede für die untersuchten Wissens-, Interessens-

und Verhaltensvariablen ergeben, die dann ggf. als Effekt der Intervention zu interpretieren sind.

2. Vergleich der Ergebnisse innerhalb der einzelnen Studiengruppen

Mit Hilfe der Varianzanalyse mit Messwiederholung werden die Ergebnisse innerhalb der einzelnen Studiengruppen im Zeitverlauf, d.h. zu den drei Testzeitpunkten „Pre“, „Post“ und „Follow-up“, verglichen. Diese Analyse verfolgt das Ziel, signifikante Änderungen in Abhängigkeit von dem Testzeitpunkt aufzuzeigen.

3. Berechnung der Effektstärke

Liegt ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppen vor, wird nach seiner praktischen Bedeutsamkeit, nach seinem Effekt, gefragt (Rost 2005). Beobachtete Effekte werden durch Effektstärkemaße quantifiziert. Beim Mittelwertsvergleich zweier Gruppen wird häufig das Effektstärkenmaß d verwendet. Es ist definiert als die Differenz der Mittelwerte beider Gruppen, dividiert durch die Standardabweichung. Für die Quantifizierung von Effekten beim simultanen Vergleich mehrerer Gruppen, wie es z.B. bei der Varianzanalyse der Fall ist, empfiehlt sich ein standardisiertes Effektstärkemaß wie η^2 .

5. Die Unterrichtsreihe unter Einbeziehung außerschulischer Lernorte

5.1 Außerschulische Lernorte – eine Forderung der Realschule

Naturwissenschaftlicher Unterricht und der Einsatz außerschulischer Lernorte sind konzeptionell eng verknüpft mit der Schulform der Realschule. Historisch wurde die erste Form des naturwissenschaftlichen Schulunterrichts im Rahmen der Realschulen vermittelt. Im Laufe der Zeit gelangte die „reale“ und damit auch die naturwissenschaftliche Bildung zu immer höherem Ansehen in der Gesellschaft und fand auch Eingang in höhere Schulformen.

Die gesamteuropäische Bewegung der Aufklärung, die im 17. und besonders im 18. Jahrhundert ihre Ausprägung erfuhr, hatte ihr Fundament im Vertrauen auf die Leistungsfähigkeit der menschlichen Vernunft. Ein Wahlspruch der Aufklärung war: habe den Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen. „Unter Ablehnung all dessen, was dem gesunden Menschenverstand nicht einleuchtete, suchte man überall das Vernunftgemäße und das heißt zugleich das Natürliche. Ratio und Natur wurden als Quellen und Garanten der Wahrheitserkenntnis und des Fortschritts angesehen.“ (Hamann, 1993, S. 71). In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts verdichteten sich die Tendenzen der Aufklärungsepoche in Deutschland zu einer selbstständigen pädagogischen Bewegung, dem Philanthropismus. Die Philanthropen (= Menschenfreunde) propagierten eine natürliche Erziehung. Eines ihrer Ziele war die Steigerung des Erwerbssinnes und der Berufstüchtigkeit. Der Unterricht sollte daher auf praktische Weltorientierung und gemeinnützige Lebenstüchtigkeit ausgerichtet sein. Der Gedanke, Realien, im weiteren Sinne also Gegenstände, in die Lehrpläne der Schulen aufzunehmen, ist sehr alt. Er reicht bis in die Zeit des Umbruches vom Mittelalter zur Neuzeit zurück. Allerdings gewann er erst im Zeitalter der Aufklärung prägende Kraft für die Gestaltung von Unterrichtsinhalten (vgl. Kap. 3.1).

Ein Name ist untrennbar verbunden mit der Entstehung der Realschule: Johann Julius Hecker (1707 - 1768). Von 1729 bis 1735 war er Lehrer am Pädagogium, einer Schule für Waisenkinder. Diese Schule nahm schon Realien in den Lehrplan auf, sie dienten aber mehr der Erholung und füllten die Zeit auf, die zur körperlichen Bewegung bestimmt war. Am 13.02.1747 reichte Hecker seinem Oberkuratorium einen Plan zur Gründung einer Realschule ein. Der Plan beinhaltete folgende Leitgedanken: je nach Beschaffenheit einer Stadt soll der Jugend das Nötige von den Handwerken, Künsten und Berufen auf eine leicht begreifliche und historische Weise unter Verwendung von naturkundlichen Gegenständen beigebracht werden. „Diese Klasse müsste dann eigentlich darin bestehen, daß der Jugend teils in Rissen und Zeichnungen, teils in allerhand genauen Modellen, teils auch durch den wirklichen Besuch der Künstler und Handwerker ein Unterricht gegeben würde ... von den Materialien, die bei den Handwerkern und Berufsausübungen verarbeitet

werden...“ (Maskus 1966, S. 7). Des weiteren soll der richtige Gebrauch der Instrumente gelehrt und gezeigt werden. Hecker führt weiter an, welchen Nutzen er in einem Unterricht sieht, der sowohl naturkundliche Realien einsetzt als auch außerschulische Lernorte aufsucht:

- Die Jugendlichen werden durch diesen Unterricht angeregt, einen Beruf zu ergreifen, zu dem sie eine natürliche Neigung verspüren.
- Wenn die Jugendlichen etwas von mechanischen Handfertigkeiten verstehen und mit den entsprechenden Instrumenten umgehen können, so werden sie in ihrem Handwerk manchen Vorteil haben.
- Für ein späteres Studium wird ihnen dieser Unterricht in allen Ständen mehr Nutzen bringen als nur theoretische Fertigkeiten wie z.B. lateinische Begriffe.

Die Heckersche Realschule und die nach deren Vorbild entstandenen Realschulen machten das neu entstandene Bildungsbedürfnis einer besonderen Gruppe deutlich, die sich nicht den gelehrten Studien widmen sollte, der aber die Erkenntnisse der Elementarschule nicht ausreichend waren. Im Laufe des 18. Jahrhunderts entstanden weitere Realschulen nach dem Vorbilde Heckers. Viele sind aus den Lateinschulen hervorgegangen, die nicht die Berechtigung der Hochschulreife zugesprochen bekamen. Da in Heckers Realschulen neben Elementen einer Bürgerschule eine Vielzahl von handwerklichen Berufsrichtungen vertreten war, haben sich später aus dieser Schulorganisation die einzelnen Fachschulen herausgebildet.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts gewann eine neue Bewegung, der Neuhumanismus, an Macht und schränkte den Philanthropismus zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein. Dennoch konnten sich die Tendenzen der Aufklärung halten. Während dieser Zeit der Auseinandersetzung des Neuhumanismus mit der Realschule entwickelte sich diese allmählich zu einer allgemeinbildenden Schule. Einen entscheidenden Anstoß gab der Pädagoge August Gottlieb Spilleke (1778 – 1841). Spilleke versuchte einen Ausgleich herzustellen zwischen der von den Neuhumanisten vertretenen allgemeinen Menschenbildung und der von einer Großzahl von Bürgern vertretenen Berufsbildung: „...Es scheint ... aber bei dieser Untersuchung alles auf die Entscheidung der Frage anzukommen, ob beide unter gewissen Bedingungen miteinander vereinigt werden können, ja vielleicht gar ineinander aufgehen...“ (Maskus 1966, S. 29). Spilleke hat sich konkret mit der Aufgabe beschäftigt, beide Aspekte in seiner Schule zu realisieren. Für ihn sind die Wahl der Lehrgegenstände und die Art, mit welcher diese behandelt werden sollen, um den angestrebten Zweck zu erreichen, besonders wichtig. Da es nicht möglich ist, einen Gegenstand zweckmäßig zu behandeln, ohne dass man eine gründliche Kenntnis von ihm besitzt, schlussfolgert er, dass Unterricht in der Naturkunde im Mittelpunkt stehen muss, auf den sich alle Lehrgegenstände mehr oder weniger beziehen. Nachdem nun die Realien nicht nur als nützlich für das praktische Leben, sondern auch als Mittel für die allgemeine Geistesbildung anerkannt war, blieben sie nicht mehr bloß ein Bestandteil der Realschule, sondern erschienen neben den huma-

nistischen Lehrgegenständen allmählich auch in den verschiedenen Formen der höheren Schule wie z.B. dem Gymnasium.

Der alte Gedanke eines eigenen Bildungsganges für Realschulen gegenüber den anderen Regelschulen wurde 1973 durch die Bund-Länder-Kommission in Frage gestellt. Sie ordnete die Lerngegenstände einem Stufenschema gemäß dem Sekundarbereich I zu. Hier ist noch anzumerken, dass dies nicht das „Aus“ für die reale Bildung bedeutet. Vielmehr tragen die Lehrpläne aller Regelschulen heute diese Grundzüge.

Dennoch unterscheiden sich die heutigen Realschulen von den übrigen Regelschulen dadurch, dass die Inhalte der Lehrpläne durch vielfältigere Methoden vermittelt werden. In den Richtlinien für die Realschulen wird dem fächerübergreifenden Unterricht, dem Projektunterricht und den außerschulischen Lernorten eine Vorrangstellung eingeräumt. Diese Unterrichtsmethoden halten in der letzten Zeit vermehrt auch Einzug in die anderen Schulformen. Aber auch hier scheint die Realschule als Vorreiter für neue Unterrichtsformen fungiert zu haben. Es kann geschlussfolgert werden, dass sich die Realschule – vielleicht aufgrund ihrer Geschichte – schneller an neue Forderungen der Gesellschaft bezüglich der Schulbildung anpasst. Die heutigen Realschulen versuchen den sozial-ökonomischen Unterschieden als auch den Begabungs- und Interessensunterschieden gerecht zu werden, indem sie ein vielfältiges Lehr- und Lernangebot bereitstellen. „Die Empfehlung für die Realschule werden von der Lehrplankommission ausdrücklich als Konzeption bezeichnet, die auf Variation durch Lehrer und Schüler angelegt ist. Die Auswahl der Lerninhalte – darauf wird explizit hingewiesen – erfolgte unter Beachtung der Forderung nach Gesellschafts-, Fach- und Schülerrelevanz.“ (Skaumal, Staeck 1980, S. 131). Im weiteren wird hervorgehoben, dass der Unterricht deutlich von den „Kriterien des Lebendigen“ durchzogen sein soll, wie es auch schon Hecker, der Wegbereiter der Realschulen, gefordert hat. Hieraus ist ersichtlich, dass sich dieser Leitgedanke von den Anfängen der Realschule bis zur heutigen Zeit erhalten hat. Aus diesem Grund sind die außerschulischen Lernorte gerade für die Realschulen von großer Bedeutung.

5.2. Verankerung der außerschulischen Lernorte in den Richtlinien der Realschule in Nordrhein-Westfalen

Die Notwendigkeit, auch außerhalb des Klassenzimmers zu unterrichten, wird auch heute in den Richtlinien und Lehrplänen deutlich hervorgehoben.

In dem allgemeinen Erziehungsziel der Realschule, Theorie und Praxis miteinander zu verknüpfen, kommt dies zum Ausdruck: „Die Schülerinnen und Schüler erproben Erkenntnisse, die sich aus unterrichtlichen Reflexionen ergeben, in Handlungszusammenhängen. Dadurch lernen sie, dass sich Erkenntnisse praktisch bewähren müssen und dass in jeder Praxis theoretische Annahmen stecken.“ (Richtlinien und Lehrpläne, Chemie, S. 21). Da

bei sollen u.a. Unterrichtsgänge zu außerschulischen Lernorten den Unterricht im Klassenraum ergänzen und erweitern.

Auch in dem Bereich, der die Gestaltung des Schullebens beschreibt, wird das Aufsuchen außerschulischer Lernorte explizit betont: „Die Schule muss sich verstärkt zum außerschulischen Umfeld hin öffnen. Sie ermittelt und nutzt die spezifischen Erfahrungsmöglichkeiten, die die besonderen Gegebenheiten der Schule selbst, das schulische Umfeld ... und möglichen außerschulischen Lernorten bieten“ (S. 30). Besonders in der Umwelterziehung, einer der Aufgabefelder der Realschule, ist der Einsatz außerschulischer Lernorte unumgänglich, da die Lernenden sich als Teil der Umwelt begreifen und lernen sollen, die Umwelt wahrzunehmen, zu beobachten, zu untersuchen und zu schützen.

In der Beschreibung der Lehrpläne taucht der Begriff der außerschulischen Lernorte indirekt wieder auf. Die Lehrpläne für das Fach Chemie betonen in den Grundsätzen der Unterrichtsgestaltung, dass sich der Unterricht an der Lebenswelt der Schüler orientieren soll und seine Inhalte und Ziele primär durch Auseinandersetzung mit der konkreten Alltagswelt vermittelt werden. Dies kann durch Exkursionen in die Natur und durch Untersuchungen „vor Ort“, z.B. anhand von Wasser- oder Bodenanalysen erfolgen.

5.3 Vorstudie und deren Konsequenzen für die Unterrichtsreihe

5.3.1 Zielsetzung und theoretischer Rahmenbezug

Die Vorstudie verfolgt das Ziel, einen für das Experimentieren im schulnahen Umfeld geeigneten Schülerexperimentierkasten zu konzipieren und zu evaluieren. Dazu werden zum einen die Materialien des Experimentierkastens auf Praktikabilität untersucht und zum anderen die Arbeitsblätter, die die Experimente begleiten und die Versuchsdurchführungen beschreiben, entwickelt und erprobt.

Als Experimentierkästen werden nach Lucius (2000) Behältnisse bezeichnet, in denen die für die jeweilige Unterrichtseinheit benötigten Materialien enthalten sind. In der Fachliteratur sind damit im Handel erhältliche Kästen gemeint, die für die Fächer Biologie, Chemie, Physik und Technik zur Verfügung stehen. Die Angebote reichen hier vom „Naturphänomene-Koffer“ über Baukästen zum Fahrzeugbau bis hin zum „Ökotest Wasserlabor“. Diese handelsüblichen Experimentierkästen, z.B. „Aquanal-Ökotest-Wasserlabor“ der Firma Hedinger, beinhalten nur Materialien für eine vorgegebene Auswahl von Experimenten, auf die der Lehrer keinen Einfluss hat. Ein weiterer Nachteil ist in dem oftmals sehr hohen Preis dieser Kästen zu sehen, der das der Schule zur Verfügung stehende Budget meist weit übersteigt. Alternativ besteht die Möglichkeit, Experimentierkästen selbst zusammen zu stellen (vgl. Stachelscheid 1990, Rumann 2004). Im einfachsten Fall werden die entsprechenden Geräte bzw. aufbereiteten Materialien in einem Karton aufbewahrt und für ein Einzelexperiment oder im Klassensatz in der Sammlung der Schule bereitgehalten. Der Zeitaufwand für den Lehrer ist beim Zusammenstellen der Experimente und Materialien zunächst sehr hoch, kann aber durch die Zusammenarbeit von Lehrern, die alle den

gleichen Kasten einsetzen, reduziert werden. Der weitere Einsatz der Kästen in anderen Klassen und in Folgejahren gleicht ebenfalls den anfänglichen Zeitaufwand aus. Zudem sind die geringen Kosten und die Möglichkeit der individuellen Zusammenstellung von Experimenten bei selbstentwickelten und zusammengestellten Versuchskästen als Vorteile anzusehen.

Unabhängig von der Beschaffung stellen Experimentierkästen insgesamt eine Erleichterung für den Schulalltag dar. Im Folgenden werden nur einige Vorteile genannt (nach Blank 2002):

- Schüler müssen nicht vor Beginn des Experiments durch Zusammentragen der Materialien unnötig Zeit und Konzentration aufbringen.
- Das Suchen von Geräten durch den Lehrer vor einer Stunde entfällt.
- Die Materialien für eine Versuchsreihe stehen übersichtlich in einem Behältnis zur Verfügung.
- Beim Einsatz an außerschulischen Lernorten sind die erforderlichen Materialien leicht zu transportieren und gut handhabbar vor Ort.

Neben Geräten, Chemikalien und anderen Verbrauchsmaterialien enthält ein guter Experimentierkasten zusätzlich eine leicht verständliche, möglichst illustrierte Versuchsanleitung in Form eines Arbeitsblattes (Lucius 2000). Zusätzlich zu dieser Auftragsfunktion in Form einer Arbeitsanweisung für die Schüler werden weitere vier didaktische Grundfunktionen eines guten Arbeitsblattes genannt:

- Motivierungsfunktion: Motivation der Schüler durch eine angemessene Gestaltung und Präsentation des Arbeitsblattes sowie durch eine schüleradäquate Aufgabenstellung
- Informationsfunktion: Sachinformation für die Lerngruppe
- Entlastungs- und Hilfefunktion: Nennung von Vorformulierungen, Stichwörtern und Abbildung von Teilzeichnungen, um den Schülern bei der Bewältigung einer Aufgabe zu helfen
- Sicherungsfunktion: zur schriftlichen Zusammenfassung der Ergebnisse und zur Dokumentation von Arbeitswegen

Meyer (1994) gibt weiterhin die Funktion der Schaffung eines Problembewusstseins an, bei der das Arbeitsblatt zur Heranführung der Schüler an ein neues Thema dient.

Um die genannten Funktionen erfüllen zu können, muss das Arbeitsblatt nach bestimmten Aspekten gestaltet werden (vgl. Meyer 1994). Zum einen müssen die Formulierungen des Arbeitsblattes für die Lerngruppe verständlich sein. Kriterien für die Verständlichkeit sind nach Langer, Schulz von Thun, Tausch (in Hannappel 1988) Einfachheit, Gliederung,

Prägnanz und zusätzliche Stimulanz. Der Aspekt der Einfachheit wird erfüllt, wenn der Text in kurzen, einfachen Sätzen verfasst ist und unbekannte Fachwörter erklärt sind. Ein gut gegliedertes Arbeitsblatt ist übersichtlich und folgerichtig gestaltet. Prägnanz wird durch die Beschränkung auf das Wesentliche erreicht. Eine kognitive Stimulation wird erzielt, wenn das Arbeitsblatt eine Problemstellung oder eine Frage „zum Mitdenken“ aufweist. Eine affektive Stimulation kann durch die Gestaltung erreicht werden, indem Ausrufe, wörtliche Rede, Reizwörter, witzige Formulierungen o.ä. verwendet werden.

Weiterhin muss ein Arbeitsblatt einen angemessenen Schwierigkeitsgrad der gestellten Aufgabe aufweisen. Dieser soll der jeweiligen Lerngruppe angepasst sein, so dass eine Unter- und Überforderung der Schüler ausgeschlossen ist.

Des weiteren fördert ein gutes Arbeitsblatt die Selbsttätigkeit der Schüler. Denn mit seiner Hilfe werden die Schüler in die Lage versetzt, ohne Hilfe des Lehrers die gestellten Aufgaben zu lösen.

Ein weiterer Beurteilungspunkt eines Arbeitsblattes ist die äußere Gestaltung. Meyer (1994) nennt die ästhetisch ansprechende Gestaltung und die abwechslungsreiche Darbietung als wichtige Elemente. Einer abwechslungsreichen Gestaltung können aus fachlichen Gründen Grenzen gesetzt sein. Experimentieranleitungen sollten immer gleichartig gegliedert sein, um den Lernenden die Durchführung der Experimente zu erleichtern. Bewährt hat sich die Struktur: Problemstellung, Materialien und Chemikalien, Durchführung, Beobachtung und Auswertung. Ein angemessen großes und klares Schriftbild sowie eine optische Gliederung in kurze Abschnitte, die bei allen Arbeitsblättern möglichst gleich bleibt, sorgen für ein ansprechendes Äußeres. Schmückende Beiwerke wie kleine Abbildungen oder auch spielerische Elemente, die zusätzlich das Lernen unterstützen können, z.B. ein Rätsel, runden die Gestaltung eines Arbeitsblattes ab.

5.3.2 Untersuchungsdesign

Bei der Entwicklung eines Experimentierkastens werden grundsätzlich im ersten Schritt die Versuche festgelegt, die mit Hilfe der Inhalte des betreffenden Kastens durchgeführt werden sollen. In der Vorstudie wurden Experimente zum Thema „Umweltverschmutzung durch Verbrennung von Nichtmetallen“ ausgewählt, die ebenfalls in der anschließend durchgeführten Pilot- und Hauptstudie eingesetzt werden. Abbildung 5.1 beschreibt die konkret zum Einsatz kommenden Experimente:

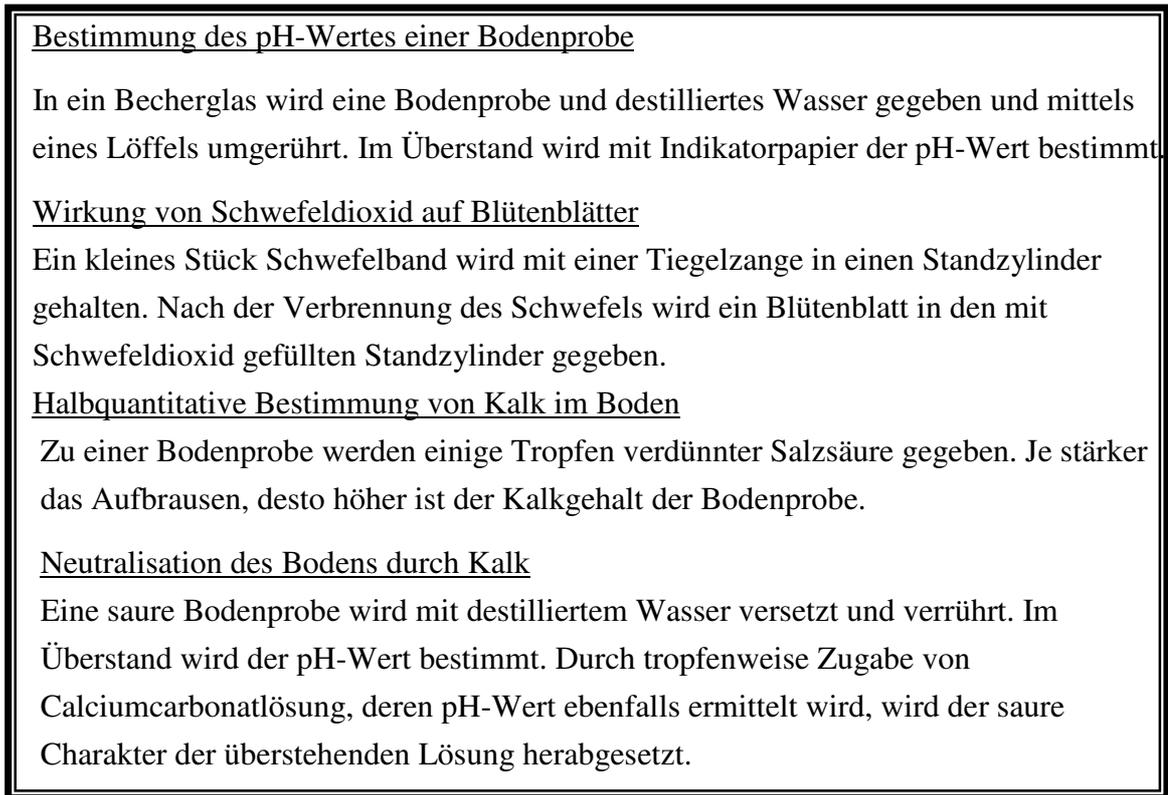


Abb. 5.1: Experimente für die Unterrichtsreihe

Eine ausführliche Beschreibung der Experimente, eingebettet in den didaktischen Rahmen, findet sich in dem Kapitel „Planung der Unterrichtsreihe“ (siehe Kapitel 5.4).

Für den Einsatz des Experimentierkastens in der Sekundarstufe I werden nach Möglichkeit Geräte aus Kunststoff verwendet, um das hohe Risiko des Glasbruches im Freiland zu vermeiden und die Unfallgefahr zu verringern. Für die Durchführung der angegebenen Experimente sind folgende Materialien erforderlich:

Becherglas, Löffel, Spritzflasche mit destilliertem Wasser, Indikatorpapier, Behältnis für das Schwefelband (z.B. Filmdöschen), Tiegelzange, Standzylinder mit Abdeckplatte, Tropfflasche mit verdünnter Salzsäure, Tropfflasche mit Calciumcarbonatlösung, Messzylinder, Schere, Feuerzeug, Kunststoffschale. (Eine Schutzbrille wurde nicht in den Experimentierkasten gepackt, sondern den Schülern vom Lehrer zugeteilt.)

Dem Umfang der genannten Geräte und Chemikalien entsprechend wird ein mittelgroßer Werkzeugkoffer aus Kunststoff ausgewählt, der in jedem Baumarkt erhältlich ist. Ein Traggriff erleichtert den Transport des Kastens zu den schulnahen Einsatzorten.

Die folgenden Abbildungen zeigen den einsatzbereiten Experimentierkasten:



Abb.5.2: Experimentierkasten

Die Konzipierung der die Experimente begleitenden Arbeitsblätter erfolgte unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien. Neben einer einheitlichen optischen Gestaltung weisen alle Versuchsdurchführungen eine identische inhaltliche Gliederung auf. Um den für die Lerngruppe angemessenen Schwierigkeitsgrad der Arbeitsanweisung zu ermitteln, sind für jedes Experiment drei unterschiedliche Versuchsbeschreibungen entwickelt worden. Diese variieren von einer kleinschrittigen Arbeitsanleitung bis hin zur offenen Aufgabenstellung, in der die Schüler wesentliche Schritte zur Versuchsdurchführung selbst erarbeiten. Das Arbeitsblatt zum Versuch „Bestimmung des Kalkgehaltes im Boden“ mit der „leichten“ Arbeitsweise wird exemplarisch vorgestellt. Die Arbeitsblätter zu allen Experimenten finden sich im Anhang.

Wieviel Kalk ist in unserem Boden?

Material

Glasschale, Löffel, Bodenprobe, Tropfflasche mit verdünnter Salzsäure



Durchführung

Gib 2 Löffel von der Bodenprobe auf die Glasschale. Tropfe nun 10 Tropfen von der verdünnten Salzsäure hinzu. Beobachte anschließend die Bodenprobe genau und ermittle anhand der unten stehenden Tabelle den Kalkgehalt.

Notiere deine Beobachtungen!

Beobachtung

Beobachtung	Kalkgehalt
Kein sichtbares oder hörbares Aufbrausen	Kalkarm/ kalkfrei (unter 1%)
Kein sichtbares Aufbrausen, aber dicht am Ohr hörbares Zischen	Schwach kalkhaltig (1-3%)
Schwaches, nicht anhaltendes Aufbrausen	Kalkhaltig (3-5%)
Starkes, lang anhaltendes Aufbrausen	Stark kalkhaltig (über 5%)

Auswertung

Abb.5.3: Arbeitsblatt mit einer kleinschrittigen Arbeitsanweisung

Da die Arbeitsblätter mit der mittelschrittigen und großschrittigen Arbeitsanweisung identisch aufgebaut sind, werden hier nur die Arbeitsanweisungen (Durchführung) dargestellt:

Gib etwas von der Bodenprobe in eine Glasschale. Tropfe nun verdünnte Salzsäure hinzu. Beobachte anschließend das Gemisch genau und ermittle anhand der unten stehenden Tabelle den Kalkgehalt. Notiere deine Beobachtungen!

Abb. 5.4: mittelschrittige Arbeitsanweisung

Ermittle mithilfe der oben aufgeführten Materialien und der unten stehenden Tabelle den Kalkgehalt der Bodenprobe. Überlege dir vorher genau, wie du vorgehen musst! Notiere deine Vorgehensweise und deine Beobachtungen!

Abb. 5.5: großschrittige Arbeitsanweisung

Die Erprobung, an der 79 Probanden teilnahmen, wurde in der Jahrgangsstufe 7 einer Realschule durchgeführt. Es ist gewährleistet, dass die Experimente unbekannt sind und dass das fachliche Hintergrundwissen noch nicht vorhanden ist. Die drei Arbeitsblätter werden in drei Klassen eingesetzt. Für diese drei Klassen werden die folgenden Bezeichnungen verwendet:

- Klasse „leichtes“ Arbeitsblatt **IAB**
- Klasse „mittleres“ Arbeitsblatt **mAB**
- Klasse „schweres“ Arbeitsblatt **sAB**

Die Klassengrößen lagen zwischen 21 und 29 Schülern, so dass pro Klasse jeweils sechs bis sieben Gruppen mit drei bis vier Schülern gebildet werden konnten.

Nach der Durchführung der ersten beiden Experimente in einer Unterrichtsstunde wurde ein zweiteiliger Fragebogen eingesetzt, nach den beiden anderen Experimenten in der folgenden Chemiestunde wurden Gruppeninterviews durchgeführt. Der erste Teil des Fragebogens beschäftigt sich mit folgenden Aspekten:

- motivierende Wirkung des Experimentierkoffers
- Handhabbarkeit des Experimentierkoffers
- Bekanntheit der Materialien
- Verständlichkeit der Arbeitsblätter

Die Bewertung der Fragen durch die Schüler erfolgte nach dem Schulnotenprinzip, eine „1“ bedeutet sehr gut, eine „6“ ungenügend. Die offenen Fragen wurden mit einem kurzen Text beantwortet.

Mit dem zweiten Teil des Fragebogens wird der Lernerfolg überprüft. Hierzu werden den Probanden zwei offene Fragen gestellt, die sich auf das durch die Experimente erworbene inhaltliche und prozedurale Wissen beziehen. So zielt die erste Frage auf die Wirkung von Schwefeldioxid auf Blütenblätter, die zweite Frage ermittelt die Kontrollmöglichkeiten zur Überprüfung eines Stoffes auf Acidität.

Die Interviews finden in Form von Gruppeninterviews statt. Die Gruppen entsprechen dabei jeweils den Arbeitsgruppen bei der Durchführung der Experimente. Jede Gruppe einigt sich in der Regel auf eine einzige Antwort zu einer bestimmten Frage. Die ersten beiden Interviewfragen beziehen sich auf das Experimentieren mit einem Experimentierkoffer: mit der ersten Frage wird ermittelt, ob die Schüler einen Unterschied im Experimentieren mit und ohne Koffer sehen. Wird diese Frage bejaht, werden die Schüler gebeten, diesen Unterschied zu benennen. Die Antwort auf die zweite Frage gibt Auskunft darüber, ob den Probanden das Experimentieren mit oder ohne Experimentierkoffer mehr Spaß bereitet. Die dritte und vierte Frage bringen Erkenntnisse darüber, was den Schülern besonders gut bzw. besonders schlecht am Experimentierkoffer gefallen hat. Die fünfte Frage des Interviews bezieht sich auf die Verständlichkeit und den Formulierungen der die Experimente begleitenden Arbeitsblätter. Die letzten beiden Fragen dienen der Kontrolle des Lernerfolges: mit der ersten Wissensfrage wird die Bestimmung des Kalkgehaltes im Boden ermittelt, die zweite beschäftigt sich mit der Neutralisation eines sauren Boden.

Mit Hilfe der beiden Testmethoden konnte damit die Praktikabilität des Kastens überprüft und der angemessene Schwierigkeitsgrad der Arbeitsblätter ermittelt werden.

5.3.3 Ergebnisse

Im folgenden werden die prägnantesten Ergebnisse der Fragebögen und der Gruppeninterviews dargestellt.

Auf die Frage, wie den Probanden die Arbeit mit dem Experimentierkasten gefällt, antworten über 90% aller Befragten mit sehr gut oder gut (Tab. 5.1). Die Noten mangelhaft und ungenügend werden nicht vergeben.

Tab. 5.1: Arbeit mit dem Experimentierkasten

Note	1	2	3	4	5	6
Prozentangabe	58,8	34,3	5,7	1,1	0	0

Besonders gut hat den Probanden gefallen, dass der Kasten Chemikalien enthält, mit denen sie selbstständig arbeiten können. Alle Materialien direkt am Arbeitsplatz vorzufinden, ist nach Meinung der Schüler ein weiterer Pluspunkt des Experimentierkastens im Vergleich zur herkömmlichen Experimentierweise: „...mit dem Kasten haben wir praktisch alles vor Ort und müssen nicht immer zum Schrank laufen, um alles herauszusuchen“. Die Materialien für die einzelnen Experimente werden von den Schülern im Kasten schnell gefunden und für den jeweiligen Versuch herausgesucht. Als unbekannte Materialien stellen sich das

Universalindikatorpapier und das Schwefelband heraus. Dies führte zu häufigem Nachfragen und Unruhe während der Vorstudie.

Die Frage nach der Verständlichkeit der Arbeitsblätter weist Unterschiede zwischen den Klassen auf (Abb. 5.5.).

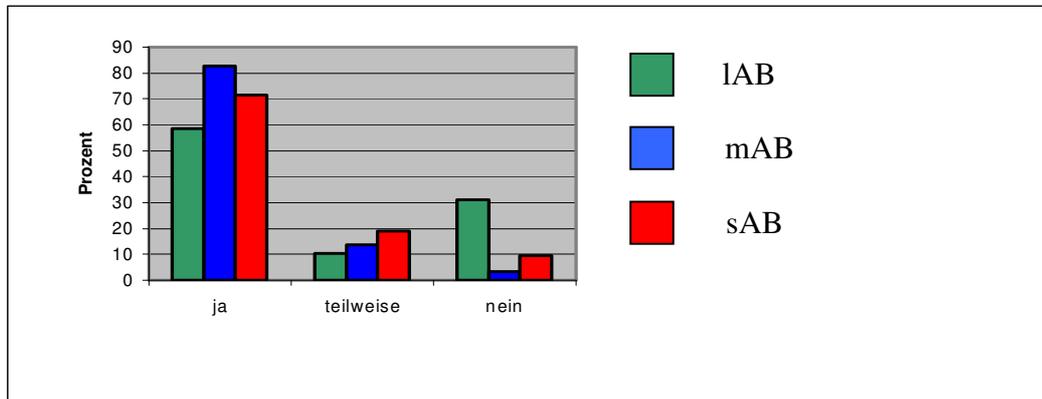


Abb. 5.6: Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen

Die Schüler, die mit dem leichten Arbeitsblatt arbeiten, beantworten die Frage nach der Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen überdurchschnittlich oft mit Nein. Die Unverständlichkeit resultiert ihrer Meinung nach daraus, dass „zuviel auf dem Arbeitsblatt steht“. 83% der Schüler, die das Arbeitsblatt mit dem mittleren Schwierigkeitsgrad erhalten, beurteilen die Verständlichkeit positiv. Die offene und damit schwierige Arbeitsanleitung wird von 71% der mit diesem Arbeitsblatt experimentierenden Probanden als verständlich eingestuft. Das selbstständige Erarbeiten der Versuchsdurchführung sehen die meisten Schüler als vorteilhaft an, denn „man musste bei den Arbeitsblättern selbst überlegen, wusste dann aber immer Bescheid. Das hat Spaß gemacht und ist besser, als wenn man alles vorgesetzt bekommt“. Der Anteil der Probanden, die teilweise Verständnisprobleme mit den Arbeitsanweisungen zeigen, ist hier höher als in der Klasse mit dem „mittleren Arbeitsblatt“.

Die Frage nach einer leichten Handhabung des Experimentierkastens zeigt weitere Unterschiede zwischen den Klassen auf. Die Schüler, die das leichte Arbeitsblatt erhalten haben, bewerten die Handhabung als einzige mit der Note ausreichend. Den Schülern der Klasse mit den mittelschweren Arbeitsanleitungen ist die Arbeit mit dem Experimentierkasten überdurchschnittlich oft (59%) sehr leicht (Note 1) gefallen. Dies korreliert mit ihrer positiven Einschätzung der Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen: wie oben erwähnt, geben 83% der Schüler dieser Klasse an, die Arbeitsanleitungen immer verstanden zu haben. Dem überwiegenden Teil der Klasse „schwieriges Arbeitsblatt“ ist es leicht (Note 2) bis sehr leicht gefallen, mit dem Experimentierkasten zu arbeiten.

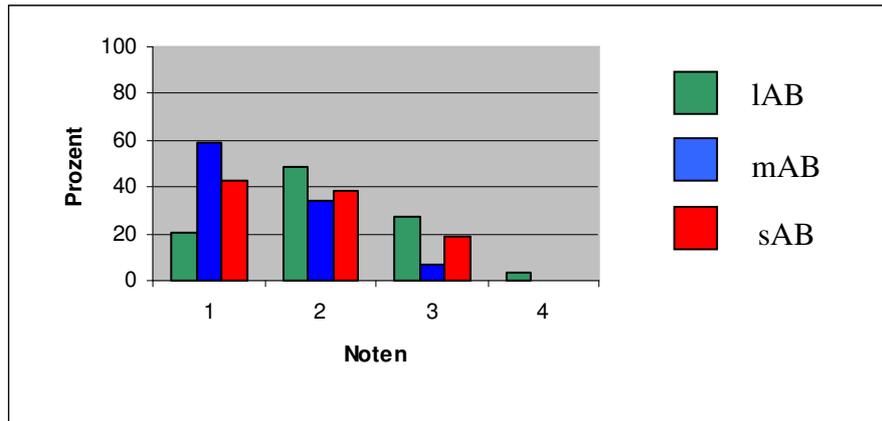


Abb. 5.7: Leichte Handhabung des Experimentierkastens

Als Konsequenz aus den genannten Ergebnissen resultiert die Verwendung des Arbeitsblattes mit dem mittleren Schwierigkeitsgrad in anschließenden Studien. Sowohl die Handhabbarkeit des Experimentierkastens als auch die Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen fielen für die Klasse, die diesen Typ Arbeitsblatt verwandte, am besten aus.

5.4 Planung der Unterrichtsreihe „Umweltverschmutzung durch Verbrennung von Nichtmetallen“

5.4.1 Allgemeine Bedingungen

Mit dem Erwerb des Mittleren Bildungsabschlusses verfügen die Schülerinnen und Schüler über naturwissenschaftliche Kompetenzen im Allgemeinen und fachbezogene chemische Kompetenzen wie Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung im Besonderen (Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss, KMK-Beschluss vom 16.12.2004). Für den Erwerb dieser Kompetenzen ist die Lernform des situierten Lernens paradigmatisch, da situiertes Lernen anwendungsbezogen, lebensweltlich orientiert und selbstgesteuert ist (Anderson, Reeder, Simon 1996; Gräsel, Parchmann 2004), (vgl. auch Kapitel 2). Parchmann (2006) unterstreicht dies und betont, dass die situative Anwendung von Wissen zur Bearbeitung konkreter und authentischer Problemsituationen folglich „eine entscheidende Grundlage für die Entwicklung fachbezogener Kompetenzen“ (S.126) ist. Daher erfolgt der Einstieg in jede Unterrichtsstunde der Intervention anhand von authentischen Problemsituationen wie z.B. das Problem des sauren Regens.

Zu den Prinzipien des situierten Lernens gehören das gemeinschaftliche Entwickeln von Problemlösestrategien und eine durch die Zusammenarbeit der Schüler bedingte multiple Betrachtungsweise. Dies kann nach Palincsar (1998) u.a. durch die Formulierung von Hypothesen, das Aufstellen von Theorien, das Entwerfen von Experimenten, Beurteilen, Bewerten und Argumentieren erfolgen. In der Unterrichtsreihe (s. Kapitel 5.4) wird dies in dem Stundenabschnitt „Planung einer Problemlösung z.B. eines Experimentes“ realisiert, indem die Schüler im Klassengespräch eine Problemlösung möglichst ohne Lehrerinstruk-

tion entwickeln, Hypothesen aufstellen und Argumente für einen Problemlösevorschlag vorbringen. In dem Stundenabschnitt „Durchführung eines Problemlösevorschlages“ findet sich dieser Aspekt ebenfalls wieder, da die Schüler hier in Kleingruppen über Ergebnisse diskutieren und diese bewerten.

Ein weiterer Aspekt des situierten Lernens ist der Erwerb gemeinsamer Überzeugungen und Einstellungen. Dies soll in einer Lerngemeinschaft erfolgen, die individuelle Entwicklungen berücksichtigt und von einem Klima der Fehlertoleranz, gegenseitiger Rücksichtnahme und Unterstützung geprägt ist (vgl. Brown 1997). Im Stundenabschnitt „Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung“ arbeiten die Schüler in Kleingruppen selbstständig und in ständiger Kommunikation, so dass auch der Aufbau und Ausbau der sozialen Kontakte der Gruppenmitglieder stark gefördert wird; die Entwicklung des Kompetenzbereiches Kommunikation wird so unterstützt. Auch das erst genannte Prinzip des situierten Lernens greift an dieser Stelle der Unterrichtsstunde, indem die gemeinsam geplante Problemlösung bewertet und erörtert wird.

Das situierte Lernen ist zudem dadurch gekennzeichnet, dass es Phasen der Reflexion und der Aufmerksamkeit gegenüber metakognitiven Strategien beinhaltet, d.h. die Schüler sollen reflektieren, was sie gelernt haben und welcher Lernweg beschritten wurde. Eine Reflexion über die Ergebnisse der Unterrichtsprozesse fördert damit auch die oben erwähnte Kompetenzentwicklung (Parchmann 2006). In dem Stundenabschnitt „Wissenssicherung“ findet dieser Aspekt Beachtung, da hier die Problemlösung von den Schülern zusammengefasst und bewertet wird. Werden von einzelnen Schülern zusätzlich andere Lernwege ausprobiert, werden sie an dieser Stelle des Unterrichts vorgetragen und bewertet.

Die Richtlinien für die Realschule des Landes Nordrhein-Westfalen (MSWF NRW 1993) zeichnen das Thema „Verbrennung“ als bedeutendes Beispiel innerhalb des zentralen Themenkomplexes „Chemische Reaktion“ für die Jahrgangsstufe 8 aus. Zum einen ist dieser Begriff den Schülern als „Phänomen aus dem Alltag“ (MSWF NRW 1993, S. 57) vertraut, zum anderen bietet das Verständnis des Verbrennungsprozesses erste Ansätze zur Beurteilung bedeutsamer Umweltprobleme wie z.B. die Luftverschmutzung durch Emission von Nichtmetalloxiden und die daraus resultierende Immission des Bodens.

Die folgenden Inhalte werden für alle Schüler zu Beginn der Unterrichtsreihe als bekannt vorausgesetzt:

- Teilchenmodell von Dalton
- Begriff der chemischen Reaktion
- Energieumsätze bei chemischen Reaktionen
- Definition des Begriffes Oxidation als Reaktion eines Stoffes mit Sauerstoff
- Zusammensetzung der Luft
- Verbrennung/Oxidation von Metallen

(Die Richtlinien sehen die Begriffe Reduktion und Redoxreaktionen erst für die Jahrgangsstufe 9 vor.)

Die neunstündige Unterrichtsreihe „Umweltverschmutzung durch Verbrennung von Nichtmetallen“ bietet an dieser Stelle die Möglichkeit, das Thema Umwelt und Umweltschutz in ein schulisches Standardthema zu integrieren. Auf diese Weise wird der sonst übliche Weg, das Thema Umwelt im Anschluss an eine Unterrichtsreihe und damit rein additiv zu erarbeiten, verlassen und ein ganzheitliches Konzept, basierend auf der Theorie des situierten Lernens (s. Kapitel 2), angestrebt.

Die Unterrichtsreihe, deren Inhalte richtlinienkonform sind, gliedert sich in drei Themenkomplexe, die im folgenden kurz dargestellt werden:

Themenkomplex I:

„Sauer ist für Pflanzen gar nicht lustig“ oder Nichtmetalloxide in Wasser reagieren sauer

1. Unterrichtsstunde: Charakterisierung von sauren und alkalischen Lösungen mithilfe von Universalindikator
2. Unterrichtsstunde: Klassifizierung von Böden anhand des pH-Wertes
3. Unterrichtsstunde: Reaktion von Nichtmetalloxiden mit Wasser am Beispiel des sauren Regens
4. Unterrichtsstunde: Umweltverschmutzung und Trinkwasseraufbereitung

Themenkomplex II:

„Den Tätern auf der Spur: die Verursacher des sauren Regens“ oder Produkte bei Verbrennungsprozessen von Nichtmetallen

5. Unterrichtsstunde: Reaktion eines Nichtmetalls mit Sauerstoff
6. Unterrichtsstunde: Entstehung des Nichtmetalloxids Schwefeldioxid als eine Ursache des sauren Regens
7. Unterrichtsstunde: Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung in der Luft

Themenkomplex III:

„Hilfe für den Boden – was ist zu tun?“ oder Maßnahmen gegen Bodenversauerung

8. Unterrichtsstunde: Neutralisation einer sauren Bodenlösung mit einer Kalklösung
9. Unterrichtsstunde: Multidimensionale Beschreibung des Bodens

Mit Ausnahme der neunten Unterrichtsstunde weisen alle ein einheitliches didaktisches Schema auf. Dies gilt sowohl für die Interventionsgruppe als auch für die Kontrollgruppe. Das Schema basiert auf dem problemlösenden Unterrichtsverfahren (z.B. nach Schmidkunz, Lindemann 1995) und kann wie folgt dargestellt werden:

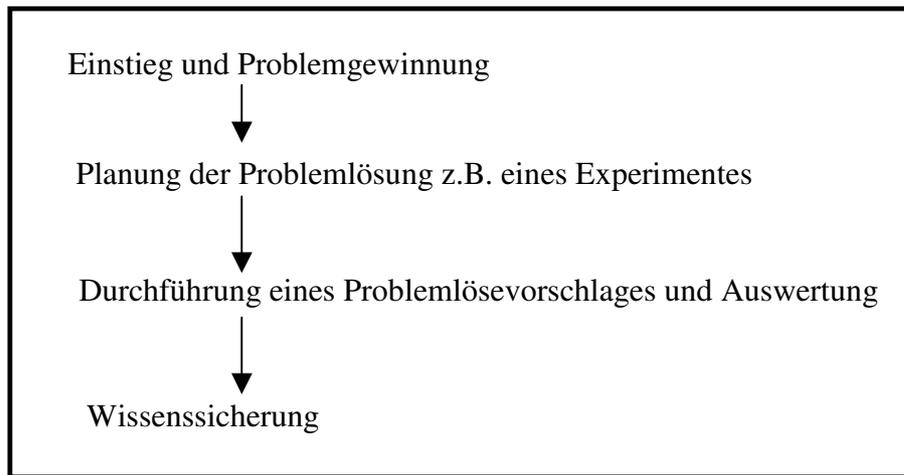


Abb. 5.8: Verlaufsschema für alle Unterrichtsstunden

Die dargestellte Vorgehensweise hat sich nach Pfeifer (1997) im naturwissenschaftlichen Unterricht seit Jahrzehnten bewährt. Auf diese Weise werden die oben genannten Kompetenzbereiche zur naturwissenschaftlichen Erschließung eines Kontextes verknüpft und können von Schülern entwickelt werden, denn das Lernen aus authentischen Problemsituationen heraus soll bei Schülern eine starke Neugierde erzeugen und die eigene Aktivität der Lernenden fördern. Auch Aebli (1981) unterstreicht die Unverzichtbarkeit der Selbstständigkeit beim Wissenserwerb. Seiner Meinung nach sichert nur die aktive Beteiligung der Schüler beim Wissenserwerb eine Überführung der neuen Erkenntnisse ins Langzeitgedächtnis. Eine weitere Stärke des problemlösenden Unterrichtsverfahrens stellt die weitgehende Strukturierung dar. Nach Bruner (1973) ist für eine erfolgreiche Gestaltung von Lernprozessen eine Strukturierung unverzichtbar. Die Strukturierung des Wissenserwerbs und damit die Anwendung des Verfahrens sind vor allem zu Beginn für die Lernenden nicht leicht.

Durch Einübung des beschriebenen Phasenablaufes in vorhergehenden Unterrichtsstunden ist den Schülern die Struktur bereits bekannt, die Formulierung von Problemlösevorschlügen wurde wiederholt trainiert, ebenso die Planung und Durchführung von Lösevorschlügen z.B. Experimenten. Dieses Einüben der notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten ist nach Ausubel (1981) wichtig für ein problemlösendes und selbstständiges Lernen (vgl. Kapitel 3.4).

Im Folgenden wird der Stundenverlauf der Unterrichtsreihe „Umweltverschmutzung durch Verbrennung von Nichtmetallen“, die sowohl der Pilotstudie als auch der Hauptstudie zugrunde liegt, ausführlich dargelegt. Dabei gehen in die Beschreibung der neun Unterrichtsstunden nicht nur die Planung, sondern auch die Erfahrungen aus der Durchführung mit ein. Die einzelnen Gruppen/Klassen erhalten in Abhängigkeit der Interventionsmaßnahme eine Symbolik, die in der Phase „Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung“ der jeweiligen Stunden auf die Unterschiede zwischen den Gruppen hin-

weist. Die ersten beiden und die letzte Phase des oben gezeigten Verlaufsschemas sind für alle Gruppen identisch.

Um dies auch in den Unterrichtsstunden zu gewährleisten, in denen eine Interventionsgruppe eine außerschulische Institution aufsucht, finden hier Unterrichtsphasen in einem Gruppenraum statt, den die jeweilige Institution für Schülergruppen zur Verfügung stellt. Anstelle der Tafel kann ein Overheadprojektor genutzt werden.

Für die Interventionsgruppe, die im schulnahen Umfeld „Park“ experimentiert, finden die ersten beiden Phasen und die letzte Phase im Klassenraum statt, für die Phase „Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung“ wird der schulnahe Park aufgesucht. Der zeitliche Aufwand der einzelnen Phasen ist für alle Gruppen gleich.

Der Stundenverlauf für die einzelnen Gruppen sieht damit wie folgt aus:

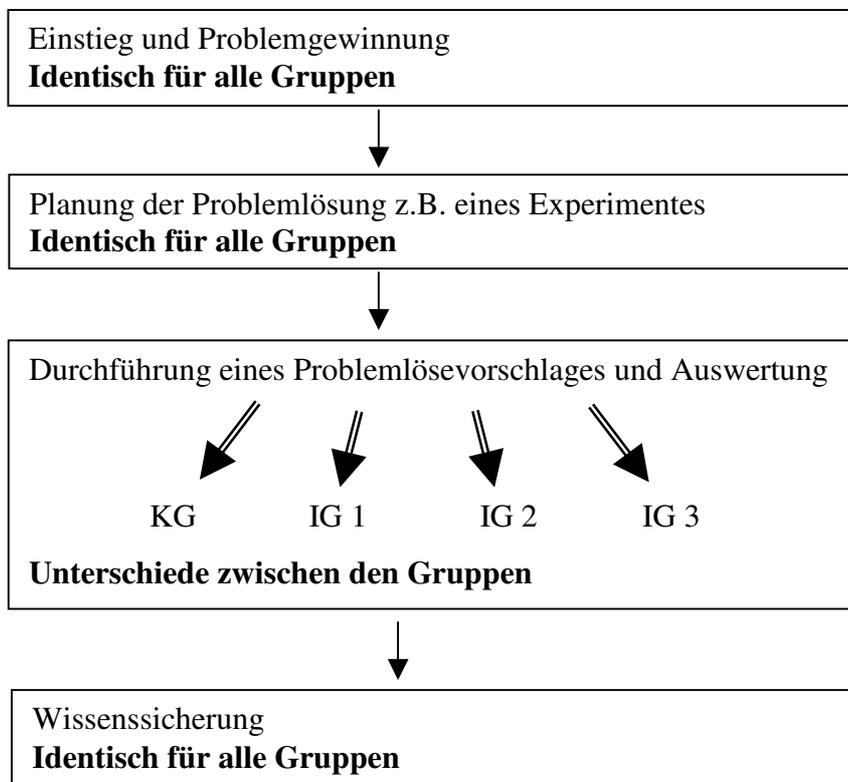


Abb. 5.9: Stundenverlauf für die einzelnen Gruppen

Bei der Auswahl der außerschulischen Lernorte wurde darauf geachtet, möglichst viele Arten von Kontakten zu einem außerschulischen Lernort einzubeziehen (s. Kapitel 3.4.1). Als eine Kontaktform wurde der gebundene Unterrichtsgang, die Exkursion, gewählt. Diese Form wird realisiert, wenn die Schüler außerschulische Institutionen aufsuchen. Als weitere Form ist das Projektpraktikum mit mehrfachem Aufsuchen des Lernortes zu nennen, bei dem das Experimentieren im schulnahen Umfeld Park im Vordergrund steht. Durch Einbeziehung dieser beiden Typen von außerschulischen Lernorten wird auch der Einteilung von Dahlhoff (vgl. Kapitel 3.4.1) entsprochen, der als Einteilungsform das nahe Schulumfeld von außerschulischen Lernorten unterscheidet, die eine längere Anfahrt benö-

tigen. Außerdem erfolgte die Auswahl des einzelnen außerschulischen Lernortes anhand der unter 3.4.2 genannten Kriterien wie z.B. ob der Lernort Wasserwerk es anbietet, fachbezogen zu arbeiten.

Zur Kennzeichnung der verschiedenen Gruppen werden die folgenden Abkürzungen verwendet (Tab.5.2):

Tab. 5.2: Abkürzungen zur Kennzeichnung der Gruppen

Pilotstudie PS	
- Kontrollgruppe KG	PS-KG
- Interventionsgruppe IG	PS-IG
Hauptstudie HS	
- Kontrollgruppe	HS-KG
- Interventionsgruppe Außerschulische Institutionen	HS-IG 1
- Interventionsgruppe Schulnahes Umfeld „Park“	HS-IG 2
- Interventionsgruppe Schulnahes Umfeld „Park“ und Außerschulische Institutionen	HS-IG 3

5.4.2 Charakterisierung von sauren und alkalischen Lösungen mithilfe von Universalindikator

Zur Einführung in den ersten Themenkomplex liegt der Schwerpunkt in dieser Stunde auf der experimentellen Überprüfung verschiedener Lösungen bezüglich des pH-Wertes mithilfe von Indikatorpapier. Für alle Gruppen ist ein einheitliches methodisches Vorgehen vorgesehen.

Einstieg und Problemgewinnung

Der Lehrer präsentiert den Schülern eine fiktive Zeitungsnotiz (Abb. 5.10), in der über das Problem der Bodenversauerung berichtet wird. Die Lernenden kennen den Begriff „sauer“ aus dem Alltag, der Begriff Versauerung im fachlichen Kontext ist ihnen jedoch unbekannt. Daher muss zunächst der Begriff „sauer“ in chemischer Hinsicht geklärt werden, um anschließend die Bedeutung von „Versauerung“ verstehen zu können.

Aachen (ap/dpa) Hilfe!!! Wissenschaftler warnen vor Bodenversauerung!
Neueste Messungen ergaben, dass unsere Pflanzen krank sind: sie zeigen Wachstumsstörungen, Bäume werfen vorzeitig ihre Blätter ab. Dazu Herr Müller vom Umweltamt: „Normalerweise liegt der pH-Wert unserer Böden zwischen 5 - 7. Aber nun - sehen Sie sich einmal diesen Boden an!“ ...

Abb. 5.10: Zeitungsnotiz zum Thema Bodenversauerung

Planung der Problemlösung z.B. eines Experimentes

Anstatt einer Geschmacksprobe, die aus Sicherheitsgründen als ein nicht durchführbarer Lösungsversuch zur Identifizierung eines sauren Bodens verworfen wird, stellt sich für die Schüler die Frage, wie der pH-Wert¹ gemessen werden kann (s.u. die fachliche Klärung des Begriffes erfolgt im Anschluss an das Experiment durch die Schüler selbst) und wie eine „saure“ Lösung identifiziert werden kann. Der Lehrer führt an dieser Stelle Universalindikatorpapier als Nachweismittel ein und demonstriert dessen Anwendung, indem er ein kleines Stück Indikatorpapier mit einer Pinzette in ein mit Wasser gefülltes Becherglas hält. Die Farbänderung des Indikatorpapiers wird mit den Zahlen auf dem Behälter des Indikators in Zusammenhang gebracht und herausgestellt, dass jeder Farbe eine bestimmte Zahl und damit ein bestimmter pH-Wert zugeordnet werden kann.

Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung

An dieser Stelle des Unterrichts untersuchen die Schüler Lösungen mithilfe von Indikatorpapier auf den pH-Wert. Folgende Lösungen bzw. Reinstoffe, die sowohl aus der Alltagswelt der Schüler als auch aus dem fachwissenschaftlichen Kontext stammen, kommen zum Einsatz:

- Salzsäure
- Mineralwasser
- Limonade, z.B. Cola
- Aufgelöstes Brausepulver
- Seifenlösung
- Essig
- Kalklösung
- Destilliertes Wasser
- Natronlauge

An dieser Stelle werden nicht durchgängig chemische Fachbegriffe verwendet, sondern die Alltagssprache, da nicht die Einführung fachsprachlicher Begriffe im Vordergrund steht. Die Ergebnisse der Farbreaktionen und dazu gehörige pH-Werte werden in einer Tabelle (Tab.5.3) an der Tafel notiert:

¹ Der Begriff des pH-Wertes ist den Schülern bekannt, z.B. aus der Werbung. Sie kennen ihn jedoch nicht aus chemischer Sicht.

Tab. 5.3: Farbreaktion und pH-Wert der eingesetzten Lösungen mit Universalindikator

Prüflösung	pH-Wert:													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Salzsäure	rot													
Mineralwasser	orange-gelb													
Cola	orange													
Aufgelöstes Brausepulver	orange													
Seifenlösung	grün													
Essig	orange													
Kalklösung	grün													
Destilliertes Wasser	grün-gelb													
Natronlauge	blau													

Die Einbeziehung der Alltagserfahrungen („Essig schmeckt sauer“) und der Vergleich der pH-Werte mit den entsprechenden Farbreaktionen lässt die Schüler zu der Schlussfolgerung kommen, dass alle sauren Lösungen das Indikatorpapier rot bis orange färben und einen pH-Wert besitzen, der kleiner als 7 ist. Die korrespondierende Bezeichnung „alkalische Lösung“ für diejenigen Lösungen, die mit dem Indikator eine grün-blaue Färbung ergeben und einen pH-Wert besitzen, der größer als 7 ist, sowie die Bezeichnung „neutral“ werden vom Lehrer neu eingeführt. Der Fachbegriff „Indikator“ wird an dieser Stelle definiert als Farbstoff, mit dessen Hilfe man entscheiden kann, ob eine Lösung sauer, alkalisch oder neutral ist (vgl. Bäurle 2003). Da mathematische Voraussetzungen wie der Logarithmus in der achten Jahrgangsstufe noch nicht gegeben sind, erfolgt die Behandlung des Fachbegriffes „pH-Wert“ als „Maß, wie sauer oder alkalisch eine Lösung ist“ (Fichtner 1994, S.58). Mit dieser Definition des pH-Wertes, die sich von der sonst häufig in Schulbüchern verwendeten Angabe, „wie stark sauer oder alkalisch eine Lösung ist“ (vgl. Frühauflauf 2002, Asselborn 2001) unterscheidet, können spätere Fehlvorstellungen zum Begriff der „Säurestärke“ vermieden werden.

Wissenssicherung

Nach einer Wiederholung des Stundeninhaltes anhand der Zeitungsnotiz und weiterer Denkphasen durch die Schüler wird anhand von Anwendungsbeispielen (Tab. 5.4), die der Lehrer auf einer Folie präsentiert, die Bedeutung des pH-Wertes für den Boden, und damit auch für ein optimales Wachstum von Pflanzen, herausgestellt. Der Begriff der Versauerung wird an dieser Stelle von den Schülern als ein Prozess beschrieben, bei dem der Bo-

den „saurer“ wird, d.h. der pH-Wert wird niedriger. Als Folgen eines stark versauerten Bodens werden anschließend – in Anlehnung an die Pressenotiz - ein schlechtes Wachstum von Pflanzen verbunden mit einem verminderten Ernteertrag herausgestellt.

Tab. 5.4: Optimaler pH-Wert von Böden für einige Nutzpflanzen
(entnommen aus: Bäurle, 2003, Hell, 2000)

Pflanzenart	pH-Wert
Kartoffel	5,0 – 6,5
Tomate	5,0 – 7,5
Erdbeere	7,0 – 8,0
Heidelbeere	3,5 – 5,0
Erbse	6,0 – 7,0

5.4.3 Klassifizierung von Böden anhand des pH-Wertes

Einstieg und Problemgewinnung

Der Einstieg erfolgt über die in der letzten Stunde vorgestellten Tabelle, die über einige für den Menschen bedeutsame Nutzpflanzen² und den ihnen zugeordneten optimalen pH-Werte von Böden informiert. Anhand dieser Tabelle werden der Fachbegriff „pH-Wert“ sowie die Einteilung von Lösungen in die Kategorien „sauer“, „alkalisch“ und „neutral“ von den Lernenden selbstständig wiederholt.

Mit der neuen Kenntnis der Schüler, dass jede Nutzpflanze einen spezifischen pH-Wert des Bodens für ein optimales Wachstum benötigt, entsteht die Frage nach dem pH-Wert der Böden in der Umgebung der Schüler und die daraus resultierenden Anbaumöglichkeiten von Pflanzen.

Planung der Problemlösung z.B. eines Experimentes

Ausgehend von dem Vorschlag der Schüler, das Problem mithilfe eines Schülerversuches zu lösen, ist es erforderlich, die Vorgehensweise einer pH-Wertmessung von einer wässrigen Lösung auf die einer Bodenprobe zu übertragen. Im Gegensatz zu einem vertikalen Transfer stellt dies einen horizontalen oder lateralen Transfer dar, der nach Hasselhorn und Mähler (2000) als Bezeichnung für Situationen gleicher Komplexität verwendet wird. Ein vertikaler Transfer dagegen liegt vor, wenn eine zu erwerbende Fertigkeit direkt zum Erwerb einer übergeordneten Fertigkeit führt.

Analog zur Bestimmung des pH-Wertes einer beliebigen Lösung, die die Schüler in der ersten Stunde kennengelernt haben, kann der pH-Wert einer Bodenprobe ermittelt werden,

² Der pH-Wert ist für alle Pflanzen von Bedeutung, die hier angesprochenen Nutzpflanzen stellen lediglich Beispiele dar.

indem der Boden mit Wasser versetzt und das Indikatorpapier in die entstehende Lösung gehalten wird. Die beobachtete Farbänderung des Indikators macht eine Bestimmung des pH-Wertes möglich. Diese grobe Planung des Experimentes durch die Schüler hat zum Ziel, dass sie die prinzipielle Vorgehensweise zur Lösung des Problems selbstständig entwickeln und gegebenenfalls Alternativvorschläge konstruieren.

Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung

Für die Durchführung des Experimentes in Kleingruppen erhalten die Schüler das begleitende Arbeitsblatt „Sauer oder nicht?“ mit einer konkreten Arbeitsanweisung. Im Rahmen dieser Konkretisierung wird den Schülern eine Mengenangabe für die Bodenprobe vorgegeben, die für ein Gelingen des Experimentes notwendig ist. Neben dem Nachlesen der Versuchsdurchführung und dem Protokollieren der Beobachtungen ermöglicht dieses Arbeitsblatt den Schülern zusätzlich das Notieren ihrer Alternativvorschläge, so dass diese ebenfalls ausgeführt und in der Auswertungsphase diskutiert werden können.

Während der Experimentierphase differiert die Organisation der Gruppen in Abhängigkeit der Interventionsmaßnahme. Die Gruppen **PS-IG, HS-IG 2, HS-IG 3** erhalten alle Arbeitsmaterialien in einem Experimentierkoffer (siehe Kap. 5.3), um das Experiment im schulnahen Umfeld „Park“ durchführen zu können. Bodenproben werden von den Schülern an von ihnen ausgewählten Standorten genommen. Sämtliche Experimentiermaterialien liegen den übrigen Gruppen (**PS-KG, HS-KG, HS-IG1**) im Klassenraum vor. Bodenproben von verschiedenen Standorten werden den Schülern zur Verfügung gestellt.

Nach einem Vergleich der einzelnen Messwerte im Anschluss an die Versuchsdurchführung beurteilen die Schüler die Böden hinsichtlich des pH-Wertes. Für eine stärkere Differenzierung der pH-Werte liegt den Lernenden eine Einteilung aufgrund des pH-Wertes vor (Tab. 5.5), der auch den schwach sauren bzw. alkalischen Charakter von Böden berücksichtigt.

Tab. 5.5: Beurteilung der Böden hinsichtlich des pH-Wertes, geändert nach Faltermeier, 1996

pH-Wert	Bewertung des Bodens
1- 4,5	Sehr sauer
4,6 – 5,2	Sauer
5,3 – 6,4	Schwach sauer
6,5 – 7,4	Neutral
Über 7,5	alkalisch

Wissenssicherung

In der Sicherungsphase wiederholen die Schüler anhand der eingangs verwendeten Tabelle (Tab. 5.4) die einzelnen Denkphasen und ermitteln, welche Nutzpflanzen sie an ihren schulnahen Standorten anbauen könnten.

5.4.4 Reaktion von Nichtmetalloxiden mit Wasser am Beispiel des sauren Regens

Einstieg und Problemgewinnung

Zum Einstieg in die dritte Unterrichtsstunde wird in einem Lehrerdemonstrationsexperiment, das als Wiederholung der letzten Stunde dient, der pH-Wert einer Bodenprobe bestimmt. Die Rotfärbung des Indikatorpapiers deuten die Schüler als Nachweis für eine saure Lösung und somit als Hinweis auf eine Versauerung des Bodens. Aufgrund des Vorwissens der Schüler um eine begrenzte Auswahl an Nutzpflanzen, die auf sauren Böden wachsen, entsteht die Frage nach den Ursachen der Bodenversauerung.

Planung der Problemlösung z.B. eines Experimentes

Nachdem Vermutungen über die Ursachen der Bodenversauerung gemäß den Schülerausagen, z.B. „in den Boden gelangen saure Chemikalien“ an der Tafel fixiert wurden, werden Überlegungen zur Problemlösung diskutiert und ein experimenteller Zugang zur Problemlösung ausgeschlossen. Als Ursache hierfür gibt der Lehrer die Erklärung, dass mit der zu thematisierenden Stoffklasse bei Raumtemperatur gasförmige Verbindungen vorliegen, deren Einsatzmöglichkeiten mit Ausnahme von Kohlenstoffdioxid und Schwefeldioxid (siehe vierte und fünfte Stunde) im Schülerexperiment aus materiellen und sicherheitstechnischen Gründen zum Zeitpunkt der Intervention nicht möglich ist. Low-Cost-Experimente im Minimalmaßstab, wie sie auch von Obendrauf (1996, 1999) zur Untersuchung anderer Gase z.B. von Ethen oder Methan eingesetzt werden, könnten hier unter Umständen eine sinnvolle experimentelle Alternative sein. Hierbei handelt es sich um Experimente, die mit einem Reagenzglas als Reaktionsgefäß und diversen herkömmlichen Materialien z. B. Spritzen, Gummistopfen durchgeführt werden. Vorteilhaft sind die gute Visualisierung des Reaktionsgeschehens im Schülerexperiment und die Mobilität im Klassenraum, da man nicht auf den Experimentiertisch angewiesen ist. Zudem sind aufwendige Reinigungsarbeiten einer großen Apparatur nicht notwendig. Für die Zukunft wären Low-Cost-Experimente zur Untersuchung von Nichtmetalloxiden wie z.B. von Stickstoffoxiden daher sinnvoll und wünschenswert.

Anstelle des experimentellen Zuganges werden Informationen aus anderen Quellen benötigt. Neben dem Schulbuch wird den Schülern ein Informationstext (geändert nach Blume, 1995) (Abb. 5.9) zur Verfügung gestellt, der mit einer zweiteiligen Aufgabenstellung verknüpft ist, die von den Schülern in Gruppenarbeit bearbeitet wird.

Warum wird der Boden sauer?

Böden haben unterschiedliche Eigenschaften, manche sind sauer, manche alkalisch. In den letzten Jahren fand aber eine zunehmende Versauerung statt. Eine Ursache ist der saure Regen. Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten, wie saurer Regen entsteht.

Der Regen war schon immer leicht sauer. Noch bevor erste Fabriken entstanden oder Autos zu fahren begannen, befand sich nämlich Kohlenstoffdioxid in der Luft (Es entsteht bei der Atmung und bei der Verbrennung von Brennstoffen). Bei der Reaktion von Kohlenstoffdioxid mit Wasser entsteht Kohlensäure. Sie wirkt nur schwach sauer und kaum schädigend. Neben dieser Säure gibt es weitere, die den Regen sauer machen.

In den Feuerungsanlagen von Kraftwerken, Industrieanlagen und Haushalten werden Kohle oder Heizöl verbrannt. Da die Brennstoffe Schwefelverbindungen enthalten, entsteht Schwefeldioxid. Dieses Gas reagiert mit Wasserdampf in der Luft, es entsteht Schweflige Säure. Unter Mitwirkung von Staubteilchen in der Luft bildet sich auch Schwefeltrioxid und daraus mit Wasser Schwefelsäure.

Der Stickstoff der Luft reagiert normalerweise nicht mit Sauerstoff. Durch einen elektrischen Funken (z.B. einen Blitz) verbinden sich beide Gase aber doch zu Stickstoffoxiden. Diese bilden mit Wasserdampf in der Luft Salpetersäure. Die Stickstoffoxide in der Luft stammen zu einem großen Teil aus Autoabgasen. Sie bilden sich in Folge der hohen Verbrennungstemperaturen im Zylinder.

Diese Säuren können den Regen ziemlich sauer machen (Regen in Westdeutschland: pH- 4). Die Folgen für den Boden sind klar...

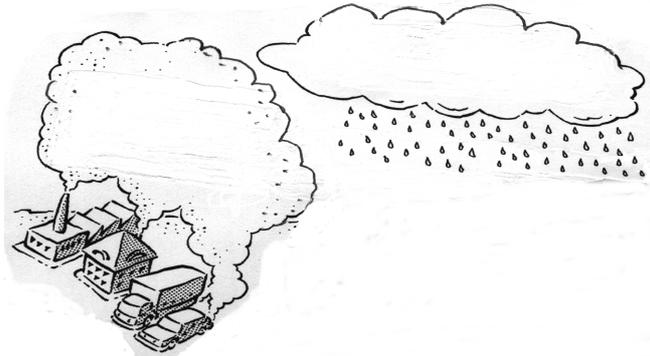
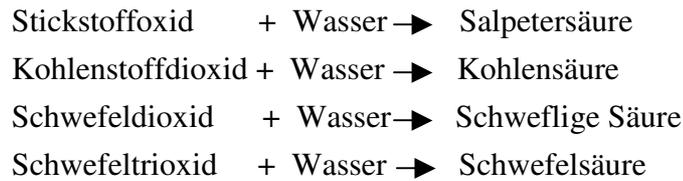


Abb.5.11: Informationstext zur Entstehung des sauren Regens

Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung

Nach Klärung von Textverständnisproblemen z.B. unbekannte Begriffe sollen die Schüler in der ersten Aufgabe die Wortgleichung der Reaktionsschemata für die Entstehung des sauren Regens aufstellen. Auf die exakten stöchiometrischen Reaktionsgleichungen muss an dieser Stelle verzichtet werden, da den Lernenden zu diesem Zeitpunkt zwar einige Molekülformeln wie z.B. von Wasser oder Kohlenstoffdioxid bekannt sind, das Aufstellen von chemischen Gleichungen aber erst ab der Jahrgangsstufe 9 erfolgt.

Als Ergebnis der ersten Aufgabe werden die Reaktionsschemata von den Schülern vorgestellt und an der Tafel fixiert:



Ein weiterer Schwerpunkt der ersten Aufgabenstellung liegt in der Formulierung einer Gemeinsamkeit aller am sauren Regen beteiligten Gase. Dies stellt für Schüler die größte zu erbringende Transferleistung dar, da sie zum einen andere Gase (Sauerstoff, Stickstoff) kennen, die nicht an der Entstehung des sauren Regens beteiligt sind. Zum anderen sind ihnen andere Oxide (z.B. Calciumoxid, Eisenoxid) bekannt, die ebenfalls keine Verursacher des sauren Regens darstellen. Als Hilfestellung durch den Lehrer kann der Hinweis auf die aus dem Anfangsunterricht bekannte Unterscheidung der Elemente in Metalle und Nichtmetalle erfolgen. Die allgemeine Erkenntnis, dass Nichtmetalloxide in Wasser saure Lösungen bilden und so den sauren Regen bewirken, wird als Merksatz festgehalten.

Die zweite Aufgabenstellung fragt nach der zunehmenden Bodenversauerung als Folge des sauren Regens, die von den Schülern in einem kurzen Text erklärt werden soll und anschließend im Plenum vorgetragen wird (Textbeispiel: „Die Abgase von Autos und Fabriken steigen und die Luft und treffen auf Regen, dadurch wird der Regen sauer. Der geht in den Boden und der Boden wird sauer, die Pflanzen gehen dann kaputt.“

Wissenssicherung

Zur Wissenssicherung präsentiert der Lehrer zwei Abbildungen (durch sauren Regen erkrankte Bäume, See mit minimalen Tier- und Pflanzenbestand), die die Auswirkungen von saurem Regen auf Pflanzenwachstum zeigen (Blume 1995, S. 128). Zusammenfassend gleichen die Schüler die zu Beginn der Stunde aufgestellten Vermutungen mit den tatsächlichen Verursachern der Bodenversauerung ab und erklären, dass die Umwelt, insbesondere der Boden und die Gewässer, durch Nichtmetalloxide, die mit Wasser zu Säure reagieren und „herunterregnen“, stark geschädigt wird.

5.4.5 Verminderung der Umweltverschmutzung am Beispiel der Trinkwasserreinigung

Einstieg und Problemgewinnung

Als Rückgriff auf die letzte Stunde informiert der Lehrer die Schüler, dass saurer Regen nicht nur Böden versauert, sondern auch ins Trinkwasser gelangt. Die Forderung nach Gewinnung von reinem Wasser bzw. Reinigung von Schmutzwasser steht im Fokus der Stunde.

Planung der Problemlösung z.B. eines Experimentes

Nachdem Vermutungen über mögliche Methoden zur Reinigung des Wassers z.B. geeignete Filteranlagen aufgestellt wurden, werden Überlegungen zur Problemlösung diskutiert. Das Kennenlernen eines Wasserwerkes und der Stationen der Trinkwassergewinnung erscheint den Schülern als sinnvolle Problemlösung.

Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung

Ausgehend von einem für alle Gruppen identischen Stundeneinstieg differiert der weitere methodische Stundenablauf für die einzelnen Klassen. Die Gruppen **PS-IG, HS-IG 1, HS-IG 3** suchen den außerschulischen Lernort „Wasserwerk Getelo“ auf. Bei diesem Lernort handelt es sich um eines der modernsten Wasserwerke im nordwestdeutschen Raum, das von der Schulabteilung der Bezirksregierung Weser-Ems als außerschulischer Lernort im Umweltbereich ausgewählt wurde (Ragnitz 2000). Im Rahmen einer Werksführung wird der Weg des Wassers vom Flusswasser zum Trinkwasser verfolgt. Neben der Trinkwassergewinnung als einer der Hauptaufgaben des Wasserwerkes werden auch die chemischen Analysen vorgestellt, die zur Überprüfung der Reinheit des Wassers dienen. Die Bestimmung des pH-Wertes als ein Bestandteil der Analyse wird von den Schülern selbst durchgeführt. Im Anschluss an die Werks- und Anlagenbesichtigung werden die Themen „Trinkwasser und Umwelt“ so wie „Wasserschutz und Wasserverschmutzung“ diskutiert. Im Gegensatz dazu wird den übrigen Gruppen (**PS-KG, HS-KG, HS-IG 2**), die im Klassenraum verbleiben, ein Film präsentiert, der die oben genannten Themenschwerpunkte anspricht. Die zeitliche Dauer der Informationsvermittlung wurde nach Absprache mit dem Werksführer in den Gruppen nahezu konstant gehalten.

Wissenssicherung

Der letzte Teil der Unterrichtsstunde läuft wie der Einstieg für alle Studiengruppen gleich ab. Da der Informationsgehalt bezüglich der Trinkwassergewinnung/Reinigung in den Gruppen identisch ist, erhalten alle Schüler zur Wissenssicherung ein Arbeitsblatt (geändert nach Kasprzak 2000, siehe Anhang), das als Schaubild die einzelnen Stationen der Wassergewinnung darstellt. Zusammenfassend erläutern die Schüler das Schema und ordnen den Stationen im Wasserwerk die entsprechenden Funktionen zu. In einem abschließenden Gespräch werden mögliche Maßnahmen zur Reduzierung der Wasserverschmutzung seitens der Schüler hervorgehoben und diskutiert.

5.4.6 Reaktion eines Nichtmetalls mit Sauerstoff

Als Einführung in den zweiten Themenkomplex „Entstehung von Nichtmetalloxiden“ liegt in dieser Stunde der thematische Schwerpunkt auf dem Verbrennungsvorgang der Nichtmetalle und der Entstehung von gasförmigen Produkten.

Einstieg und Problemgewinnung

Der Einstieg in die fünfte Stunde erfolgt anhand der Abbildung eines Wärmekraftwerkes und der Information über die tägliche Verbrennungsleistung von 4000 Tonnen Kohle. Zur besseren Visualisierung dieser für Schüler schwer vorstellbaren Masse wird vergleichend erläutert, dass zu deren Transport 100 Güterwagen bzw. drei bis vier Binnenschiffe benötigt werden. Ausgehend von dieser Information und ihrem Vorwissen zum Thema Verbrennen stellen die Lernenden Hypothesen über die mögliche Masse an Produkten auf, die bei dem täglichen Verbrennungsvorgang entsteht, z. B.

- „Es entsteht so viel, dass sechs bis sieben Binnenschiffe eingesetzt werden müssen“.
- „Ich glaube nicht, dass man das alles transportieren kann, was da entsteht“.

Planung der Problemlösung z.B. eines Experimentes

Aufgrund ihres im früheren Unterricht erworbenen Vorwissens (Verbrennung von Metallen, Massenzunahme, da das Metall mit dem Sauerstoff reagiert) kommen die Schüler zu der Schlussfolgerung, bei der Verbrennung einer bestimmten Masse Kohle entsteht eine größere Masse an Produkten, wird als Überlegung zur Problemlösung ein Experiment geplant, das diese Hypothese verifizieren soll. Dieses Experiment beinhaltet zwei Kriterien:

- die Masse der verwendeten Kohle wird vor und nach dem Versuch bestimmt.
- die Verbrennung soll in einem geschlossenen Gefäß (z.B. Standzylinder mit Deckel) stattfinden, um alle Produkte aufzufangen.

Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung

Da das genaue Beobachten des Experimentes und nicht das Einüben experimenteller Fertigkeiten hier im Vordergrund steht, erfolgt die Durchführung des von den Schülern vorgeschlagenen und geplanten Experiments als Lehrerdemonstrationsversuch.

Die Beobachtungen werden an der Tafel fixiert:

- *Das Stück Kohle beginnt zu glühen.*
- *Das Reststück Kohle hat nach dem Versuch eine deutlich geringere Masse als vorher.*
- *Ein grauer Stoff (Asche) ist, neben dem Reststück Kohle, zu sehen.*

An dieser Stelle muss den Schülern verdeutlicht werden, dass die Asche nicht das Oxid des eingesetzten Kohlenstoffs ist, sondern nur den Rückstand der Mineralstoffe in der Kohle. Zum Nachweis des entstandenen, nicht sichtbaren Oxides wird Kalkwasser in den Standzylinder gegeben. Durch einen parallel durchgeführten und den Schülern bereits aus dem Biologieunterricht bekannten Versuch zur Atmung, bei dem Atemluft in Kalkwasser eingeleitet wird und eine Trübung des Kalkwassers hervorruft (vgl. Schulz, 2004), können die Beobachtungen um einen Punkt ergänzt werden:

- *Gibt man nach dem Verbrennen Kalkwasser in den Standzylinder, so wird die klare Lösung milchig.*

Ausgehend von dieser Beobachtung wird es den Lernenden nun möglich, die Trübung des Kalkwassers und die zunächst unerwartete „Massenabnahme“ der Kohle auf das entstandene Gas Kohlenstoffdioxid zurückzuführen. Die Formulierung des Reaktionsschemas für die Verbrennung von Kohle(nstoff) schließt die Auswertung des Experimentes ab.

Wissenssicherung

Als Rückgriff auf den Stundenbeginn präsentiert der Lehrer die eingangs verwendete Abbildung des Kohlekraftwerkes. Die Schüler erklären zusammenfassend, dass das Verbrennungsprodukt von Kohle(nstoff) gasförmig und nicht sichtbar ist. Da es entweicht, hat die Asche eine geringere Masse als die Masse des eingesetzten Kohlenstückes und die Entsorgung des Rückstandes ist relativ unproblematisch. Basierend auf den Erkenntnissen der dritten Stunde erkennen die Schüler, dass das gasförmige Oxid mit Regen zu Kohlensäure reagiert und damit zum sauren Regen beiträgt. Maßnahmen für eine Reduzierung des gasförmigen Verbrennungsproduktes werden diskutiert z.B. die Heizung nicht höher stellen als erforderlich.

5.4.7 Entstehung des Nichtmetalloxids Schwefeldioxid als eine Ursache des sauren Regens

Einstieg und Problemgewinnung

Zum Einstieg in die sechste Unterrichtsstunde präsentiert der Lehrer kommentarlos die Abbildung einer Streichholzschachtel mit dem Slogan „Der Umwelt zuliebe – ohne Schwefel!“, die als Anregung zur Problemfindung dient. Mithilfe ihres Vorwissens schlussfolgern die Schüler, dass bei der Verwendung schwefelhaltiger Streichhölzer ein die Umwelt schädigendes Verbrennungsprodukt entsteht.

Planung der Problemlösung z.B. eines Experimentes

Zur Problemlösung wird von den Schülern ein Experiment konzipiert, das in Kleingruppen durchgeführt werden soll. Analog zum Experiment mit Kohlenstoff (siehe 5. Unterrichtsstunde) soll im ersten Teil des Experiments Schwefel in einem geschlossenen Standzylinder verbrannt und so das Verbrennungsprodukt aufgefangen werden. Eine Beschreibung des Produktes aufgrund der Beobachtungen soll in Form eines Steckbriefes erfolgen (siehe Tafelanschrieb). Im Anschluss daran wird zur Überprüfung der schädigenden Wirkung die Umwelt (z.B. in Form von Laubblättern, Blütenblättern) in den Versuch einbezogen, indem ein unmittelbarer Kontakt mit dem Verbrennungsprodukt hergestellt wird. Die Protokollierung der schädigenden Eigenschaften des Produktes vervollständigt den Steckbrief.

Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung

Nach der prinzipiellen Planung des Experimentes erfolgt die Durchführung mithilfe eines Arbeitsblattes (siehe Anhang: Arbeitsblatt „Wie wirkt das Verbrennungsprodukt von Schwefel auf unsere Umwelt?“), das die von den Schülern genannten Standardvorschläge (Verbrennung in einem geschlossenen Gefäß und Auffangen des Reaktionsproduktes) als konkrete Arbeitsanweisung enthält. Diese Konkretisierung der Experimentieranweisung ist notwendig, da die MAK-Werte für das entstehende gasförmige Schwefeldioxid beachtet werden müssen. Die einzusetzende Menge an Schwefel wird stark eingegrenzt, indem jeder Experimentiergruppe nur ein Zentimeter lange Schwefelbandstücke zur Verfügung gestellt werden. Die Verwendung von Schwefelband anstelle von Pulver oder Schwefelstücken sorgt zudem für eine sichere Handhabbarkeit. Der Hinweis auf das sofortige Verschließen des Standzylinders als Verbrennungsbehälter mittels eines Glasdeckels vermindert während des Verbrennungsvorganges zusätzlich eine Belastung mit Schwefeldioxid.

Analog zur zweiten Unterrichtsstunde differiert in dieser Stunde ebenfalls die Organisation der Studiengruppen während der Experimentalphase. Die Gruppen **PS-IG, HS-IG 2, HS-IG 3** erhalten alle Arbeitsmaterialien in dem bereits bekannten Experimentierkoffer, um das Experiment im schulnahen Umfeld „Park“ durchführen zu können. Der von den Schülern geforderte unmittelbare Kontakt des Verbrennungsproduktes von Schwefel mit der Umwelt wird erzielt, indem sie Blütenblätter sammeln und in den Standzylinder geben. Die Verwendung von Blütenblättern anstelle von Laubblättern o.ä. hat sich bewährt, da hier die bleichende Eigenschaft von Schwefeldioxid deutlich zu erkennen ist, besonders geeignet sind vor allem violette oder dunkelrote Blüten. Der Einsatz von blauer Tinte, wie es Blume (1995) vorschlägt, ist ebenfalls möglich, entspricht aber nicht dem Wunsch der Schüler, direkten Kontakt mit der Umwelt herzustellen.

Sämtliche Materialien liegen auch den anderen Gruppen (**PS-KG, HS-KG, HS-IG 1**) vor, die im Klassenraum experimentieren. Der direkte Kontakt mit der Umwelt wird hier erzielt, indem den Schülern Blütenblätter von z.B. Usambaraveilchen oder Nelken zur Verfügung gestellt werden.

Nach der Durchführung des Experimentes ist der weitere Stundenablauf für alle Gruppen identisch. Nach einem Vergleich der Beobachtungen wird der Steckbrief erstellt und an der Tafel fixiert:

Verbrennungsprodukt von Schwefel

das Produkt ist gasförmig

es ist farblos

es riecht stechend

es ist nicht brennbar

es hat eine bleichende Wirkung auf z.B. Blütenblätter

(Tafelanschrieb: Steckbrief von Schwefeldioxid)

Das entstandene Produkt wird von den Schülern in Analogie zur Verbrennung von Kohlenstoff (siehe 5. Unterrichtsstunde) als Schwefeldioxid bezeichnet. Das Wortschema zur Bildung dieses Produktes wird notiert. Der Vergleich mit der Herstellung von Kohlenstoffdioxid führt in einem Unterrichtsgespräch zu der allgemeinen Aussage, dass bei der Verbrennung von Nichtmetallen ein gasförmiges Nichtmetalloxid entsteht (5. Unterrichtsstunde).

Wissenssicherung

Als Rückgriff auf den Stundenbeginn verweist der Lehrer auf die eingangs präsentierte Streichholzsachtel und den Slogan, „Der Umwelt zuliebe – ohne Schwefel!“. Dies fordert die Schüler zu der Erklärung auf, dass die Schädigung der Umwelt auf die Entstehung von Schwefeldioxid zurückzuführen ist und eine Verwendung schwefelhaltiger Produkte z.B. Kohle, Benzin stark einzuschränken ist. Der Hinweis des Lehrers auf den Zusammenhang von gasförmigen Oxiden und Regen führt zu einer Wiederholung und Vertiefung der Problematik des sauren Regens (3. Unterrichtsstunde).

5.4.8 Maßnahmen zur Schadstoffverringerung der Luft

Einstieg und Problemgewinnung

Zum Einstieg in die siebte Stunde wird den Schülern eine Tabelle präsentiert, die die Schwefeldioxidemission aus Kraftwerken von 1990 und 2000 zeigt. Während der Schadstoffausstoß 1990 noch 2.800.000 Tonnen pro Jahr betrug, ist er in zehn Jahren deutlich auf 1.900.000 Tonnen pro Jahr reduziert worden (Hell 2000). Ausgehend von dem Vorwissen der Schüler über die schädigende Wirkung von Schwefeldioxid (siehe sechste Unterrichtsstunde) resultiert die Notwendigkeit der Schadstoffreduktion. Die Verringerung der Schwefeldioxidbelastung der Luft durch entsprechende Maßnahmen steht damit thematisch im Vordergrund dieser Stunde.

Planung der Problemlösung z.B. eines Experimentes

Nachdem Vermutungen über die möglichen Maßnahmen, z.B. geeignete Filteranlagen oder Auffangvorrichtungen für Schwefeldioxid, an der Tafel fixiert wurden, werden Überlegungen zur Problemlösung diskutiert und ein experimenteller Zugang zur Problemlösung ausgeschlossen. Das Kennenlernen einer Betriebsanlage zur Reinigung der Luft von Schwefeldioxid und deren Funktionsweise erscheint den Schülern als sinnvolle Problemlösestrategie.

Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung

Ausgehend von einem für alle Gruppen identischen Stundeneinstieg differiert der weitere methodische Stundenablauf für die einzelnen Studiengruppen.

Die Gruppen **PS-IG, HS-IG 1, HS-IG 3** unternehmen eine Exkursion zum Kohlekraftwerk in Werne-Stockum, das von der Bezirksregierung Weser-Ems als außerschulischer Lernort im Umweltbereich ausgewählt wurde (Ragnitz 2000). Nach einer kurzen Orientierung über den Aufbau und die einzelnen Funktionseinheiten des Kraftwerkes, die mit Hilfe eines Films vermittelt werden, erfolgt eine Führung durch die gesamte Anlage. Sowohl die Methode der Entstaubung der Rauchgase durch Elektrofilter als auch die Rauchgasentschwefelung, bei der das Schwefeldioxid mit einer Kalksuspension zur Reaktion gebracht wird, wobei Gips entsteht, wird der Schülergruppe adressatengerecht dargestellt. Nachdem die Schüler einen Eindruck des immensen Aufwandes für die Reinigung der Rauchgase erhalten haben, sollen sie in Kleingruppen über Maßnahmen der Luftreinhaltung diskutieren, die sie durchführen können, z.B. Heizung abstellen während des Lüftens, kurze Strecken mit dem Fahrrad fahren anstatt sich mit dem Auto fahren zu lassen. Im für die Klasse zur Verfügung gestellten Gruppenraum werden diese anschließend vorgestellt und hinsichtlich ihrer Alltagstauglichkeit bewertet.

Die übrigen Gruppen (**PS-KG, HS-KG, HS-IG 2**) bleiben im Klassenraum. Anstelle der Werksführung werden die Informationen anhand eines Sachtextes (nach Jäckel 1993) und der Abbildung eines Kraftwerkes (nach Frühauf 2002) erarbeitet. Zusätzlich enthält das Arbeitsblatt (siehe Anhang) eine siebenteilige Aufgabenstellung, die von den Schülern in Kleingruppen zu bearbeiten ist. Anhand dieser Aufgaben beschäftigen sich die Schüler mit den gleichen Themen und der gleichen Methode, also Kleingruppenarbeit, wie die Interventionsgruppen. Eine Vergleichbarkeit aller Gruppen ist damit gewährleistet.

Zunächst sollen die Schüler sich bewusst machen, dass die Reinigung der Rauchgase aus Kraftwerken erforderlich ist, da Rauchgase feste und gasförmige Schadstoffe enthalten. Die zweite Frage fokussiert auf die Möglichkeiten, Rauchgas zu reinigen. Hierzu ist es notwendig, dass sich die Schüler einen Überblick über den Aufbau eines Kraftwerkes verschaffen. Die dritte und vierte Aufgabe fragt nach der Bildung der gasförmigen Schadstoffe während des Verbrennungsprozesses der Kohle. Im Anschluss daran beschäftigen sich die fünfte und sechste Frage ausschließlich mit dem den Schülern aus den letzten Stunde bekannten Schwefeldioxid. Die Bildung von Gips aus Schwefeldioxid und die Verwendungsmöglichkeiten dieses Nebenproduktes sollen von den Schülern nachvollzogen werden. In der letzten Aufgabe werden die Schüler aufgefordert, Möglichkeiten zur Verringerung der Luftverschmutzung zu nennen, die sie selbst durchführen können. Diese sollen sie im schülerinternen Gespräch erarbeiten und ihre Anwendbarkeit im Alltag diskutieren. Nachdem die Beantwortung der ersten sechs Aufgaben überprüft wurde, erhalten die Schüler die Gelegenheit, ihre Vorschläge zur Luftverbesserung im Plenum vorzutragen.

Wissenssicherung

Neben einer Zusammenfassung des inhaltlichen Stundenverlaufs umfasst die Wissenssicherung eine Bewertung der von den Schülern zusammengetragenen Maßnahmen zur Luftverbesserung durch eine Minderung der Schadstoffbelastung.

5.4.9 Neutralisation einer sauren Bodenlösung mit einer Kalklösung

Als Einführung in den dritten Themenkomplex „Hilfe für den Boden – was ist zu tun?“ liegt in dieser Stunde der thematische Schwerpunkt auf dem Vorgang der Neutralisation als einer möglichen Maßnahme gegen Bodenversauerung. Damit wird an den ersten Themenkomplex angeknüpft, der den experimentellen Nachweis von sauren Lösungen mithilfe von Indikatoren einführt. Die Entstehung von saurem Regen, der eine Bodenversauerung hervorruft, wird ebenfalls thematisiert.

Einstieg und Problemgewinnung

Eine auf Folie präsentierte Zeitungsnotiz (geändert nach Baurle, 2003, S. 264, s. Anhang), in der als Schutz vor Bodenversauerung empfohlen wird, den Waldboden mit Kalk zu besprühen, dient als Einstieg in die achte Unterrichtsstunde. Dieser sprachlose Impuls lässt die Schüler erkennen, dass Kalk ein effizientes Mittel gegen eine Versauerung des Bodens darstellt. Die Frage nach der Wirkung von Kalk auf sauren Boden wird als Stundenthema von den Schülern formuliert und an der Tafel notiert.

Planung der Problemlösung z.B. eines Experimentes

Der Vorschlag einer experimentellen Problemlösung führt zur Konzipierung eines Schülerversuches, der die folgenden Kriterien erfüllen soll. Zunächst wird der Boden auf das Vorhandensein von Kalk³ überprüft, indem verdünnte Salzsäure auf eine Bodenprobe geträufelt wird und auf ein Aufbrausen geachtet wird: je stärker das Aufbrausen, desto höher ist der Kalkgehalt. Danach schließt sich die pH-Wertbestimmung einer Kalklösung an. Mit dem Wissen über den pH-Wert dieser Lösung kann ausgeschlossen werden, dass sie den sauren Charakter des Bodens verstärkt. Nach diesen Vorversuchen wird für das Experiment ein dreistufiges Vorgehen angeregt: Messen des pH-Wertes des Bodens, Zugabe der Kalklösung und erneutes Bestimmen des pH-Wertes. Ein Protokollieren aller Beobachtungen dient der abschließenden Ergebnissicherung.

³ Um die Schüler nicht weiter mit chemischen Begriffen zum Thema Kalk zu verwirren, wird hier nicht zwischen Calciumcarbonat und Calciumoxid differenziert.

Durchführung eines Problemlösevorschlages und Auswertung

Analog zur vorangegangenen Unterrichtsstunde differiert in dieser Stunde ebenfalls der methodische Ablauf der verschiedenen Gruppen. Für die Gruppen **PS-IG, HS-IG 2, HS-IG 3** steht in dieser Stunde das Arbeiten im schulnahen Umfeld „Park“ im Vordergrund. Diese Gruppen experimentieren im Park und erhalten zur Durchführung der Versuche alle Arbeitsmaterialien in dem bereits bekannten Experimentierkoffer. Bodenproben von verschiedenen Standorten werden von ihnen eigenständig entnommen. Dagegen führen die Gruppen **PS-KG, HS-KG, HS-IG 1** die geplanten Experimente im Klassenraum mit den gleichen Arbeitsmaterialien durch. Verschiedene Bodenproben werden ihnen von dem Lehrer zur Verfügung gestellt.

Zwei die Experimente begleitende Arbeitsblätter (siehe Anhang, „Wieviel Kalk ist eigentlich in unserem Boden?“, „Was passiert bei Zugabe von Kalklösung zu saurem Boden?“) liegen beiden Gruppen vor und enthalten die von den Schülern konzipierten Arbeitsaufträge in konkretisierter Form. Zudem bieten sie Raum zum Notieren der Beobachtungen.

Nach der Experimentalphase erfolgt der weitere Stundenablauf für alle Gruppen identisch. Ein Vergleich der Beobachtungen führt zu der Erkenntnis, dass durch Zugabe einer alkalischen Lösung, hier der Kalklösung, der pH-Wert des Bodens erhöht und so das saure Milieu aufgehoben wird. Dieser Lösungsansatz wird als Tafelanschrieb festgehalten und der Fachbegriff Neutralisation als „Aufhebung der sauren Eigenschaften einer Lösung mit einer alkalischen Lösung oder umgekehrt“ eingeführt. Diese eher phänomenologisch orientierte Definition bietet im Zusammenhang mit der Umweltschutzthematik einen alltagsweltlichen Zugang zum Thema Neutralisation.

Wissenssicherung

Im letzten Stundenabschnitt werden die Vor- und Nachteile der genannten Maßnahme gegen Bodenversauerung diskutiert. Dabei soll den Schülern bewusst werden, dass vor allem der Einzelne Verantwortung für die Erhaltung der Umwelt übernehmen muss. Anhand der Umweltschutzthematik kann auf diesem Wege den Richtlinien der Realschule entsprochen werden, die Schüler anzuleiten, an Entscheidungen mitzuwirken und Verantwortung für die Realisierung und die Folgen von Entscheidungen zu übernehmen (MSWF NRW 1993, S. 14).

5.4.10 Multidimensionale Beschreibung des Bodens

Als letzte Unterrichtsstunde der Unterrichtsreihe wird auf die Anwendung des problemlösenden Unterrichtsverfahrens verzichtet. Diese Stunde dient vielmehr der Zusammenfassung der erarbeiteten Unterrichtsinhalte sowie der Darstellung der Eigenschaften und

Funktionen eines gesunden Bodens. Auf diese Weise wird erneut der Fokus auf die Bedeutsamkeit des Umweltschutzes und die Erhaltung einer intakten Umwelt gerichtet.

Ausgehend von diesem für alle Klassen identischen fachlichen Ziel variiert der Ablauf der Unterrichtsstunde. Die Gruppen **PS-IG**, **HS-IG 1**, **HS-IG 3** unternehmen eine Exkursion zum Regionalen Umweltzentrum (RUZ) in Freren. Diese außerschulische Institution bietet die Thematisierung vielfältiger inhaltlicher Schwerpunkte wie z.B. Ressourcenschonung, Umgang mit natürlichen Materialien (Natursteinbearbeitung, Bau von Nesthilfen, usw.) oder Waldboden als Lebensraum an. In Kooperation mit den dort tätigen Lehrkräften wurde ein Experimentierskript „Boden – nichts als Dreck?“ (siehe Anhang) konzipiert, mit dessen Hilfe die Schüler in Kleingruppen folgende Themen erarbeiten:

- Bodenprofil
- Bestandteile des Bodens
- Bodenphysikalische Untersuchungen (u.a. Oberflächenversiegelung)
- Bodenbiologie: Bodentiere an der Bodenoberfläche, Regenwurmfauna
- Erhaltung der Bodengesundheit, Kompostierung

Im Anschluss an die Experimentierphase werden die Beobachtungen im Plenum ausgewertet und zusammengefasst. Ein Ausblick auf die Handlungsmöglichkeiten der Schüler zur Erhaltung der intakten Umwelt beendet die Exkursion.

Im Gegensatz dazu wird den übrigen Gruppen (**PS-KG**, **HS-KG**, **HS-IG 2**) ein Film präsentiert, der die wichtigsten Inhalte thematisiert. Mögliche Handlungsoptionen zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung einer gesunden Umwelt werden von den Schülern anschließend diskutiert und bewertet.

6. Ergebnisse

6.1 Ergebnisse der Pilotstudie

Die Pilotstudie wurde mit dem Ziel durchgeführt, den Einfluss von außerschulischen Lernorten auf die Änderung von Umweltwissen, Interesse und Verhaltens zu überprüfen. Hierbei wurde eine Interventionsgruppe aus zwei 8. Klassen gebildet, die sowohl mithilfe von Experimentierkästen im schulnahen Umfeld „Park“ Experimente durchführte als auch außerschulische Institutionen aufsuchte und dort experimentierte. Diese Gruppe wurde mit einer Kontrollgruppe (zwei 8. Klassen) verglichen, die konventionellen Unterricht im Klassenraum erhielt, d.h. Unterricht mit Arbeitsblättern oder Filmen zu den entsprechenden Themengebieten sowie Experimenten im Klassenraum.

Es erfolgt grundsätzlich eine Berechnung anhand einer einfaktoriellen ANOVA. Diese zeigt für den Pre-Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Vor Beginn der Intervention liegen damit zwei homogene Gruppen vor.

Die Präsentation der Zeiteffekte innerhalb der Gruppen erfolgt über die Darstellung der von den Probanden erreichten relativen Mittelwerte (rel. MW) als Säulendiagramm. Die drei Säulen einer Farbe symbolisieren den jeweiligen Messzeitpunkt Pre - Post - Follow up.

Liegen zusätzlich signifikante Gruppeneffekte zu den verschiedenen Testzeitpunkten vor, so wird im Text (ohne Abbildung) an entsprechender Stelle darauf verwiesen. Die Angabe der Effektgröße geschieht nach dem gleichen Prinzip. Die Bewertung der berechneten Effektgröße erfolgt nach der Einteilung von Rost (2005):

Tab. 6.1: Richtwerte für die Interpretation von Effekten

Effektgröße	Kleiner Effekt	Mittlerer Effekt	Großer Effekt
η^2	ab 0,01	ab 0,06	ab 0,25

Nach der Darstellung der Ergebnisse werden am Ende des Kapitels die präsentierten Daten interpretiert.

Ergebnisse zum Wissen

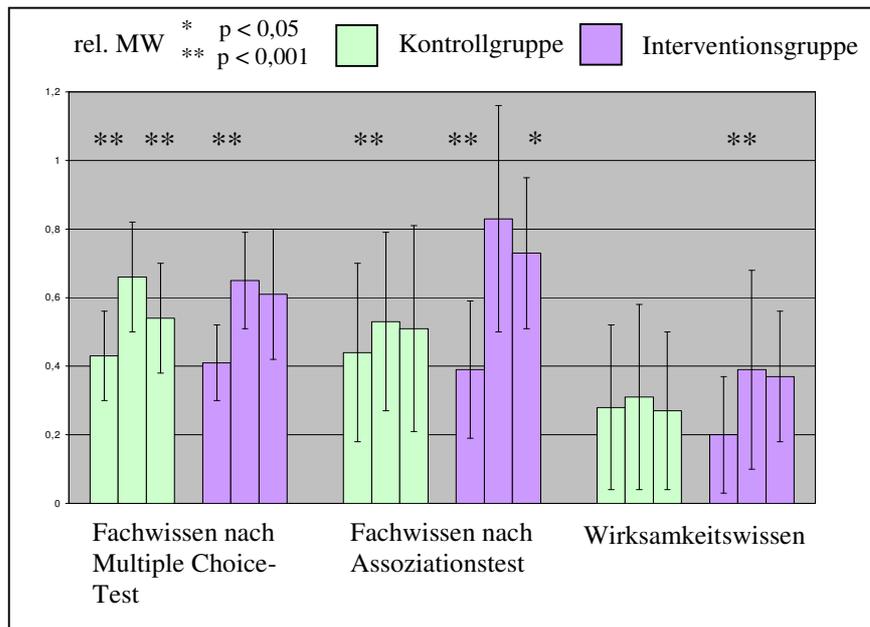


Abb.6.1: Ergebnisse Wissen

Bei den in dieser Studie erhobenen Wissensformen (s. Abb. 6.1) ist nach der Intervention in beiden Probandengruppen ein Wissenszuwachs festzustellen, zum Zeitpunkt des Follow up-Tests ist gegenüber den Ergebnissen des Post-Tests überall ein Wissensabfall zu erkennen. Das Handlungswissen wurde in der Pilotstudie nicht erfasst, da hier vor allem das Fachwissen als Basiswissen und das Wirksamkeitswissen zur Beurteilung von möglichen Handlungsoptionen von Interesse war.

Die Betrachtung der einzelnen Wissensformen führt zu folgenden Aussagen:

Das durch den Multiple Choice-Test erhobene Fachwissen vergrößert sich bei beiden Gruppen signifikant um etwa 30%. Der im Follow up-Test registrierte Leistungsabfall in der Kontrollgruppe ist deutlich signifikant, während in der Interventionsgruppe kein signifikanter Wissensabfall festzustellen ist.

Das Fachwissen, das durch den offenen Assoziationstest erfasst wurde, zeigt den größten Unterschied zwischen den Gruppen auf. Während die Kontrollgruppe einen geringen signifikanten Wissenszuwachs um 10% erreicht, hat sich das Wissen der Interventionsgruppe signifikant mehr als verdoppelt. Im Follow up-Test zeigt die Interventionsgruppe gegenüber dem Pre-Test zwar einen signifikanten Wissensverlust. Auffällig zu diesem Zeitpunkt ist aber das noch immer hohe Punktniveau der Interventionsgruppe.

Zwischen den Gruppen ist eine Signifikanz sowohl beim Post- als auch beim Follow up-Test vorhanden ($p < 0,001$). Fragt man an dieser Stelle nach der praktischen Bedeutsamkeit der beobachteten Effekte, so ergibt sich eine Effektgröße von $\eta^2 = 0,01$ beim Vergleich Pre-Posttest bzw. von $\eta^2 = 0,45$ beim Vergleich Follow up-Posttest. Dies deutet nach Rost

(2005) auf einen schwachen bzw. großen Effekt des Faktors „durch Assoziationstest erhobenes Fachwissen“ hin.

Das Wirksamkeitswissen weist in der Kontrollgruppe keine signifikanten Änderungen zwischen Pre- und Posttest auf. In der Interventionsgruppe nimmt das Wissen signifikant um fast 100% zu, ein signifikanter Abfall beim Vergleich Post- und Follow up-Test ist nicht festzustellen.

Während der Unterschied zwischen den Gruppen beim Vergleich Pre- und Posttest nicht signifikant ist, zeigt er zum Zeitpunkt des Follow up-Tests eine Signifikanz von $p < 0,001$. Die Effektgröße von $\eta^2 = 0,48$ zeugt von einem starken Effekt dieser Variablen.

Vergleicht man die Änderung bei den Wissensformen, so fallen das durch den Assoziationstest erhobene Fachwissen und das Wirksamkeitswissen auf. Hier erreichen die Schüler der Interventionsgruppe höhere Punktwerte als die Schüler der Kontrollgruppe. Dies gilt sowohl für den Testzeitpunkt direkt nach der Intervention als auch längerfristig.

Ergebnisse zum Interesse

Die Abbildungen 6.2 und 6.3 geben die Ergebnisse zu den verschiedenen Interessensbereichen wieder. Das allgemeine Interesse (Abb. 6.2) ändert sich in der Kontrollgruppe nicht signifikant, während es in der Interventionsgruppe vom Pre- zum Posttest signifikant ansteigt und von Post- zum Follow up-Test signifikant abfällt.

Eine Signifikanz zwischen den Gruppen besteht nur im Posttest ($p < 0,0012$). Die Berechnung der Effektgröße ergibt mit $\eta^2 = 0,39$ erneut einen starken Effekt für diese Variable.

Das Elterninteresse (Abb. 6.2) wurde nur im Pre- und Posttest erhoben. Diese Interessenvariable lässt sich nur aus Schülersicht erheben, nicht durch direkte Befragung der Eltern. Da sich dies in beiden Gruppen und zu beiden Testzeitpunkten nicht signifikant ändert, wurde auf eine weitere Erhebung dieser Variable in den folgenden Tests verzichtet.

Das Freizeit- und Berufsinteresse (Abb. 6.2) weist in der Kontrollgruppe keine signifikante Änderung zwischen Pre- und Posttest auf, die Interventionsgruppe hingegen verzeichnet einen signifikanten Anstieg im Posttest und einen signifikanten Abfall im Follow up-Test. Auch zwischen den Gruppen sind Signifikanzen feststellbar (Pre-Posttest $p < 0,001$; Post-Follow up-Test $p < 0,05$). Eine Berechnung der Effekte ergibt mit einer Effektgröße von $\eta^2 = 0,23$ zum Zeitpunkt des Posttest im Vergleich zum Pretest einen mittleren Effekt, eine Effektgröße von $\eta^2 = 0,56$ beim Vergleich Post- und Follow up-Test starken Effekt für den Faktor Freizeit-/Berufsinteresse.

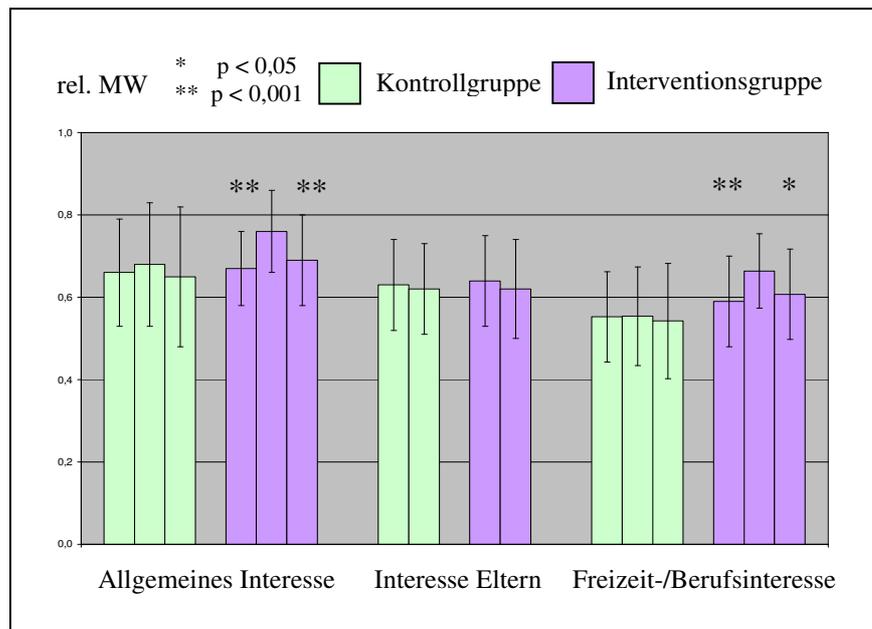


Abb. 6.2: Ergebnisse allgemeines, Eltern- und Freizeit-/Berufsinteresse

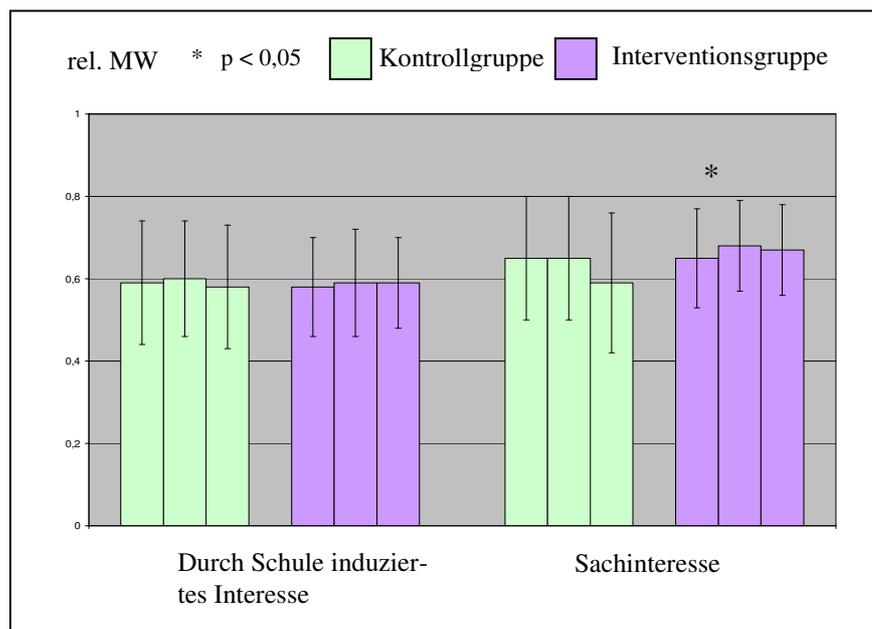


Abb. 6.3: Ergebnisse durch Schule induziertes Interesse und Sachinteresse

Das durch Schule induzierte Interesse (Abb. 6.3) zeigt in beiden Gruppen keine signifikante Änderung. Ein tendenzieller Unterschied zwischen den Gruppen wird im Follow up-Test deutlich: während das Interesse der Kontrollgruppe abfällt, ist das Interesse der Interventionsgruppe nahezu gleich.

Beim Sachinteresse ist in der Kontrollgruppe keine signifikante Änderung im Vergleich Pre-Post-Test und zwischen Post- und Follow up-Test (Abb. 6.3) erkennbar. Die Steigerung des Sachinteresses in der Interventionsgruppe ist signifikant, das Nachlassen des Interesses im Follow-up-Test jedoch nicht.

Während der Unterschied zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt des Posttests nicht signifikant ist, weist er im Follow up-Test eine Signifikanz von $p < 0,05$ auf. Die Effektgröße beim Follow up-Test von $\eta^2 = 0,43$ zeugt von einem großen Effekt des Faktors Sachinteresse.

Ergebnisse zum Verhalten

In der Pilotstudie wurde nur das umweltorientierte Verhalten der Schüler, nicht aber die Verhaltensdisposition erfasst.

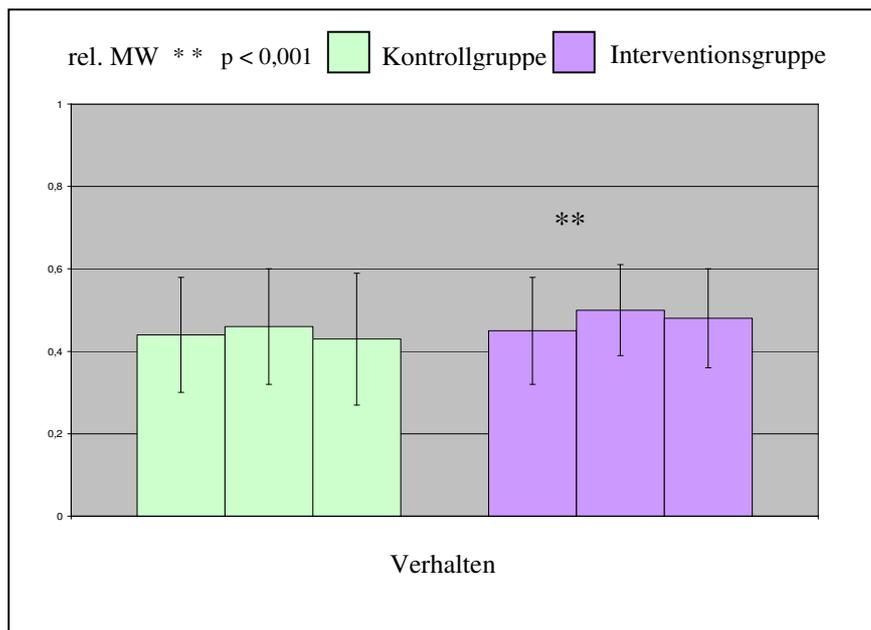


Abb.6.4: Ergebnisse Verhalten

Das Verhalten (Abb. 6.4) der Kontrollgruppe zeigt keine signifikanten Änderungen auf. Die Interventionsgruppe weist einen signifikanten Zuwachs zwischen Pre- und Posttest auf ($p < 0,001$), es gibt keinen signifikanten Abfall des Verhaltens. Zwischen den Gruppen besteht keine Signifikanz.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Pilotstudie

Durch den Einsatz außerschulischer Lernorte in den Chemieunterricht können die unterschiedlichen Wissensformen gefördert werden. Ein Unterricht ohne Exkursionen zu außerschulischen Institutionen und ins schulnahe Umfeld führt zu einer signifikanten Zunahme des durch den Multiple Choice-Test erfassten Fachwissens, doch war der beobachtete Wissenszuwachs in der Interventionsgruppe längerfristig deutlich ausgeprägter. Das nach dem Assoziationstest erhobene Fachwissen weist zudem auf Unterschiede zwischen den Gruppen hin. Hier sind bei der Interventionsgruppe direkt nach der Intervention und auch im Follow up-Test deutlich höhere Punktwerte als bei der Kontrollgruppe festzustellen. Au-

Berdem verbesserten die Schüler der Interventionsgruppe zusätzlich ihre Ergebnisse im Wirksamkeitswissen um nahezu 100%, während die Kontrollgruppe keinen signifikanten Wissenszuwachs erzielte. Gerade dieser Wissensbereich und das Fachwissen, das nach dem Assoziationstest erhoben wurde, zeigen wesentliche Unterschiede in der Effektivität der beiden Unterrichtsverfahren. Die höheren Punktwerte der Interventionsgruppe deuten darauf hin, dass im Rahmen der Unterrichtsintervention, als Folge einer aktiveren Auseinandersetzung mit dem Inhaltsbereich, vor allem das selbstständig generierte Wissen und das Wirksamkeitswissen effektiver geankert zu sein scheint. Das reproduktive Anwenden von deklarativem Fachwissen, erfasst durch den Multiple Choice-Test, kann hingegen im Regelunterricht auch erbracht werden.

Das Lernen an außerschulischen Orten geht außerdem mit einer Interessensänderung einher. Das allgemeine Interesse, das Freizeit- und Berufsinteresse als auch das Sachinteresse verzeichnen einen signifikanten Anstieg in der Interventionsgruppe, nicht jedoch in der Kontrollgruppe. Sofern hier signifikante Ergebnisse zu verzeichnen sind, begünstigen sie allesamt das unterrichtlich intervenierte Treatment. Erwartungsgemäß blieb das Interesse der Eltern, die nicht interveniert wurden, an der Umweltthematik konstant, da sich die Wahrnehmung der Schüler nicht ändert. Die Variable „Elterninteresse“ wird daher im Follow-up-Test und in der Hauptstudie nicht erhoben.

Zusätzlich liefert diese Studie einen Hinweis darauf, dass durch das Lernen an außerschulischen Orten eine signifikante Änderung des Verhaltens herbeigeführt werden kann, während das Verhalten der Kontrollgruppe dagegen stabil bleibt. Es stellt sich an dieser Stelle die Frage, ob sich auch die Verhaltensdisposition, quasi als „vorgeschaltete Instanz“ ändert. Dieser Frage wird in der Hauptstudie nachgegangen.

Insgesamt betrachtet belegt die Pilotstudie, dass Unterricht unter Einsatz von außerschulischen Lernorten zu einem größeren Erfolg bezüglich Wissen, Interesse und Verhalten führt als der Regelunterricht. Die erste Forschungshypothese kann daher positiv beantwortet werden. Es stellt sich hier die Frage, welche Art von außerschulischen Lernorten die genannten Veränderungen herbeiführt oder ob erst durch die Kombination beider Lernorttypen die Wirkungen erzielt werden können.

6.2 Ergebnisse der Hauptstudie

Mit der Hauptstudie werden die in der Pilotstudie ermittelten Ergebnisse differenzierter betrachtet. Es wird untersucht, ob es Unterschiede beim Einfluss der beiden außerschulischen Lernorte „Schulnahes Umfeld Park“ und „Auerschulische Institutionen“ bezüglich der Änderung von Umweltwissen, Interesse und Verhaltensdisposition bzw. des Verhaltens gibt. Es ergeben sich somit folgende Hypothesen (vgl. Kap. 4.1):

- Alle Interventionsgruppen weisen einen größeren Erfolg hinsichtlich Wissen, Interesse, Verhaltensdisposition/Verhalten auf als die Kontrollgruppe.
- Die Interventionsgruppe mit der Kombination beider außerschulischer Lernorttypen ist allen anderen Gruppen überlegen.
- Die Interventionsgruppe „Schulnahes Umfeld“ ist der Interventionsgruppe „Auerschulische Institution“ überlegen.

Zur Untersuchung dieser Fragestellungen werden vier Probandengruppen gebildet:

- Eine Kontrollgruppe erhält den konventionellen Unterricht im Klassenraum, d.h. Unterricht ohne den Einsatz von außerschulischen Lernorten.
- Eine Interventionsgruppe sucht außerschulische Institutionen auf, experimentiert dort, geht jedoch nicht ins schulnahe Umfeld.
- Eine zweite Interventionsgruppe experimentiert im schulnahen Umfeld „Park“, sucht aber keine außerschulischen Institutionen auf.
- Eine dritte Interventionsgruppe besucht beide außerschulische Lernorttypen.

Zur Kennzeichnung der an der Hauptstudie beteiligten Probandengruppen werden folgende Abkürzungen verwendet:

Tab.6.2: Gruppenbezeichnung

<i>Gruppe</i>	<i>Abkürzung</i>
Kontrollgruppe	KG
Interventionsgruppe Außerschulische Institutionen	IG 1
Interventionsgruppe Schulnahes Umfeld „Park“	IG 2
Interventionsgruppe Außerschulische Institutionen und Schulnahes Umfeld „Park“	IG 3

Die Ergebnisse der Zeiteffekte werden über die Darstellung der von den Probanden erreichten relativen Mittelwerte als Säulendiagramm präsentiert. Die drei Säulen einer Farbe symbolisieren jeweils die Testzeitpunkte Pre - Post - Follow up.

Grundsätzlich wird eine Berechnung anhand einer einfaktoriellem ANOVA durchgeführt. Diese ergibt für den Pre-Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Vor Beginn der Intervention sind somit vier homogene Gruppen gewährleistet.

Sind zusätzlich Signifikanzen zwischen den Gruppen vorhanden, wird dies im Text (ohne Abbildung) an entsprechender Stelle angegeben. Die Ergebnisse der Varianzanalyse (F-

und p-Werte) für den Vergleich zwischen den und innerhalb der Gruppen sind im Anhang aufgelistet. Die Interpretation der Effektgröße wird nach der Einteilung von Rost (2005) vorgenommen.

Im Anschluss an die Präsentation der Ergebnisse erfolgt jeweils am Ende eines Kapitels die Interpretation.

6.2.1 Vergleich der Probandengruppen

Ergebnisse zum Wissen

Das Fachwissen, das durch den Multiple Choice-Test erhoben wurde (Abb. 6.5), ist zwischen Pre- und Posttest bei allen Gruppen signifikant um etwa 40% gestiegen. Im Follow up-Test ist gegenüber dem Posttest bei allen Gruppen ein tendenzieller Wissensverlust zu verzeichnen. Zwischen den Gruppen ist für alle Testzeitpunkte kein signifikanter Unterschied feststellbar.

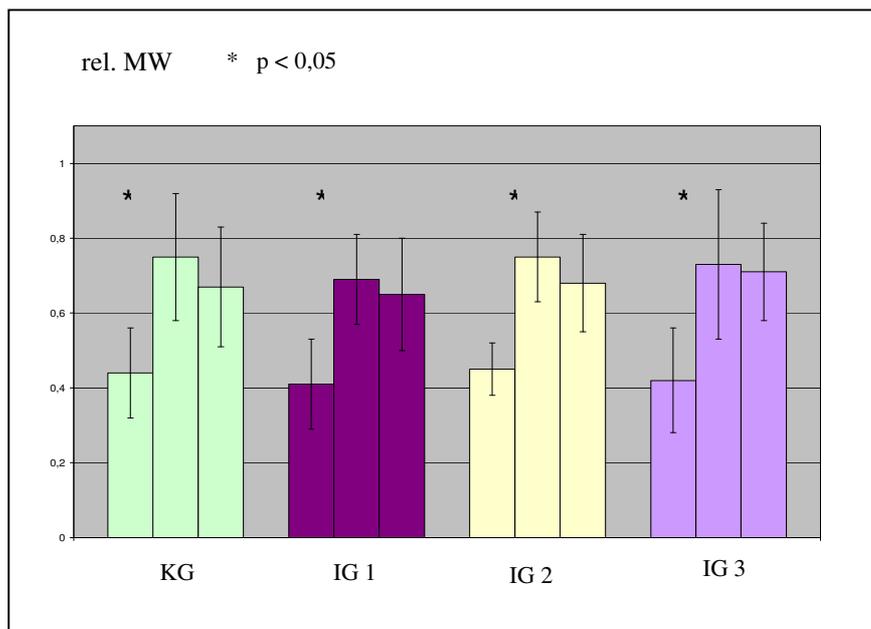


Abb.6.5: Ergebnisse Fachwissen (Multiple Choice-Test)

Das durch den offenen Assoziationstest erfasste Fachwissen (Abb. 6.6) zeigt im Vergleich zu dem nach dem Multiple Choice-Test erhobene Fachwissen Unterschiede zwischen den Gruppen. Direkt nach der Intervention haben nur die Interventionsgruppe IG2 und die Interventionsgruppe IG 3 im Vergleich zum Pretest einen signifikanten Wissenszuwachs erreicht. Der zwischen dem Post- und dem Follow up-Test zu beobachtende geringe Wissensverlust ist in allen Gruppen nicht signifikant.

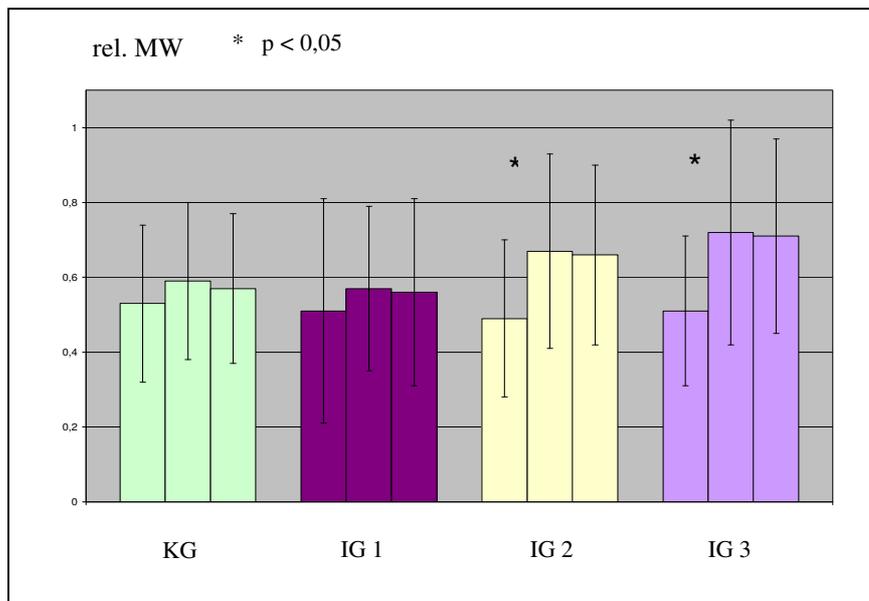


Abb.6.6: Ergebnisse Fachwissen (Assoziationstest)

Unterschiede ergeben sich auch beim Wirksamkeitswissen (Abb.6.7). Hier zeigen alle Interventionsgruppen zum Zeitpunkt des Posttests gegenüber den Ergebnissen des Pretests einen signifikanten Zuwachs mit Ausnahme der Kontrollgruppe. Längerfristig, zum Zeitpunkt des Follow up-Tests, ist bei der Interventionsgruppe 1 eine tendenzielle Zunahme des Wissens zu beobachten, während bei den übrigen Gruppen ein Trend zur Wissensabnahme zu verzeichnen ist.

Wiederum fallen die Interventionsgruppen IG 2 und IG 3 auf: hier sind auch die Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen und den Gruppen KG und IG 1 zum Zeitpunkt des Posttests im Vergleich zum Pretest bzw. zwischen Post- und Follow up-Tests signifikant. Die Berechnung der praktischen Signifikanz ergibt zum Zeitpunkt des Posttests eine Effektgröße von $\eta^2 = 0,17$ für diese Variable, was einem mittleren Effekt entspricht. Ein mittlerer Effekt liegt ebenfalls zum Zeitpunkt des Follow up-Tests vor ($\eta^2 = 0,18$).

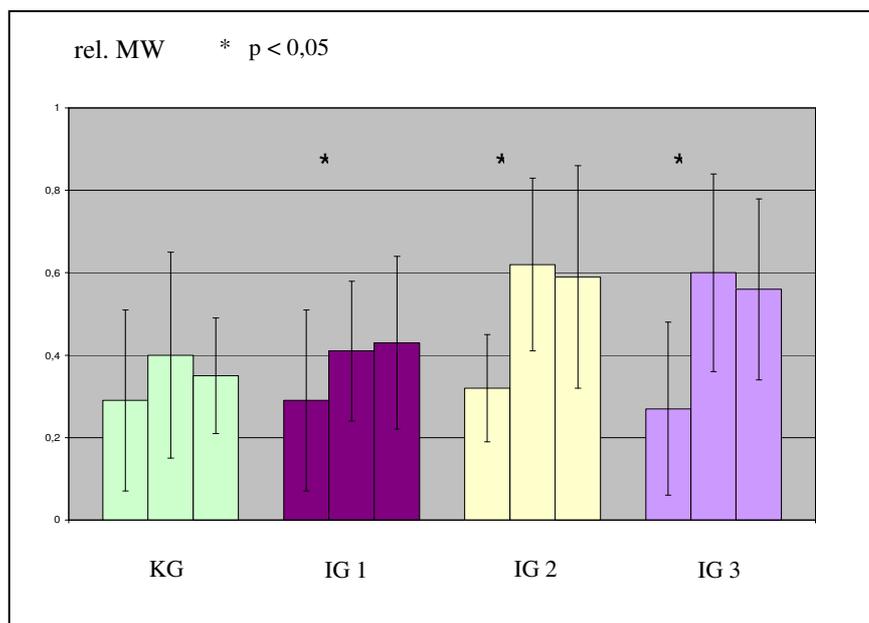


Abb.6.7: Ergebnisse Wirksamkeitswissen

Das Wirksamkeitswissen wird in den Interventionsgruppen, wie bereits in der Pilotstudie, stark verbessert, die Kontrollgruppe weist lediglich eine geringe Zunahme auf. Da sich bei dieser Wissensform signifikante Unterschiede zeigen, ist anzunehmen, dass sich auch bei dem Handlungswissen (vgl. Kapitel 4.2) Auffälligkeiten ergeben können. Aus diesem Grund wird in der Hauptstudie ebenfalls das Handlungswissen erfasst.

Analog zu den Ergebnissen zum Fachwissen, das durch den Assoziationstest erhoben wurde, ist auch bei den Ergebnissen zum Handlungswissen (Abb. 6.8) ein deutlicher Unterschied zwischen den Gruppen feststellbar. Während sich das Wissen der beiden Interventionsgruppen IG 2 und IG 3 zum Zeitpunkt des Posttests im Vergleich zum Pretest signifikant vergrößert hat, ist bei der Kontrollgruppe zu diesem Zeitpunkt ein tendenzieller Wissensabfall zu erkennen. Zum Zeitpunkt des Follow up-Tests fällt gegenüber den Ergebnissen des Posttests besonders die Interventionsgruppe 3 auf: während bei den übrigen Gruppen ein Trend zum Wissensverlust zu beobachten ist, bleibt das Wissen dieser Gruppe stabil. Wie beim Wirksamkeitswissen ist auch hier zwischen den Gruppen IG 2 und IG 3 einerseits und der Kontrollgruppe und Interventionsgruppe 1 andererseits eine Signifikanz erkennbar. Mit einer Effektgröße von $\eta^2 = 0,17$ im Vergleich Pre- und Posttest bzw. $\eta^2 = 0,07$ im Vergleich Post- und Follow up-Test liegen für den Faktor Handlungswissen erneut mittlere Effekte vor.

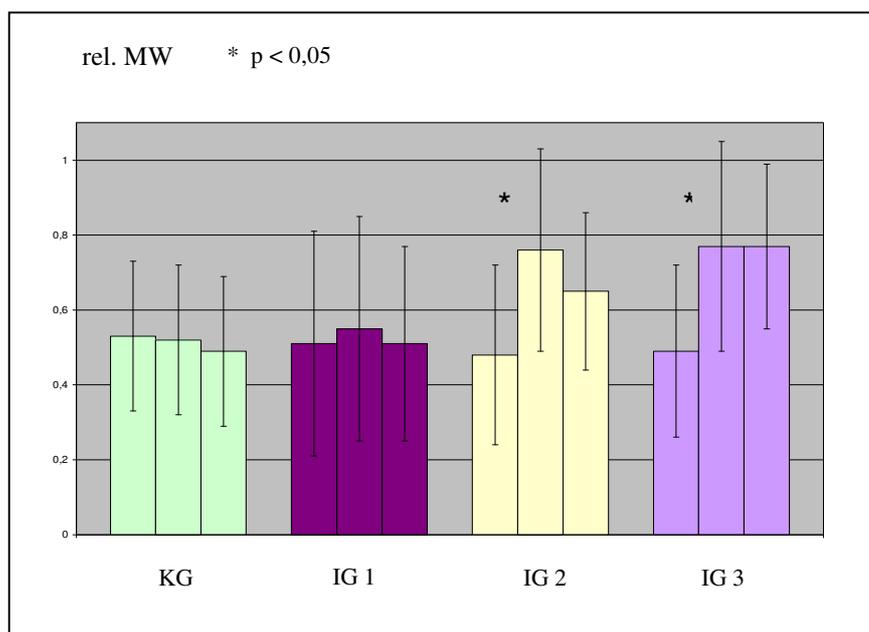


Abb. 6.8: Ergebnisse Handlungswissen

Ergebnisse zum Interesse

Das allgemeine Interesse (Abb. 6.9) steigt nach der Intervention (Vergleich Pre- und Posttest) lediglich bei der Interventionsgruppe IG 3 signifikant an. Im Follow up-Test bleibt gegenüber den Ergebnissen des Posttests bei dieser Gruppe das Interesse stabil, bei den anderen Gruppen ist ein tendenzieller Interessesabfall zu erkennen.

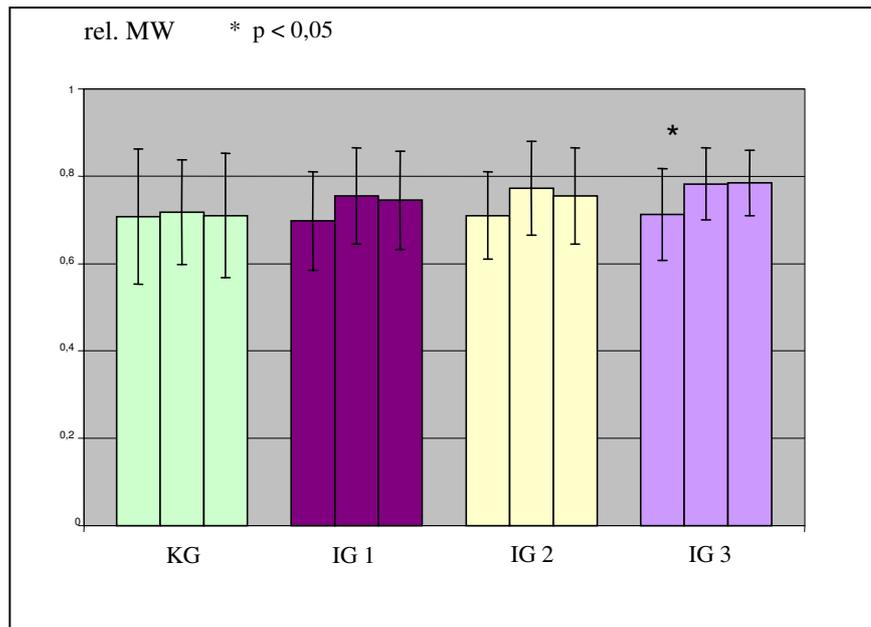


Abb.6.9: Ergebnisse allgemeines Interesse

Beim Freizeit- und Berufsinteresse (Abb. 6.10) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im Verlauf. Hier fällt jedoch auf, dass nach der Intervention im Vergleich zum Pretest der höchste tendenzielle Interessenszuwachs bei der Interventionsgruppe IG 2 zu finden ist. Längerfristig, also zwischen Post- und Follow up-Test, ist bei dieser Gruppe ein tendenzieller Abfall des Interesses feststellbar, während es in der Gruppe IG 3 ansteigt.

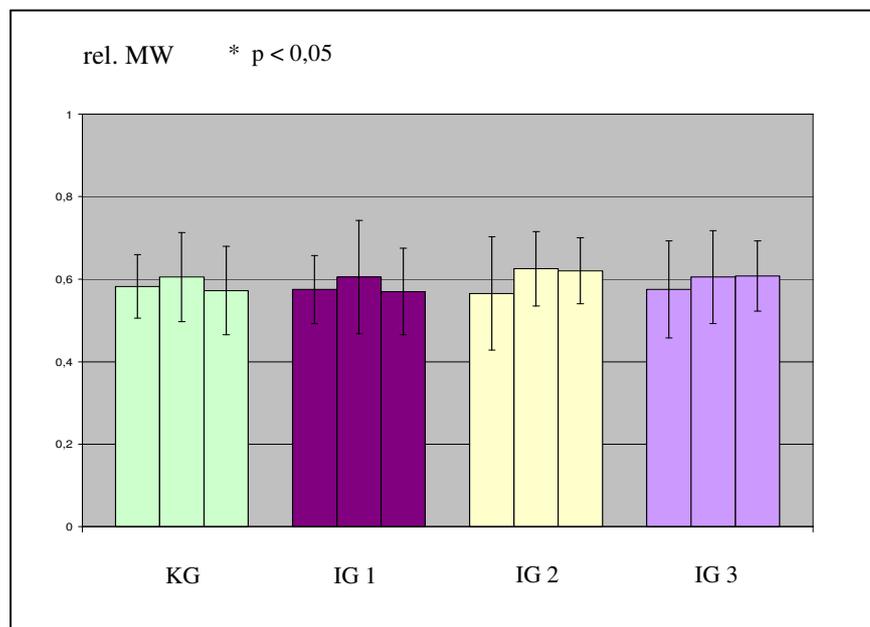


Abb. 6.10: Ergebnisse Freizeit-/Berufsinteresse

Auch bei dem durch Schule induzierten Interesse (Abb. 6.11) sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Auffällig ist hier das Ergebnis der Interventionsgruppe 3 im Follow up-Test gegenüber dem Posttest: bei dieser Gruppe ist zu diesem Zeitpunkt ein tenden-

zieller Interessenszuwachs zu erkennen, während es bei den übrigen Gruppen zu einem unterschiedlich starken Abfall des Interesses kommt.

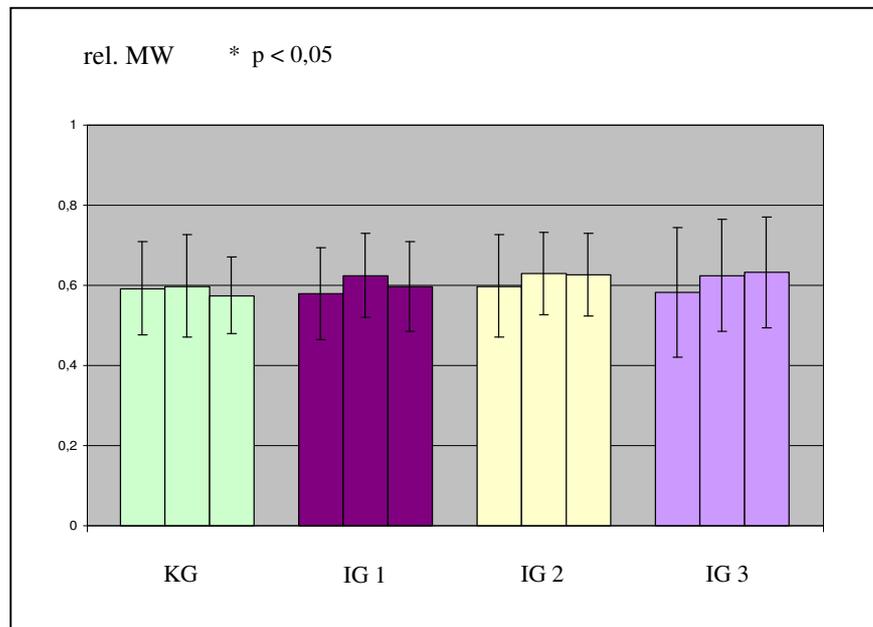


Abb. 6.11: Ergebnisse durch Schule induziertes Interesse

Wie bei dem allgemeinen Interesse ist auch beim Sachinteresse (Abb. 6.12) direkt nach der Intervention ein signifikanter Anstieg nur in der Interventionsgruppe IG 3 feststellbar.

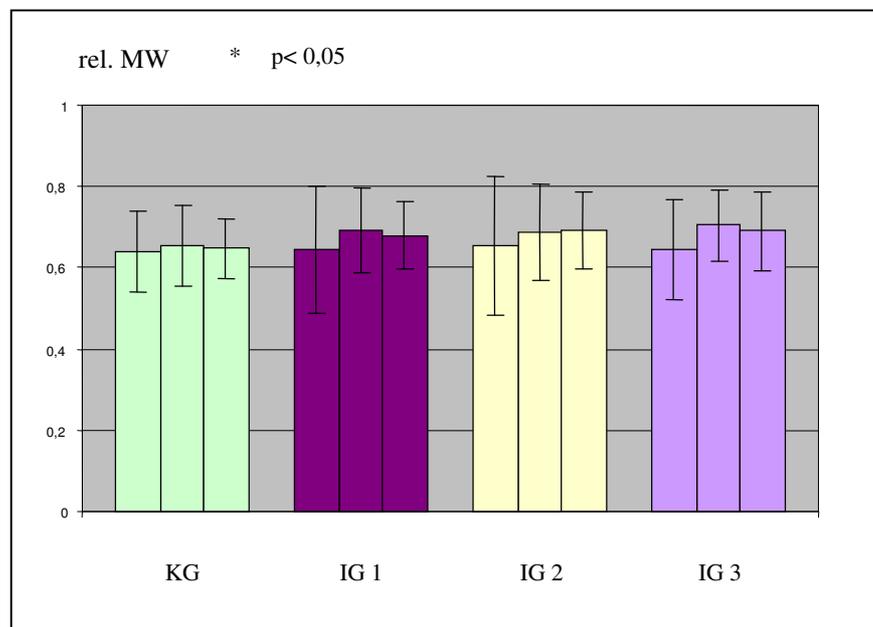


Abb. 6.12: Ergebnisse Sachinteresse

Allerdings weist im Follow up-Test gegenüber den Ergebnissen des Posttests diese Gruppe einen Trend zum Interessenverlust auf, während es in der Interventionsgruppe IG 2 tendenziell geringfügig ansteigt.

Ergebnisse zur Verhaltensdisposition und zum Verhalten

Wie in der Pilotstudie erläutert, wurde zunächst nur das Verhalten, nicht jedoch die Verhaltensdisposition erfasst. Da sich jedoch in diesem Bereich Auffälligkeiten ergaben, wird in der Hauptstudie auch die Variable der Verhaltensdisposition erhoben.

Bei den Ergebnissen zu der Verhaltensdisposition (Abb. 6.13) fällt erneut auf, dass die Interventionsgruppe IG 3 einen signifikanten Anstieg direkt nach der Intervention im Vergleich zum Pretest aufweist. Längerfristig, also im Vergleich Post- und Follow up-Test, bleibt bei der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe 1 die Verhaltensdisposition stabil, während bei den Interventionsgruppen IG 2 und IG 3 sogar ein minimaler tendenzieller Zuwachs feststellbar ist.

Zwischen diesen beiden Gruppen und den beiden anderen Gruppen ist zum Zeitpunkt des Follow up-Tests ein signifikanter Unterschied vorhanden, damit stellt sich hier erneut die Frage nach der praktischen Bedeutsamkeit. Mit einer Effektgröße von $\eta^2 = 0,09$ im Vergleich Post- und Follow up-Test ist ein mittlerer Effekt für diese Variable vorhanden.

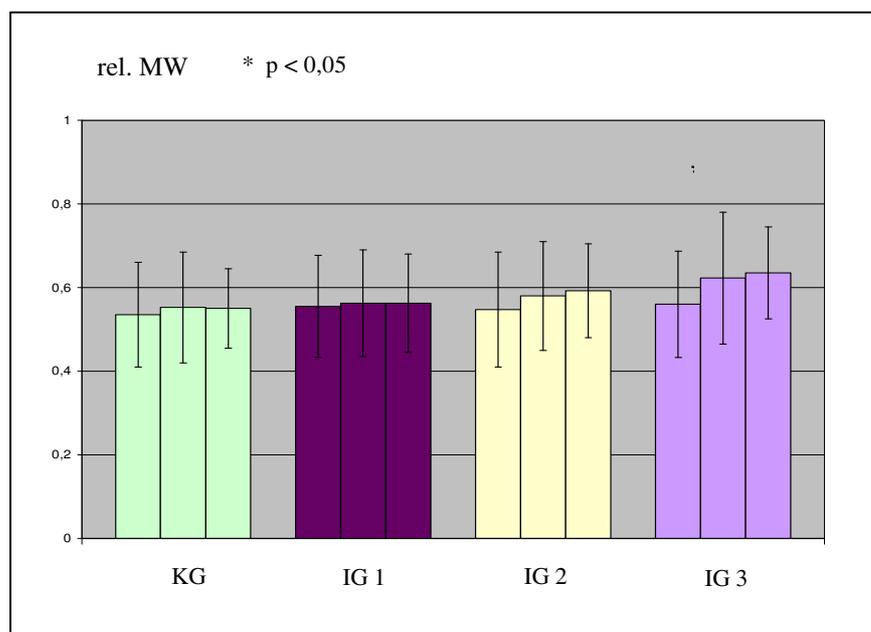


Abb. 6.13: Ergebnisse Verhaltensdisposition

Analog zu den Ergebnissen des durch den Assoziationstest erfassten Fachwissens und den des Handlungswissens ist auch bei den Ergebnissen zum Verhalten (Abb. 6.14) ein deutlicher Unterschied zwischen den Gruppen erkennbar. Auch hier ändern die Kontrollgruppe und die Interventionsgruppe IG 1 ihr Verhalten nicht signifikant, während das bei den anderen Gruppen der Fall ist.

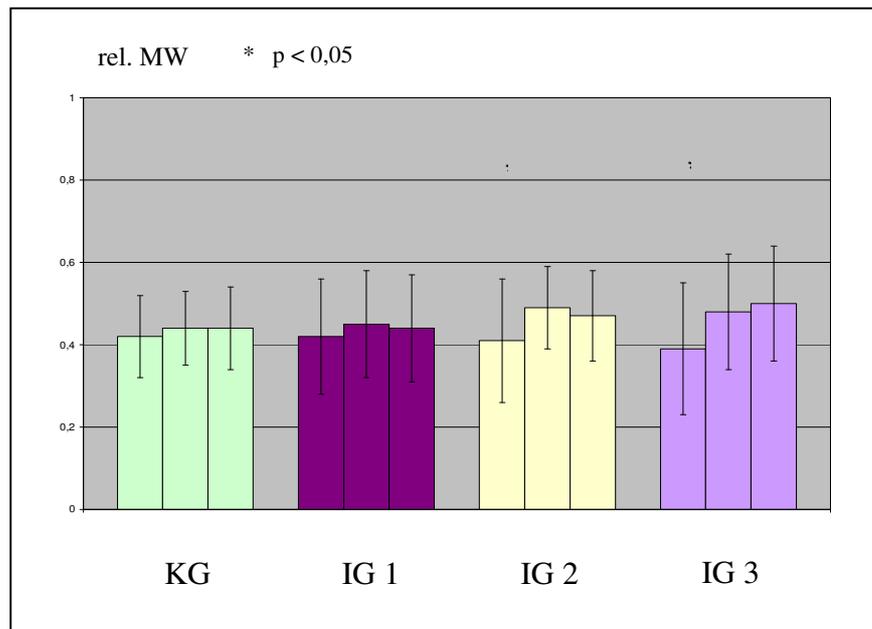


Abb. 6.14: Ergebnisse Verhalten

Zusammenfassung

Die Hauptstudie bestätigt zunächst das Ergebnis der Pilotstudie, dass durch den Einsatz der außerschulischen Lernorte „schulnahes Umfeld“ und „außerschulische Institutionen“ das Umweltbewusstsein beeinflusst wird.

Beim Bereich Wissen führt der konventionelle Unterricht ohne außerschulische Lernorte wie auch bei den Interventionsgruppen IG 1 bis 3 zu einer Vergrößerung des deklarativen Fachwissens (Multiple choice). Eine Verbesserung des Wirksamkeitswissens dagegen ist nur durch den Einsatz von außerschulischen Lernorten zu erreichen. Ein erster Unterschied zwischen den beiden außerschulischen Lernorttypen tritt bei der Betrachtung des selbstständig generierten Fachwissens auf, das durch den Assoziationstest erfasst wurde. Nur durch das Experimentieren im schulnahen Umfeld „Park“ wird nach dieser Studie ein signifikanter Wissenszuwachs erzielt. Auch im Follow up-Test werden höhere Punktwerte als bei den Gruppen erreicht, die diesen Lernort nicht aufgesucht haben. Durch die Integration dieses Lernorttyps in den Unterricht scheint daher diese Wissensform auch längerfristig geankert zu sein. Die Ergebnisse des Handlungswissens untermauern die Hypothese, nach der der Einfluss des schulnahen Lernortes größer ist als der von außerschulischen Institutionen (s. Forschungshypothese 3). Nur die beiden Interventionsgruppen, die im schulnahen Park experimentiert haben, zeigen einen signifikanten Wissenszuwachs. Möglicherweise ist dies darauf zurückzuführen, dass die Experimentierphasen an den außerschulischen Institutionen etwas „gelenkter“ als an dem schulnahen Lernort sind, an dem die Schüler völlig frei eigenen Ideen nachgehen können.

Auch das Interesse wird durch verschiedene außerschulische Lernorte unterschiedlich beeinflusst. Hier fällt auf, dass vor allem das allgemeine Interesse und das Sachinteresse in

der Gruppe, die beide Lernorttypen aufgesucht hat, einen signifikanten Anstieg verzeichnen, nicht jedoch in den anderen Gruppen. Bei diesen Interessenformen zeigt sich damit der Einfluss der kombiniert eingesetzten außerschulischen Lernorte. Diese Gruppe, die beide außerschulischen Lernorttypen aufgesucht hat, verzeichnet im allgemeinen auch längerfristig einen Interessenszuwachs oder zumindest ein Stagnieren des Interesses, wohingegen bei den anderen Gruppen im Follow up-Test gegenüber den Ergebnissen des Posttests oftmals ein Interessensabfall zu erkennen ist. Diese Ergebnisse der Interventionsgruppe IG 3 können dahingehend interpretiert werden, dass das Interesse durch das Aufsuchen der beiden außerschulischen Lernorttypen zunächst geweckt wird und auch längerfristig anhält. In Anlehnung an Dewey (1913) werden in diesem Zusammenhang die Begriffe von „catching“ zum „holding“ verwendet (Krapp & Prenzel, 1992, Hidi 2000), d.h. Interesse wird zu erst einmal „eingefangen“ und dann „festgehalten“. Das Freizeit-/Berufsinteresse sowie das durch Schule induzierte Interesse steigen in keiner Gruppe signifikant an.

Dass eine Änderung der Verhaltensdisposition bzw. des Verhaltens durch den Einsatz eines bestimmten außerschulischen Lernorttyps herbeigeführt wird, kann nach den vorgelegten Ergebnissen eindeutig beantwortet werden. Während eine signifikante Änderung der Verhaltensdisposition nur durch die Kombination der beiden untersuchten außerschulischen Lernorte erreicht wird, ändert sich das Verhalten der beiden Gruppen, die im schulnahen Umfeld experimentiert haben. Dieses Ergebnis überrascht auf den ersten Blick. Möglicherweise wirken die Eindrücke, die die Schüler beim Experimentieren in der freien Natur erhält, auf diese Variable so stark ein, dass eine Verhaltensänderung eintreten kann, bspw. fällt beim Arbeiten im schulnahen Umfeld liegengeliebener Müll als besonders störend auf, so dass er von den Schülern entfernt wird. Der unmittelbare Kontakt mit der Umwelt wirkt hier sofort positiv auf das Verhalten ein.

Die Kombination beider außerschulischer Lernorttypen ist damit den anderen Gruppen nicht generell überlegen (s. Forschungshypothese 2). Ein Anstieg des allgemeinen Interesses, des Sachinteresses und eine positive Änderung der Verhaltensdisposition können jedoch durch die Kombination erreicht werden. Die besonders hohe Schüleraktivität an beiden Lernorttypen scheint zumindest bei diesen Variablen effektiv zu sein.

Bei einem Vergleich der in der Pilotstudie und in der Hauptstudie gefundenen Effektgrößen fällt auf, dass die Effektgrößen der Hauptstudie kleiner sind als die der Pilotstudie. Dieser Befund ist zum einen auf die geringere Gruppengrößen der Hauptstudie zurückzuführen. Während sich in der Pilotstudie eine Gruppe aus zwei Klassen zusammensetzt, bildet in der Hauptstudie eine Klasse eine Gruppe. Zum anderen wurde in der Hauptstudie neben der Kontrollgruppe nicht nur eine sondern drei weitere Gruppen mit verschiedenen Interventionen verglichen. Diese Differenzierung innerhalb der Interventionsgruppen begründet statistisch kleinere Unterschiede zwischen den Gruppen und führt so zu einer geringeren Effektgröße.

Die durch die Unterrichtsintervention induzierte Effektgröße der Hauptstudie liegt in einem Bereich von $0,07 < \eta^2 < 0,18$, womit nach Rost (2005) mittelstarke Effekte vorliegen. Unter Berücksichtigung der Vielzahl von Variablen, die auf den Lernerfolg einwirken, ist es einleuchtend, dass an eine derartige Intervention eine geringere Erwartung hinsichtlich der praktischen Signifikanz gestellt werden kann, als es beispielsweise bei Studien der Fall ist, deren statistische Effektgröße nur von Zeiteffekten beeinflusst wird (bspw. die Erhebung der Effektivität von Kursen zur Reduzierung der Flugangst). Aus diesem Grund ist die erlangte mittelstarke praktische Bedeutsamkeit in hohem Maße zufrieden stellend.

Werden die außerschulischen Lernorte hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf die Umweltbildung angeordnet, so kann man folgende aufsteigende Rangordnung erstellen:

Keine außerschulischen Lernorte < Außerschulische Institutionen < Schulnahes Umfeld < Kombination von außerschulischen Institutionen und schulnahem Umfeld
--

6.2.2 Vergleich der leistungsschwachen und leistungsstarken Schüler

Um zu beurteilen, welchen Einfluss das Ausgangsniveau der Probanden bezüglich des Lernerfolges hat, wurden in jeder Gruppe (d.h. Kontrollgruppe, Interventionsgruppen 1 bis 3) und für jede Variable (z.B. Wirksamkeitswissen, Handlungswissen, etc.) die Probanden nach erzieltem Punktwert im Pretest angeordnet und in die Untergruppen der sog. leistungsschwachen (L-Sch, entsprechend der unteren Gruppenhälfte) und leistungsstarken (L-St, entsprechend der oberen Gruppenhälfte) Schüler aufgeteilt. Die Bildung von drei Gruppen mit Berücksichtigung der Schüler mit einem mittleren Lernniveau wurde nicht vorgenommen, da hierbei die Probandenzahl zu klein gewesen wäre.

Nach der Einteilung der beiden Gruppen wurde anschließend die Änderung der Mittelwerte der einzelnen Variablen im Zeitverlauf untersucht. Hierzu wurden die Differenzen aus den jeweiligen relativen Mittelwerten (ΔP) des Pretests (t1) und des Posttests (t2) bzw. des Follow up-Tests (t3) gebildet. Es ergaben sich somit für jede Variable und jede Gruppe die Vergleiche t2-t1 und t3-t1. Ein negatives Ergebnis kennzeichnet hierbei einen Abfall des jeweiligen Punktwertes im Vergleich zum Pretest, ein positives Ergebnis zeigt demgegenüber einen Zuwachs des Punktwertes an.

Tab. 6.3: Abkürzungen der Testvariablen

<i>Abkürzung</i>	<i>Testvariable</i>
FW - MC	Fachwissen Multiple Choice-Test
FW - AS	Fachwissen Assoziationstest
Wi-W	Wirksamkeitswissen
Ha-W	Handlungswissen
Allg. Int.	Allgemeines Interesse
F-/B-Int.	Freizeit- und Berufsinteresse
Schul-Int.	Durch Schule induziertes Interesse
Sach-Int.	Sachinteresse
Verhalt.Dis.	Verhaltensdisposition
Verhalt.	Verhalten

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt durch Säulendiagramme. Innerhalb jeder Untersuchungsgruppe (KG, IG 1-3) werden zunächst die Resultate der leistungsschwachen, anschließend die der leistungsstarken Schüler präsentiert.

Vergleich der leistungsschwachen und leistungsstarken Schüler der Kontrollgruppe:

Die leistungsschwachen Schüler der Kontrollgruppe erzielen zu beiden Testzeitpunkten und bei allen Variablen einen Zuwachs. Der Post-Pre-Vergleich (t2-t1) zeigt folgende Ergebnisse (Abb. 6.15): Beim Wissen fällt der größte Zuwachs beim durch den Multiple Choice –Test erhobenen Fachwissen auf, während die Zunahme beim Handlungswissen sehr gering ist. Bei der Betrachtung der Interessenvariablen ist der größte Zuwachs beim allgemeinen Interesse festzustellen. Die Leistungsschwachen erzielen sowohl eine geringe Verbesserung der Verhaltensdisposition als auch eine im Sinne der Testkonstruktion stärker positive Verhaltensänderung auf. Der eine größere Zeitspanne umfassende Vergleich t3-t1 weist bei den Leistungsschwachen erneut einen Zuwachs bei fast allen untersuchten Variablen auf. In allen Wissensbereichen liegen die Werte mit Ausnahme des durch den Multiple Choice-Test erfassten Fachwissens sogar über den zum Zeitpunkt t2 erreichten Werten. Das Interesse lässt nur im Bereich des Freizeit-/Berufsinteresse nach, die Werte des durch Schule induzierten Interesses und des Sachinteresses liegen sogar höher als die zum Zeitpunkt t2 erzielten Werten. Die Verhaltensdisposition weist zum Follow up-Test einen Zuwachs auf, das tatsächliche Verhalten ist im Vergleich dazu etwas schwächer ausgeprägt.

Bei der Betrachtung des Vergleiches t2-t1 für die leistungsstarken Schüler der Kontrollgruppe lässt sich feststellen, dass bei fast allen untersuchten Variablen negative Werte und damit ein Abfall bei der betreffenden Variable zu verzeichnen ist. Während das FW-AS und vor allem das Ha-W einen Abfall verzeichnen, zeigen die beiden anderen Wissensvariablen einen Zuwachs auf. Dagegen weisen die Ergebnisse der Leistungsstarken in allen Interessensbereichen einen Verlust auf. Die Verhaltensdisposition weist einen Zuwachs auf, eine positive Änderung des Verhaltens ist nicht feststellbar. Der Vergleich t3-t1 zeigt folgende Ergebnisse. Die Leistungsstarken verbessern sich zu diesem Messzeitpunkt lediglich im Bereich des FW-MC und liegen mit ihren Ergebnissen grundsätzlich unter denen zum Zeitpunkt t2. Das gesamte Interesse nimmt mit Ausnahme des allgemeinen Interesses, auch im Verhältnis zu t2, stark ab. Zudem ist ein auffallend großer Abfall der Verhaltensdisposition zu erkennen. Auch der Punktwert der Verhaltensvariablen fällt gegenüber t1 und t2 ab.

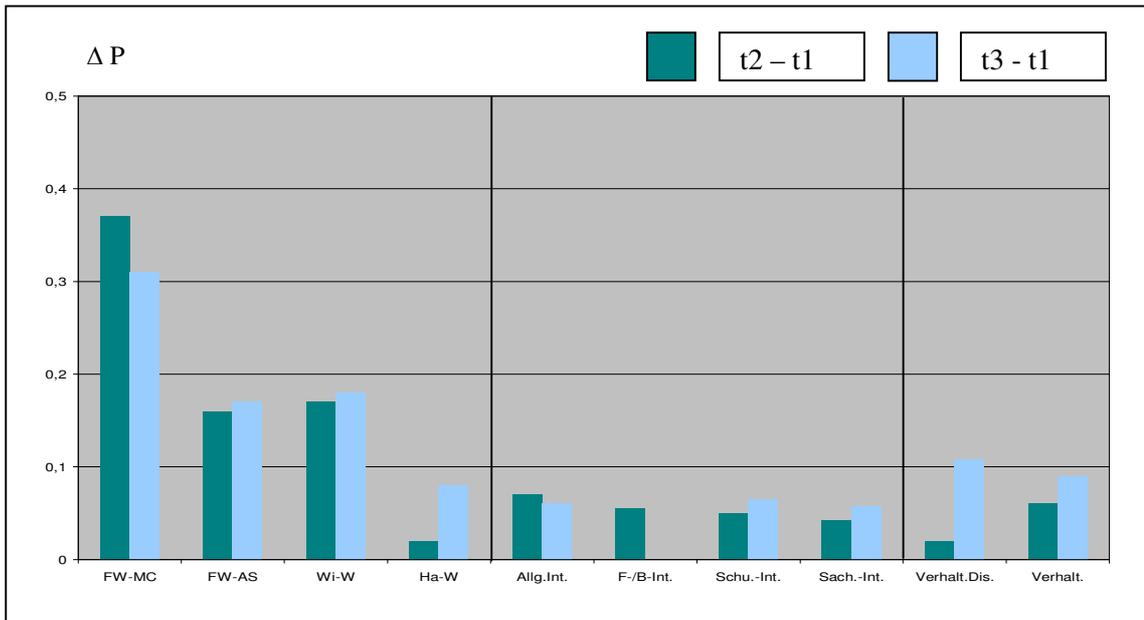


Abb. 6.15: Leistungsschwache Schüler der Kontrollgruppe

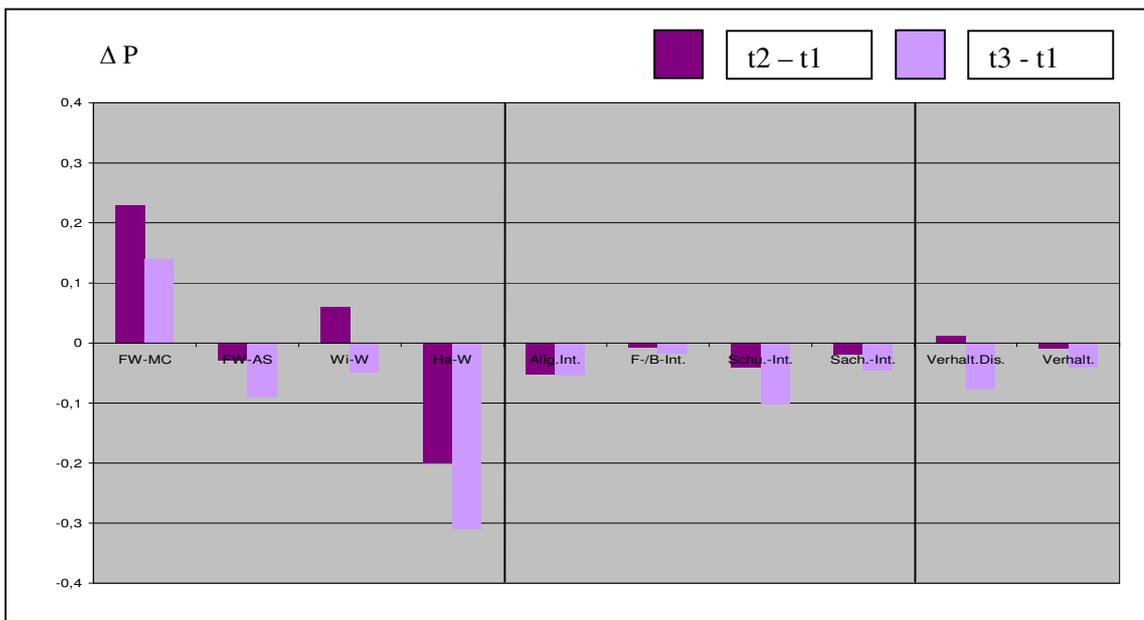


Abb. 6.16: Leistungsstarke Schüler der Kontrollgruppe

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Kontrollgruppe, dass die leistungsschwachen Schüler im Vergleich zu den leistungsstarken Schülern bei allen Variablen beim Pre-Post-Vergleich (t2-t1) einen Zuwachs erzielen. Auffällig ist ebenfalls, dass das Interesse der Leistungsschwachen tendenziell ansteigt, bei den Leistungsstarken hingegen einen Abfall aufweist. Auch im Bereich der Verhaltensdisposition bzw. des Verhaltens differieren die Ergebnisse der beiden Untergruppen auffallend. Während diese beiden Variablen der Leistungsschwachen zu allen Messzeitpunkten einen Zuwachs verzeichnen, zeigen die Leistungsstarken nur zum Zeitpunkt t2 lediglich eine Verbesserung der Verhaltensdisposition.

Vergleich Leistungsschwacher und Leistungsstarker der Interventionsgruppe IG 1:

Die leistungsschwachen Schüler der Interventionsgruppe IG 1 weisen in allen Variablen und zu beiden Testzeitpunkten einen Zuwachs auf (Abb. 6.17). Bei genauerer Betrachtung zeigen sie beim Vergleich t2-t1 folgende Ergebnisse. Im Wissensbereich erzielten diese Schüler den größten Zuwachs beim Fachwissen, das durch den Multiple Choice-Test erfasst wurde, und den geringsten beim Handlungswissen. Beim Interesse ist vor allem der im Vergleich hohe Punktwert des durch Schule induzierten Interesses ($\Delta P = 0,128$) zu erwähnen. Der geringste Interessenszuwachs ist beim Freizeit-/Berufsinteresse zu beobachten. Die Leistungsschwachen zeigen nicht nur eine im Sinne der Testkonstruktion positive Änderung der Verhaltensdisposition auf, sondern auch das Verhalten ist positiv geändert. Beim Vergleich t3-t1 weisen die Leistungsschwachen in allen Wissensbereichen einen Zuwachs auf, der mit Ausnahme des durch den Multiple Choice-Test erfassten Fachwissens über den zum Zeitpunkt t2 erreichten Werten liegt. In den Interessensbereichen weisen die leistungsschwachen Schüler eine Zunahme des Freizeit-/Berufsinteresses und des durch Schule induzierten Interesses auf, während die Werte des allgemeinen Interesses und des Sachinteresses aber unter denen zum Zeitpunkt t2 liegen. Diese Schüler erzielten nicht nur eine Verbesserung der Verhaltensdisposition, sondern auch der Verhaltensvariablen. Während der Punktwert der Variablen Verhaltensdisposition leicht über dem Punktwert zum Zeitpunkt t2 liegt, ist der Punktwert der Verhaltensvariablen geringfügig niedriger als zum Zeitpunkt t2.

Für die Leistungsstarken der Interventionsgruppe IG 1 lässt sich folgendes festhalten (Abb. 6.18). Sie zeigen bei der Betrachtung t2-t1 nur in den Wissensvariablen Fachwissen (Multiple Choice-Test) und Wirksamkeitswissen einen Zuwachs auf. Zum Zeitpunkt des Posttest weisen sie mit Ausnahme des allgemeinen Interesses und des Freizeit-/Berufsinteresses eine Abnahme des Interesses auf. Bei den Leistungsstarken sind eine relativ starke Abnahme der Verhaltensdisposition und eine schwache Abnahme der Verhaltensvariablen erkennbar. Der Vergleich t3-t1 zeigt bei den Leistungsstarken lediglich im Bereich des durch den Multiple Choice-Test erhobenen Fachwissens eine Verbesserung. Die Ergebnisse liegen grundsätzlich unter denen zum Zeitpunkt t2, besonders beim Handlungswissen ist ein hoher Wissensabfall zu beobachten. Diese Schüler verzeichnen bei allen Interessensvariablen eine Abnahme, die beim durch Schule induzierten Interesse am größten ist. Sie erreichen Ergebnisse, die schlechter sind als zum Zeitpunkt t2. Die Leistungsstarken weisen nicht nur eine relativ starke Abnahme der Verhaltensdisposition, sondern auch eine geringfügige Abnahme der Verhaltensvariablen auf. Im Vergleich zum Zeitpunkt t2 fällt der Punktwert der Verhaltensdisposition noch ab.

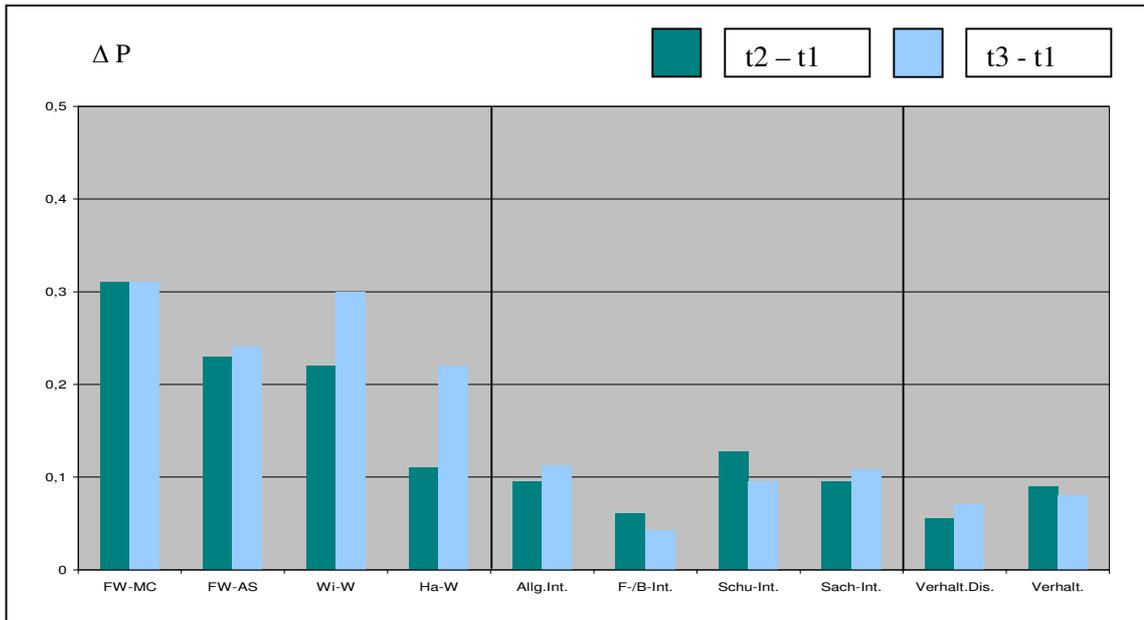


Abb. 6.17: Leistungsschwache Schüler der Interventionsgruppe IG 1

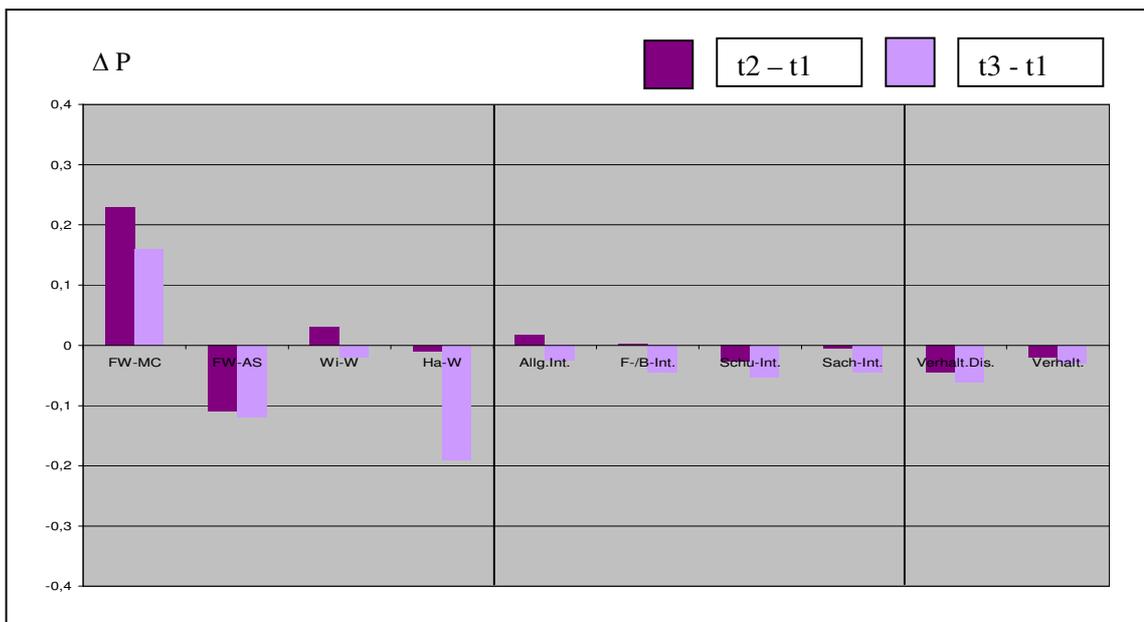


Abb. 6.18: Leistungsstarke Schüler der Interventionsgruppe IG 1

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der Interventionsgruppe IG 1, dass die Leistungsschwachen bei allen Testvariablen und zu allen Testzeitpunkten bessere Resultate als die Leistungsstarken erzielen. Analog zu den Resultaten der Kontrollgruppe steigt das Interesse der Leistungsschwachen tendenziell an, bei den Leistungsstarken hingegen fällt es ab (Ausnahme: allgemeines Interesse und Freizeit-/Berufsinteresse zum Zeitpunkt t_2). Auch im Bereich der Verhaltensdisposition bzw. des Verhaltens zeigen die beiden Untergruppen deutliche Unterschiede. Während diese beiden Variablen der Leistungsschwachen zu allen Messzeitpunkten einen Zuwachs verzeichnen, zeigen die Leistungsstarken stets eine Abnahme der Punktwerte.

Vergleich Leistungsschwacher und Leistungsstarker der Interventionsgruppe IG 2:

Die leistungsschwachen Schüler der Interventionsgruppe IG 2 zeigen als auffälligstes Merkmal, dass die Werte aller Variablen und zu beiden Testzeitpunkten ansteigen (Abb. 6.19). Sieht man sich die Ergebnisse etwas genauer an, so lässt sich für den Vergleich t2-t1 folgendes feststellen. Beim Wissen ist der größte Zuwachs beim Handlungswissen zu beobachten, der geringste beim Fachwissen, das durch den Assoziationstest erhoben wurde. Bei den Interessensvariablen werden untereinander ähnlich hohe Punktwerte erreicht. Die Verhaltensdisposition der Leistungsschwachen weist zu diesem Zeitpunkt einen Zuwachs auf, die Werte für das tatsächliche Verhalten sind stark positiv geändert. Beim Vergleich t3-t1 sind folgende Ergebnisse bei den Leistungsschwachen zu beobachten. In allen Wissensvariablen liegen bis auf die Variable Handlungswissen zum Messzeitpunkt t3 höhere Punktwerte als zum Posttest vor. Beim Follow up-Test weisen die Leistungsschwachen in allen Interessensbereichen wieder ähnlich hohe Werte auf. Sie erzielen nicht nur eine Verbesserung der Verhaltensdisposition, sondern auch eine starke positive Änderung der Verhaltensvariablen. Während der Punktwert der Variablen Verhaltensdisposition über dem Punktwert zum Zeitpunkt t2 liegt, sind die Punktwerte der Verhaltensvariablen fast identisch.

Bei den Leistungsstarken der Interventionsgruppe IG 2 zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Bereichen (Abb. 6.20). Der Vergleich t2-t1 zeigt wie bei den Leistungsschwachen in allen Wissensvariablen einen Zuwachs, besonders im Bereich des Wirksamkeitswissens ist die Zunahme relativ groß, während der geringste Zuwachs beim Handlungswissen zu beobachten ist. Dagegen weisen diese Schüler grundsätzlich einen Verlust des Interesses auf, der besonders hoch beim Sachinteresse ist. Während die Leistungsstarken eine geringe Abnahme der Verhaltensdisposition zeigen, ist im Bereich der Verhaltensvariablen eine äußerst schwache positive Änderung ($\Delta P = 0,01$) festzustellen. Bei der Betrachtung des Vergleiches t3-t1 fällt folgendes auf. Lediglich beim Fachwissen (Multiple Choice-Test) und beim Wirksamkeitswissen ist bei den Leistungsstarken eine Zunahme des Wissens beobachtbar. Sie liegen mit ihren Ergebnissen immer unter denen zum Posttest. Die Interessensvariablen zeigen grundsätzlich eine Abnahme des Interesses auf. Im Vergleich zu t2 fällt vor allem das durch Schule induzierte Interesse sogar noch weiter ab. Die Leistungsstarken verzeichnen sowohl eine Abnahme der Verhaltensdisposition als auch eine negative Änderung der Verhaltensvariablen. Die Punktwerte fallen gegenüber t2 sogar noch ab.

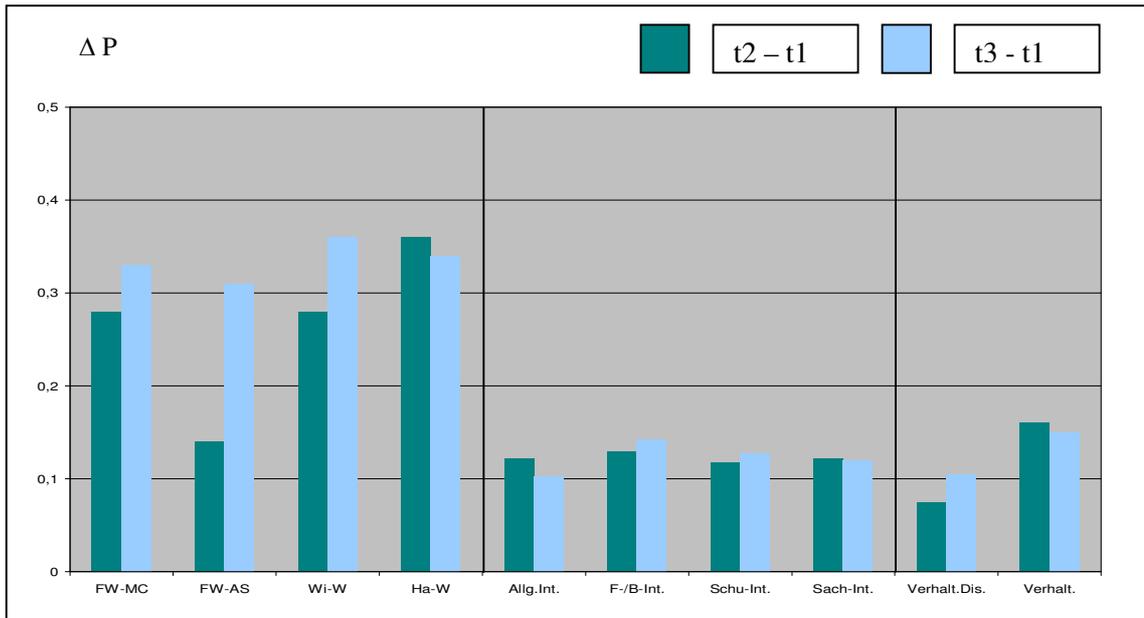


Abb. 6.19: Leistungsschwache Schüler der Interventionsgruppe IG 2

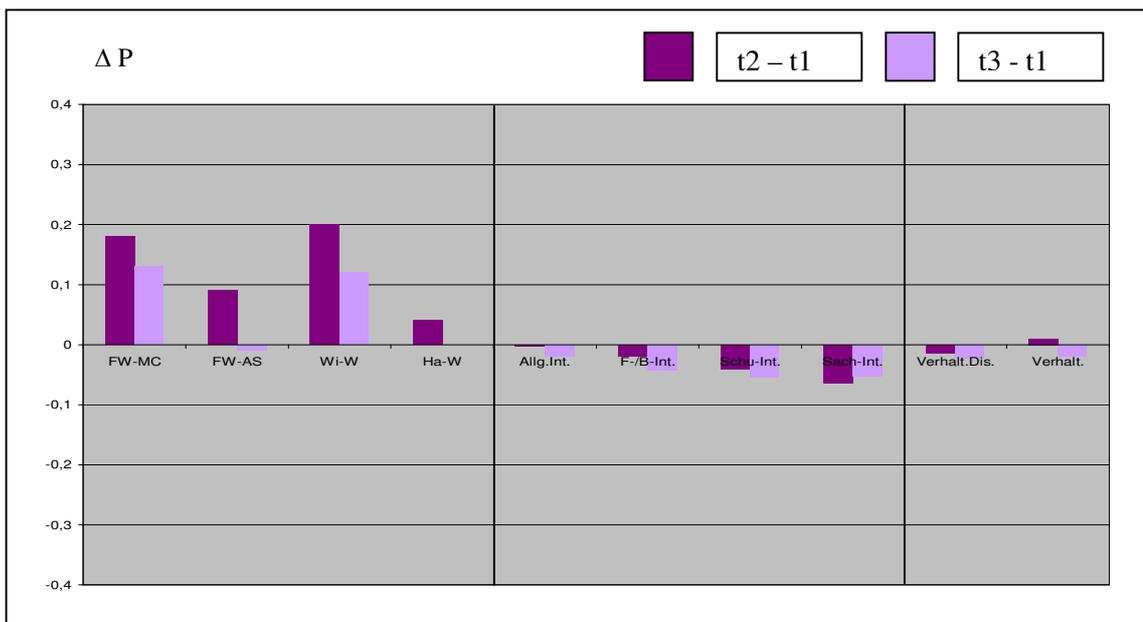


Abb. 6.20: Leistungsstarke Schüler der Interventionsgruppe IG 2

Beim Vergleich aller Ergebnisse lässt sich feststellen, dass die Leistungsschwachen zu allen Testzeitpunkten und bei allen Variablen die höheren Punktwerte erzielen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Interventionsgruppe IG 1. Weiterhin fällt auf, dass die Leistungsschwachen generell einen Zuwachs an Interesse aufweisen, bei den Leistungsstarken hingegen nimmt das Interesse grundsätzlich ab. Im Bereich der Variablen Verhaltensdisposition bzw. Verhalten sind wiederum große Unterschiede zwischen den Untergruppen feststellbar. Während diese beiden Variablen der Leistungsschwachen zu allen Messzeitpunkten einen deutlichen Zuwachs verzeichnen, zeigen die Leistungsstarken nur zum Zeitpunkt t2 eine äußerst schwache Verbesserung des Verhaltens.

Vergleich der Leistungsschwachen und der Leistungsstarken der Interventionsgruppe IG 3:

Bei den leistungsschwachen Schülern fällt zunächst auf, dass die Werte aller Variablen und zu beiden Testzeitpunkten steigen (Abb. 6.21). Dieser Aspekt ist bei den Leistungsschwachen aller Interventionsgruppen, nicht jedoch bei der Kontrollgruppe zu beobachten.

Für die Leistungsschwachen ist bei differenzierter Betrachtung des Vergleiches t2-t1 folgendes zu erkennen. In den Wissensbereichen erzielen diese Schüler beim Handlungswissen den größten Zuwachs, bei dem Fachwissen, das durch den Assoziationstest erhoben wurde, den geringsten. Zudem weisen sie eine Zunahme des Interesses in allen Bereichen auf, der beim durch Schule induzierten Interesse am stärksten, beim Freizeit-/Berufsinteresse am geringsten ist. Zu erkennen ist weiterhin eine im Sinne der Testkonstruktion positive Änderung der Verhaltensdisposition. Die Verhaltensvariable weist bei dieser Untergruppe sogar eine relativ starke positive Verbesserung auf. Der Vergleich t3-t1 bringt folgende Ergebnisse. Bei den Leistungsschwachen ist besonders beim Fachwissen, das durch den Multiple Choice-Test erfasst wurde, und beim Handlungswissen ein starker Anstieg der Werte zu erkennen, die Punktwerte zum Zeitpunkt t3 sind beim Fachwissen (Multiple Choice-Test) und beim Wirksamkeitswissen sogar noch höher als zum Zeitpunkt t2. Diese Schüler lassen ebenfalls eine Zunahme der Interessenvariablen erkennen, hier fällt wieder das durch Schule induzierte Interesse mit einem besonders hohen Punktwert auf. Demgegenüber ist das allgemeine Interesse am wenigsten gestiegen. Eine im Sinne der Testkonstruktion starke positive Änderung der Verhaltensdisposition ist bei diesen Schülern zu beobachten. Im Vergleich zu den anderen Untergruppen erreichen sie die höchste Zunahme. Zusätzlich fällt bei ihnen eine Verbesserung der Verhaltensvariablen auf. Die Punktwerte der beiden Variablen zum Zeitpunkt t3 liegen über den Punktwerten zum Zeitpunkt t2 und t1.

Die Leistungsstarken zeigen beim Vergleich t2-t1 folgende Ergebnisse (Abb. 6.22). Bei den Wissensvariablen weisen vor allem das durch den Multiple Choice-Test erfasste Fachwissen und das Wirksamkeitswissen einen großen Zuwachs auf. Das allgemeine, das Freizeit-/Berufsinteresse und das Sachinteresse stagnieren, das durch Schule induzierte Interesse fällt ab. Die Leistungsstarken weisen eine positive Änderung sowohl der Verhaltensdisposition als auch eine geringe Verbesserung der Verhaltensvariable auf. Der Vergleich t3-t1 bringt folgende Resultate. Es ist durchgehend eine Verbesserung des Wissens zu verzeichnen. Damit sind die Leistungsstarken dieser Interventionsgruppe die einzigen der Leistungsstarken, die eine Zunahme in allen Wissensvariablen und zu beiden Testzeitpunkten aufweisen. Im Vergleich zum Zeitpunkt t2 sind die Punktwerte erniedrigt bzw. erreichen die von t2. Die Punktwerte des Handlungswissens sind sogar höher zum Zeitpunkt t2. Mit Ausnahme des allgemeinen Interesses lässt das Interesse der Leistungsstarken nach. Sie zeigen eine Zunahme des Punktwertes im Bereich der Verhaltensdisposition

als auch im Bereich des Verhaltens. Die Punktwerte dieser beiden Variablen liegen zum Zeitpunkt t3 geringfügig unter denen zum Zeitpunkt t2.

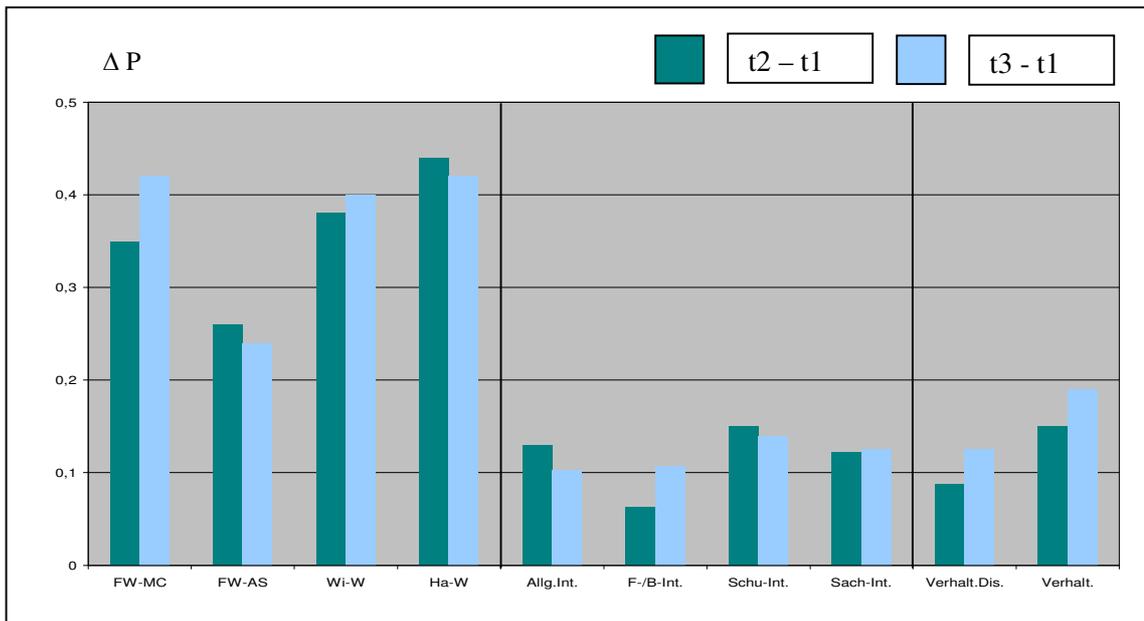


Abb. 6.21: Leistungsschwache Schüler der Interventionsgruppe IG 3

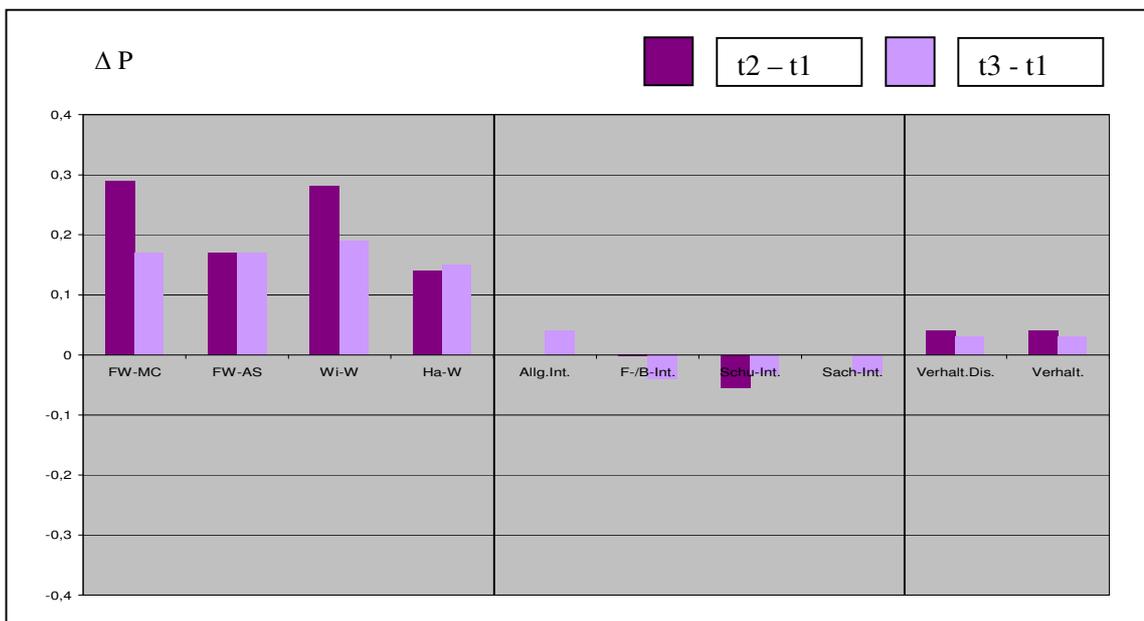


Abb. 6.22: Leistungsstarke Schüler der Interventionsgruppe IG 3

Insgesamt erreichen die Leistungsschwachen zu allen Testzeitpunkten und in allen Bereichen eine Verbesserung. Dies stimmt mit den Ergebnissen der beiden anderen Interventionsgruppen überein. Auch in dieser Gruppe lässt sich der Trend bestätigen, dass das Interesse der Leistungsschwachen zunimmt, das der Leistungsstarken tendenziell sinkt bzw. stagniert. Auffällig sind hier die positive Änderung der Variablen Verhaltensdisposition und Verhalten sowohl bei den Leistungsschwachen als auch bei den Leistungsstarken.

Zusammenfassung

Bei einem Vergleich der vier Gruppen lässt sich feststellen, dass die Leistungsschwachen bis auf wenige Ausnahmen einen höheren Wissenszuwachs aufweisen als die Leistungsstarken. Vor allem längerfristig erzielen die Leistungsschwachen Ergebnisse, deren Werte häufig über den zum Zeitpunkt t2 erreichten Werten liegen. Eine Interpretation dieses Phänomens könnte darin bestehen, dass die Leistungsschwachen besonders stark von der Unterrichtsintervention profitieren, was auch im Sinne der Pisa-Studien (z.B. Pisa 2001) ist. Da dieses Ergebnis auch in der Kontrollgruppe auftritt, kann die Ursache nicht nur die konkrete Form der Unterrichtsintervention mit außerschulischen Lernorten sein. Möglicherweise ist die Art und Weise, wie der von den Richtlinien vorgegebene Lerninhalt thematisch aufgearbeitet und basierend auf der Theorie des situierten Lernens konzipiert wurde, ein weiterer Grund. Dies ist so effektiv, dass das Wissen auch längerfristig geankert ist. Da die Punktwerte in den einzelnen Wissensvariablen vor allem in der Interventionsgruppe IG 3 höher als in den anderen Gruppen sind, scheint hier die Kombination von situiert geprägtem Unterrichtsinhalt und Einbeziehung außerschulischer Lernorte den größten Erfolg zu bringen (s.u.).

Exemplarisch lässt sich dieser Trend auch anhand von typischen Schüleraussagen nachvollziehen. So antworteten beispielsweise leistungsschwache Schüler im Pretest zu Fragen des Handlungswissens mit Aussagen wie „Keine Ahnung“ oder „Das weiß ich nicht.“ Deutlich sind zu diesem Zeitpunkt die Wissenslücken erkennbar. Lediglich die Leistungsstarken unterbreiten zum Item Saurer Regen Vorschläge, die jedoch falsch und unpraktikabel sind: „... den Regen abspritzen“ und „... den Boden düngen“. Im Posttest, der im Anschluss an die Intervention durchgeführt wurde, fallen die Antworten der Leistungsschwachen deutlich differenzierter und ausführlicher aus: „Nicht so viel Auto fahren. Denn von den Abgasen kommt der saure Regen.“ Ausgehend von einem niedrigeren Niveau erreichen die Leistungsschwachen damit höhere Werte. Eine Schülerin schlägt vor, dass man „auf den Boden Kalk streuen“ kann, um den Boden, der durch sauren Regen versauert ist, zu neutralisieren. Mit dieser Aussage wird deutlich, dass diese Schülerin Beziehungen zwischen verschiedenen Unterrichtsstunden hergestellt hat, in denen Ursache und Wirkung des sauren Regens thematisiert so wie Gegenmaßnahmen erörtert wurden (vgl. Kap. 5.4). Dies wird auch bei den Leistungsstarken sichtbar, die in ihren Aussagen Ursache und Wirkung explizit nennen: „Keine schwefelhaltigen Streichhölzer benutzen, sondern lieber was anderes z.B. Feuerzeug. Denn vom Verbrennen des Schwefels entsteht Schwefeldioxid. Mit Wasser, also Regen, bildet sich Säure, die ist sauer. Der Boden wird dann auch sauer.“ Zum Zeitpunkt des Follow up-Tests werden die Aussagen der Leistungsstarken wieder kürzer, was auf eine Wissensabnahme über einen Zeitraum von mehreren Monaten zurückzuführen ist (s.o.): „Kein Auto mehr fahren“ oder „Kalk streuen“. Zu diesem Zeitpunkt werden entweder eine Ursache oder eine Maßnahme gegen sauren Regen bzw. sauren Boden angegeben. Ein Ursache-Wirkungsprinzip wird damit nicht mehr genannt. Möglicher-

weise ist dieses geänderte Antwortverhalten auch auf eine „Testmüdigkeit“ der Schüler zurückzuführen. Die Leistungsschwachen bleiben dagegen häufig bei ihrem Antwortverhalten zum Zeitpunkt t2.

Das oben genannte Phänomen gilt auch für die Bereiche Interesse, Verhaltensdisposition und Verhalten. Die Leistungsschwachen zeigen eine Zunahme, bei den Leistungsstarken ist häufig ein Abfall der Punktwerte zu erkennen. Die Punktwerte der Leistungsstarken, die im Follow up-Test erreicht werden, fallen häufig niedriger aus als zum Zeitpunkt t2. Die Leistungsstarken zeigen sich womöglich eher von dem Thema Umwelt und den chemischen Inhalten gelangweilt und zeigen dies, indem sie vor allem bei der Beantwortung des Follow up-Tests sehr zügig vorgehen und sich keine Zeit nehmen, ausführlich auf Items einzugehen. Möglicherweise erfolgt bei den Leistungsschwachen eine Rückkopplung vom Wissen zum Interesse. Die Selbsteinschätzung und das Selbstwertgefühl steigen durch eine Zunahme des Wissens. Dies kann sich positiv auf eine Änderung des Interesses und der Verhaltensdisposition auswirken.

Die Leistungsstarken der Interventionsgruppe IG 3, die beide außerschulischen Lernorttypen aufgesucht hat, weisen im Vergleich zu den Leistungsstarken der anderen Gruppen als einzige einen sich auf alle Wissensbereiche erstreckenden Zuwachs auf. Auch langfristig ist dieser Effekt zu beobachten. Ebenso ist eine positive Änderung der Verhaltensdisposition und des Verhaltens, die sowohl zum Zeitpunkt t2 als auch zum Zeitpunkt t3 festzustellen ist, nur bei den Leistungsschwachen und Leistungsstarken der Interventionsgruppe IG 3 zu erkennen. Unterricht, der auf der Theorie des situierten Lernens fußt und außerschulische Lernorte miteinbezieht, scheint damit nicht nur die Leistungsschwachen, sondern auch die Leistungsstarken anzusprechen. Auffällig ist zudem, dass die Ergebnisse der Leistungsstarken mit der in Kapitel 6.2.1 aufgestellten Rangordnung der außerschulischen Lernorte korrelieren. Ordnet man den Lernzuwachs der Leistungsstarken in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit an, so kann folgende Rangordnung aufgestellt werden: Kontrollgruppe < Interventionsgruppe IG 1 (Außerschulische Institutionen) < Interventionsgruppe IG 2 (Schulnahes Umfeld) < Interventionsgruppe IG 3 (Kombination beider außerschulischer Lernorttypen).

Die größeren Leistungszuwächse leistungsschwacher Schüler im Vergleich zu leistungsstarken Schülern werden ebenfalls von der Hamburger Studie LAU 9 (Lehmann et al, 2002) bestätigt. Der in der LAU 9-Studie konstatierten geringen Lernfortschritte der Leistungsstarken kann jedoch entgegengewirkt werden, indem eine Kombination von außerschulischen Lernorttypen in den Unterricht integriert werden. Auf diese Weise können nicht nur die Leistungsschwachen gefördert und gefordert werden, wie es in anderen Studien belegt wird (siehe oben). In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass eben auch die Leistungsstarken von der Unterrichtskonzeption profitieren. Zusammenfassend ergeben sich aus den Ergebnissen folgende Schlussfolgerungen:

1. Eine Zunahme des Wissens ist abhängig von der Gruppenzugehörigkeit (KG, IG 1-3).
2. Eine Änderung der Verhaltensdisposition bzw. des Verhaltens wird ebenfalls durch die Gruppenzugehörigkeit beeinflusst.
3. Das Testergebnis eines einzelnen Schülers zum Zeitpunkt t1 ist kategorienübergreifend prädiktiv für das Testergebnis zu den Zeitpunkten t2 und t3. Insbesondere ist von einer negativen Korrelation des individuellen Ausgangspunktwertes mit den erzielten Punktwertdifferenzen auszugehen.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudien TIMSS und Pisa haben gezeigt, dass vor allem das naturwissenschaftliche Wissen der deutschen Schüler weit unterdurchschnittlich ist. Eine Möglichkeit diesem Zustand entgegenzuwirken, ist der Unterricht an außerschulischen Lernorten. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass die alltagsnahe und konkrete Lernsituation bei der Problemlösung im Mittelpunkt steht. Im Gegensatz zum konventionellen Unterricht mit einer direktiven Unterrichtsform kommt an außerschulischen Lernorten das problemlösende Unterrichtsverfahren verstärkt zum Einsatz, so dass ein induktiver, vom Lernenden gesteuerter Lernprozess möglich ist. Das Lernen an außerschulischen Orten entspricht damit der Lernform des situierten Lernens.

Ziel der hier vorliegenden Arbeit war es, den Lernerfolg des Unterrichts an außerschulischen Lernorten zu untersuchen. Es sollte außerdem überprüft werden, ob sich Unterricht an verschiedenen außerschulischen Lernorten unterschiedlich auf Umweltwissen, Umweltinteresse und umweltbezogenes Verhalten bzw. Verhaltensdispositionen auswirkt.

Die vorgestellte Studie wurde in der achten Jahrgangsstufe einer Realschule mit insgesamt acht Klassen im Interventions-Kontrollgruppen-Design durchgeführt. Eine Evaluation erfolgte an Hand von Fragebögen, die den Schülern zu drei Messzeitpunkten vorgelegt wurden: vor der Intervention (Pre), direkt danach (Post) und fünf Monate nach Abschluss der Intervention (Follow up).

Dabei wurde zunächst in einer Pilotstudie der Einfluss von außerschulischen Lernorten auf eine Änderung des Umweltwissens, Interesses und Verhaltens überprüft. Während die Interventionsgruppe beide außerschulische Lernorte „Schulnahes Umfeld“ und „Außerschulische Institutionen“ aufsuchte, erhielt die Kontrollgruppe konventionellen Unterricht im Klassenraum, d.h. Unterricht mit Arbeitsblättern oder Filmen zum entsprechenden Thema sowie Experimenten im Klassenraum.

Die Varianzanalyse der Daten der Pilotstudie attestiert der Interventionsgruppe, die beide außerschulische Lernorte (schulnahes Umfeld und Institutionen) aufgesucht hatte, einen größeren Erfolg hinsichtlich aller Wissensformen. Auch bezüglich der Interessensvariablen und der Verhaltensvariablen schneidet diese Interventionsgruppe am besten ab. Damit wird die Forschungshypothese bestätigt, dass Unterricht an außerschulischen Lernorten zu einem größeren Lernerfolg führt als der Regelunterricht.

Der Erfolg der Intervention führte in der Hauptstudie zu der Frage, welche Art von außerschulischen Lernorten maßgeblich an den Ergebnissen der Pilotstudie beteiligt war. Untersucht wurde der Einfluss des außerschulischen Lernortes „Schulnahes Umfeld“ oder/und „Außerschulische Institutionen“ auf die Entwicklung der oben genannten Variablen.

Die Varianzanalyse der Hauptstudie belegt, dass durch den Einsatz außerschulischer Lernorte eine Verbesserung im Bereich des Wissens erzielt wird. Zwar führt auch der konventionelle Unterricht (ohne außerschulische Lernorte) zu einer Verbesserung des deklarativen Fachwissens, nicht aber zu einer Ausbildung von Wirksamkeitswissen. Hier ist der Einsatz von außerschulischen Lernorten erfolgreich. Einen Unterschied zwischen den beiden untersuchten außerschulischen Lernorten „Schulnahes Umfeld“ und „Außerschulische Institutionen“ liefert die Betrachtung des selbstständig generierten Fachwissens: durch den Einsatz des schulnahen Lernortes wird ein signifikanter Wissenszuwachs erzielt. Die Ergebnisse des Handlungswissens untermauern die These, nach der der Einfluss des schulnahen Lernortes größer ist als der von außerschulischen Institutionen. Auch hier zeigen nur die beiden Interventionsgruppen, die diesen Lernort aufgesucht haben, einen signifikanten Wissenszuwachs.

Im Bereich der Interessensvariablen übt die Kombination der beiden Lernorttypen einen besonderen Einfluss aus. Vor allem das allgemeine Interesse und das Sachinteresse werden in der Gruppe, die beide außerschulische Lernorte aufgesucht hat, signifikant verbessert.

Eine signifikante Änderung der Verhaltensdisposition wird vor allen durch die Kombination der beiden untersuchten Lernorttypen erreicht, wohingegen das Verhalten derjenigen Gruppen, die im schulnahen Umfeld experimentiert haben, positiv geändert ist.

Damit lässt sich bezüglich der Wirksamkeit der Lernorte die folgende Rangordnung aufstellen:

keine außerschulischen Lernorte < außerschulische Institutionen < schulnahes Umfeld < Kombination der beiden außerschulischen Lernorttypen.

Der Vergleich leistungsschwacher und leistungsstarker Schüler zeigt, dass die Leistungsschwachen, ausgehend von einem niedrigeren Niveau, bis auf wenige Ausnahmen einen höheren Wissenszuwachs aufweisen als die Leistungsstarken. Vor allem längerfristig ist dieser Trend zu beobachten. Es liegt die Interpretation nahe, dass gerade diese Schüler besonders stark von der Unterrichtsintervention profitieren. Dies gilt auch für den Bereich des Interesses und den Bereich der Verhaltensdisposition bzw. des Verhaltens. Die Leistungsschwachen zeigen eine Zunahme, wohingegen die Leistungsstarken fast immer einen Abfall der Werte erkennen lassen. Auffällig sind hier die Leistungsstarken der Interventionsgruppe, die beide außerschulische Lernorte aufgesucht hat. Sie zeigen als einzige Leistungsstarken einen sich auf alle Wissensbereiche erstreckenden Zuwachs auf. Auch ist bei ihnen, wie bei den Leistungsschwachen dieser Gruppe, eine positive Änderung der Verhaltensdisposition und des Verhaltens erkennbar. Damit können durch die Kombination beider Lernorttypen sowohl die Leistungsschwachen als auch die Leistungsstarken angesprochen werden. Ein Einfluss auf die zahlenmäßig große Gruppe der Schüler mittlerer Leistungsstärke konnte in dieser Studie nicht untersucht werden, da dann die Probandenzahl nicht ausreichend gewesen wäre. Für künftige Arbeiten sollte diese Schülergruppe mit in

Betracht gezogen werden, um die Wirksamkeit der beiden Lernorttypen noch besser untersuchen zu können.

Die Ergebnisse der Studie unterstreichen die Notwendigkeit, dass Unterricht an außerschulischen Lernorten, basierend auf der Theorie des situierten Lernens, im Fach Chemie und möglichst auch in anderen Fächern wie Biologie, Physik vermehrt durchgeführt werden sollte. Nach den vorliegenden Ergebnissen ist zudem davon auszugehen, dass vor allem leistungsschwächere Schüler von solchem Unterricht profitieren. In weiteren Studien bleibt zu überprüfen, ob auch für andere Themenkomplexe innerhalb des naturwissenschaftlichen Unterrichts das hier untersuchte didaktische Konzept erfolgreich einzusetzen ist. Auch ist zu untersuchen, inwieweit die hinsichtlich ihrer Leistungsstruktur anders gelagerten Hauptschüler, bzw. Gymnasiasten von dem Unterricht an außerschulischen Lernorten profitieren. Vor allem der Vorteil für leistungsstarke Schüler, durch die Kombination beider Lernorttypen einen sich auf alle untersuchten Wissensbereiche erstreckenden Zuwachs zu erzielen, sollte anhand von weiteren Themenkomplexen bestätigt werden.

Literaturverzeichnis

Aebli, H. (1983): Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart, Klett.

Alexander, P. A., Judy, J. E. (1988): "The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance." *Review of Educational Research* 58: 375-404.

Alexander, P. A., Schallert, D. L., Hare, V. (1991): "Coming to terms: How researchers in learning and literacy talk about knowledge." *Review of Educational Research* 61: 315-343.

Anderson, J. R. (1983): *The architecture of cognition*. Cambridge, MA, Harvard University Press.

Anderson, J. R. (1987): "Skill acquisition: Compilation of weak-method problem solutions." *Psychological Review* 94: 192-210.

Anderson, J. R., Reeder, I. M., Simon, H. A. (1996): "Situated Learning and Education." *Educational Researcher* 4(25): 5-11.

Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. (2001): *Chemie heute S I, Ausgabe NRW*. Hannover, Schroedel.

Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H. (1981): *Psychologie des Unterrichts, Band 2*. Weinheim, Beltz.

Bäurle, W. et al. (2003): *Umwelt: Chemie*. Stuttgart, Klett.

Baumert, J., Bos, W., Watermann, R. (1998): *TIMSS / III: Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich*. Berlin, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J., Weiß, M. H. (2001): *Pisa 2001 - Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen, Leske + Budrich.

Baumert, J., Lehmann, J., Lehrke, M. et al (1997): *TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich: deskriptive Befunde*. Oplade, Leske + Burdrich.

- Baumert, J., Prenzel, M., Blum, W., Lehmann, R., Leutnert, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. (2004): Pisa 2003. Der Bildungsstandard der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Münster, Waxmann.
- Berck, K. H. (2001): Biologiedidaktik. Grundlagen und Methoden. Wiebelsheim, Quelle & Meyer.
- Bund und Länder Kommission (BLK) (1998): "Bildung für eine nachhaltige Entwicklung, Orientierungsrahmen, Heft 69."
- Blume, R. et al. (1995): Chemie für Gymnasien, Sekundarstufe I - Lehrbuch zum Teilband 1 (Klasse 7). Berlin, Cornelsen.
- Bolscho, D. (1986): Umwelterziehung in der Schule. Kiel, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- Bönsch, M. (2000): "Der geschlossene Charakter der Schule." Realschule in Deutschland 5: 12-17.
- Bortz, J. (1999): Statistik für Sozialwissenschaftler. Berlin u.a.O, Springer.
- Bortz, J., Döring, N. (1995): Forschungsmethoden und Evaluation, Berlin u.a.O., Springer.
- Bransford, J. D., Sherwood, R. D., Hasselbring, T. S., Kinzer, C. K., Williams, S. M. (1990): Why We Need It and How Technology Can Help. Cognition, Education and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology. D. Nix and R. Spiro. Hillsdale NJ, Lawrence Erlbaum: 115-142.
- Brown, A. I. (1997): "Transforming Schools into Communities of Thinking and Learning about Serious Matters." American Psychologist 4(52): 399-413.
- Bruner, J. S. (1973): Der Prozeß der Erziehung. Düsseldorf, Schwann.
- Bühler, A., Graf, E. (2003): "PISA: Konsequenzen für den Chemieunterricht." PH FR, Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule Freiburg(Nr. 1): 23-25.
- Burk, K., Claussen, C. (1980): Lernorte außerhalb des Klassenzimmers. Frankfurt am Main, o.Verlag.

- Cunnigham, D. J., Duffy, T. M., Knuth, R. A. (1993): The Textbook of the Future. Hyper-text - A Psychological Perspektive. C. McKnight, A. Dillon and J. Richardson. New York, Ellis Horwood.
- Dalhoff, B. (1997): Projekte zum Natur- und Umweltschutz und ihre Bedeutung für die Öffnung von Schule. Soest, Landesinstitut für Schule und Weiterbildung.
- Dewey, J. (1913): Interest and effort in education. Boston, Riverside Press.
- Dieckmann, A., Preisendörfer, P. (1992): "Persönliches Umweltverhalten." Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 44: 226-251.
- Duffy, T. M., Jonassen, D. H. (1992): Constructivism: New Implications for Instructional Technology. In: T. M. Duffy and D. H. Jonassen: Constructivism and the Technology of Instruction: A Conservation. Hillsdale NJ, Erlbaum: 1-16.
- Einbeck, R., Roos, M. (1984): Der Nationalpark Bayerischer Wald, Schulreport 1984/3.
- Ernst, A. M. (1994): Soziales Wissen als Grundlage des Handelns in Konfliktsituationen. Frankfurt am Main, Lang.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U., Rodi, D. (1998): Fachdidaktik Biologie. Köln, Aulis.
- Faltermeier, R. (1996): Praktischer Unterricht Biologie, Lebensraum Boden. Stuttgart, Klett.
- Fietkau, H. J., Kessel, H. (1981): Umweltlernen. Königstein / Ts., Verlag Anton Hain Meisenheim.
- Frühauf, D., Tegen, H. (2002): Blickpunkt Chemie. Hannover, Schroedel.
- Fuhrer, U., Wölfling, S. (1997): Von den sozialen Grundlagen des Umweltbewußtseins zum verantwortlichen Handeln. Bern, Huber.
- Goudswaard, J. (1977): "Learning environments for environmental education." Trends of Environmental Education, UNESCO-Report: 49-62.

Gräsel, I., Parchmann, I. (2004): "Die Entwicklung und Implementation von Konzepten situierten, selbstgesteuerten Lernens." Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Beiheft 3/2004: 171-184.

Gruber, H. (1999): Erfahrung als Grundlage kompetenten Handelns. Bern, Hans Huber Verlag.

Gruber, H., Renkl, A. (1994): Ausbildung in empirischen Forschungsmethoden im Pädagogikstudium: Evaluation und Gestaltung (Forschungsbericht Nr. 29). München, Ludwig-Maximilian-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.

Grupe, H. (1977): Biologiedidaktik. Köln, Aulis.

Gudjons, H. (1997): Handlungsorientiert lehren und lernen - Schüleraktivierung - Selbsttätigkeit - Projektarbeit. Bad Heilbrunn, Klinkhardt.

Hager, W., Hasselhorn, M. (2000): Psychologische Interventionsmaßnahmen: Was sollen sie bewirken können? In: W. Hager, J.-L. Patry, H. Brezing (Hrsg.): Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen, S. 41 - 85. Bern u.a.O., Huber.

Hamann, B. (1993): Geschichte des Schulwesens. Bad Heilbrunn, Klinkhardt.

Hammond, N. (1993): Learning with Hypertext: Problems, Principles and Prospects, in: C. McKnight, A. Dillon and J. Richardson: Hypertext - A Psychological Perspective, New York, Ellis Horwood: 51-70.

Hampl, U. (2000): Außerschulische Lernorte im Biologieunterricht der Realschule. Herdecke, GCA-Verlag.

Hannappel, H. (1988): Lehren lernen. Bochum, Kamps.

Hartinger, A., Fölling-Albers, M., Mörtl-Hafizovic, D. (2005): "Die Bedeutung der Ambiguitätstoleranz für das Lernen in situierten Lernbedingungen." Psychologie in Erziehung und Unterricht 52: 113-126.

Hasselhorn, M., Mähler, C. (2000): Transfer: Theorie, Technologien und empirische Erfassung. In: W. Hager, J.L. Patry, H. Brezig: Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen. Bern, Huber.

Hatano, G., Inagaki, K. (1992): Desituationing cognition through the construction of conceptual knowledge. In: P. Light and G. Butterworth.: Context and cognition: Ways of learning and knowing, Hillsdale, NJ, Erlbaum. Hausschild, G. (1983): "Experimentelle Schülertätigkeiten haben viele Voraussetzungen." Chemie in der Schule 10: 401-403.

Heckhausen, H. (1989): Motivation und Handeln. Berlin, Springer.

Hedewig, R. (1982): Zum Problem der Freilandarbeit im Biologieunterricht. Biologielehrpläne und ihre Realisierung. R. Hedewig und D. Rodi. Köln, Aulis.

Hell, K. (2000): Unterrichtsbaustein Octopuss: Boden, Luft und Wasser. Stuttgart, Klett.

Herz, O. (1989): Gestaltung des Schullebens und Öffnung von Schule - ein Beitrag zur Qualitätsverbesserung von Schule? Soest, Landesinstitut für Schule und Weiterbildung.

Hidi, S., Baird, W. (1986): Interestingness - a neglected variable in discourse processing. Cognitive Science, 10:179 - 194.

Hidi, S., Andersen, V. (1992): Situational interest and its impact reading and expository writing. In: Renninger, K. A., Hidi, S., Krapp, A.: The Role of Interest in Learning and Development. Hillsdale/N.J., Erlbaum.

Hidi, S. (2000): An interest researcher's perspective: the effects of extrinsic and intrinsic factors on motivation, in: C. Sansone and J. M. Harackiewicz: Intrinsic and extrinsic motivation. San Diego, Academic Press: 311-339.

Hoffmann, L., Häusler, P., Lehrke, M. (1998): Die IPN-Interessenstudie. Kiel, IPN.

Honebein, P. C., Duffy, T. M., Fishman, B. J. (1991): Constructivism and the Design of Learning Environments: Context and Authentic Activities for Learning, in: T. M. Duffy, J. Lowyck and D. H. Jonassen: Designing Environments for Constructive Learning. Berlin, Springer-Verlag: 87-108.

Hubert, H. e. a. (1991): Umwelterziehung in der Schule. Donauwörth, Auer Verlag.

Ingenkamp, K.: (1988): Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik. Weinheim, Beltz.d

Ipfling, H.-J. (2003): "Erlebnispädagogik an außerschulischen Lernorten." Schulmagazin 5-10 2: 11-14.

Jäckel, M., Risch, K. T. (1993): Chemie heute - Sekundarbereich 1. Hannover, Schroedel.

John, S. (1999): "... und draußen ist das Leben." Grundschulunterricht 3: 2-4.

Jonassen, D. H., Mayes, T., McAleese, R. (1991): A Manifesto for a Constructivist Approach to Uses of Technology in Higher Education, in: T. M. Duffy, J. Lowyck and D. H. Jonassen: Designing Environments for Constructive Learning. Berlin, Springer-Verlag: 231-247.

Jürgens, E. (1993): "Außerschulische Lernorte." Grundschulmagazin 8: 4-6.

Kaiser, F. G., Fuhrer, U. (2000): Wissen für ökologisches Handeln. In: Mandl, H., Gerstenmaier, J.: Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Göttingen, Hogrefe-Verlag.

Kasprzak, T. (2000): Trinkwasser - wertvolles Nass. UB 259: 32 - 35.

Killermann, W. (1995): Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik. Donauwörth, Auer.

Killermann, W., Staeck, L. (1990): Methoden des Biologieunterrichts. Köln, Aulis.

Kirsch, I., de Jong, J., D., L., McQuenn, J., Mendelovits, J., Monsieur, C. (2002): Reading for Change - Performance and Engagement across Countries. Results from PISA 2000. Paris, OECD.

Knuth, R. A., Cunnigham, D. J. (1991): Tools for Constructivism., in: T. M. Duffy, J. Lowyck and D. H. Jonassen: Designing Environments for Constructive Learning. Berlin, Springer-Verlag: 163-188.

Kommers, P. A. M., Grabinger, S., Dunlap, J. C. (1996): Hypermedia Learning Environments: Instructional Design and Integration. Hillsdale NJ, Lawrence Erlbaum.

Koop, F. (1975): Schule ohne Isolierung, Schulreport 1975/2.

Krapp, A., Prenzel, M. (1992): Interesse, Lernen, Leistung. Münster, Aschendorff.

Krapp, A., Weidenmann, B. (1999): Entwicklungsförderliche Gestaltung von Lernprozessen - Beiträge der Pädagogischen Psychologie. Personalentwicklung in Organisationen. K. Sonntag. Göttingen, Hogrefe: 77-98.

Kuhl, J. (1987): Motivation und Handlungskontrolle: Ohne guten Willen geht es nicht. In: H. Heckhausen, P. M. Gollwitzer, F. E. Weinert: *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften*. Berlin, Springer: 101-120.

Kuhl, J., Heckhausen, H. (1996): Motivation, Volition und Handlung, *Enzyklopädie der Psychologie*, Band 4. Göttingen, Hogrefe.

Langeheine, R., Lehmann, J. (1986): *Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewußtsein*. Kiel, IPN.

Lave, J., Murtaugh, M., de la Rocha, O. (1984): The dialectic of arithmetic in grocery shopping. In: B. Rogoff, J. Lave: *Everyday cognition: Its development in social context*. Cambridge, MA, Harvard University Press: 67-94.

Law, L.-C. (1994): *Transfer of learning: Situated cognition perspectives* (Research Report No.32). München, Universität München, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.

Lehmann, R.H., Peek, R., Gänsfuß, R., Husfeldt, V. (2002): *Aspekte der Lernausgangslage und Lernentwicklung - Klassenstufe 9 - Ergebnisse einer längsschnittlichen Untersuchung in Hamburg*. Hamburg: Behörde für Schule, Jugend und Berufsausbildung, Amt für Schule.

Lienert, G., Raatz, U. (1998): *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim, Beltz.

Lucius, E.R. (2000): *Versuchskästen - eine Erleichterung im Schulalltag. Unterricht Biologie*, Heft 251. 24. Jahrgang, S.4 - 9.

Mandl, H., Gruber, H., Renkl, A. (1993): *Learning to apply: from "school garden instruction" to technology-based learning environments*. research report No.15, Ludwig-Maximilian-Universität München, o.Verlag.

Mandl, H., Gruber, H., Renkl, A. (1997): *Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen*. In: L. Issing, P. Klimsa: *Information und Lernen mit Multimedia* Weinheim, Beltz Psychologie-Verlagsunion: 167-178.

Maskus, R. (1966): *Zur Geschichte der Mittel- und Realschule*, Klinkhardt.

Meyer, H. (1994): *Unterrichtsmethoden II: Praxisband*. Frankfurt a. M, Cornelsen.

- Mummendey, H. D. (1995): Die Fragebogen-Methode. Göttingen, Hogrefe.
- Obendrauf, V. (1996): Experimente mit Gasen im Minimaßstab. *ChiZ* 3: 118 - 125.
- Obendrauf, V. (1999): Die Low-Cost-Lachgas-Kanone. *PdN-Chemie* 3: 35 - 42.
- Palincsar, A. S. (1998): "Social constructivist perspectives on teaching and learning." *Annual Review of Psychology* 49: 345-375.
- Parchmann, I. e. a. (2006): "Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextlernen und Kompetenzentwicklung." *CHEMKON* 13(3): 124-131.
- Paris, S. G., Lipson, M. Y., Wixson, K. K. (1983): "Becoming a strategic reader." *Contemporary Educational Psychology* 8: 293-316.
- Pfeifer, P., Häusler, K., Lutz, B. (1997): *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München, Oldenbourg.
- Pfligersdorffer, G. (1988): "Ein Konzept zur methodisch-didaktischen Gestaltung von Freilandunterricht." *Praxis der Naturwissenschaften/Biologie* 8: 35-37.
- Pohle, A. (1990): *Umwelterziehung - eine Herausforderung für die Schule. Modelle zur Umwelterziehung in der Bundesrepublik Deutschland*. D. G. f. U. IPN. Kiel, IPN.
- Prenzel, M. (1988): *Die Wirkungsweise von Interesse. Ein Erklärungsversuch aus pädagogischer Sicht*. Opladen, Westdeutscher Verlag.
- Ragnitz, H., Sander, U. (2000): *Außerschulische Lernorte*. Nordhorn, Schulabteilung der Bezirksregierung Weser-Ems.
- Reinmann-Rothmeier, G., Mandl, H., Prenzel, M. (1994): *Computerunterstützte Lernumgebungen: Planung, Gestaltung und Bewertung*. Erlangen, Publicis-MCD-Verlag.
- Renkl, A. (1996): "Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird." *Psychologische Rundschau* 47: 78-92.
- Renkl, A., Gruber, H., Hinkofer, L. (1994): "Hilft Wissen bei der Identifikation und Steuerung eines komplexen ökonomischen Systems?" *Unterrichtswissenschaft* 22: 195-202.

- Renninger, K. A. (1992): Individual Interest and Development: Implications for Theory and Practice. In: Renninger, K. A., Hidi, S., Krapp, A.: The Role of Interest in Learning and Development. Hillsdale / N.J., Erlbaum.
- Rost, J. (1997): Theorien menschlichen Umwelthandelns. In: Michelsen, G.: Umweltberatung, Grundlagen und Praxis, Economica-Verlag.
- Rost, D. (2005): Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. Weinheim und Basel, Beltz.
- Rude, A. (1911): Methodik des gesamten Volksschulunterrichts. Zickfeld, o.Verlag.
- Rumann, S. (2004): Kooperatives Experimentieren im Chemieunterricht. Essen, Dissertation.
- Saxe, G. B. (1988): "Candy selling and math learning." Educational Researcher 17: 14-21.
- Schahn, J. (1996): Die Erfassung und Veränderung des Umweltbewusstseins. Frankfurt am Main, Lang.
- Schiefele, U., Schreyer, I. (1994): "Intrinsische Lernmotivation und Lernen. Ein Überblick zu Ergebnissen der Forschung." Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 8: 1-13.
- Schmeil, O. (1886): Über Reformbestrebungen auf dem Gebiete der naturgeschichtlichen Unterrichts. Leipzig, o.Verlag.
- Schmidkunz, H., Lindemann, H. (1995): Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Magdeburg, Westarp-Wissenschaften.
- Schmitt, C. (1990): Heraus aus der Schulstube! Naturgeschichte im Freien. Langensalza, Beltz.
- Schommer, M. (1993): "Epistemological development and academic performance among secondary students." Journal of Educational Psychology 85: 406-411.
- Schulz, S., Tegen, H., Cieplik, D., Zeeb, A. (2004): Erlebnis Naturwissenschaft 1. Braunschweig, Bildungshaus Schulbuchverlage.
- Schwarzer, R. (1992): Psychologie des Gesundheitsverhaltens. Göttingen, Hogrefe.

- Scribner, S. (1984): Studying working intelligence. In: B. Rogoff, J. Lave: *Everyday cognition: Its development in social context*, Cambridge, MA, Harvard University Press: 9-40.
- Sell, N. M. (2000): *Psychologie des Lernens*. München, E.Reinhardt Verlag.
- Siedentop, W. (1972): *Methodik und Didaktik des Biologieunterrichts*. Heidelberg, Quelle & Meyer.
- Skaumal, U., Staeck, L. (1980): *Die Biologielehrpläne für die Sekundarstufe 1*. Köln, Aulis Verlag.
- Spada, H., Ernst, A. M. (1992): Wissen, Ziele und Verhalten in einem ökologisch-sozialen Dilemma. In: Pawlik, K., Stapf, K. H.: *Umwelt und Verhalten: Perspektiven und Ergebnisse ökopsychologischer Forschung*. Bern, Huber.
- Spiro, R., Feltovich, P. J., Jacobson, M. J., Coulson, R. L. (1992): Knowledge Representation, Content Specification, and the Development of Skills in Situation-Specific Knowledge Assembly: Some Constructivist Issues as They Relate to Cognitive Flexibility Theory and Hypertext. In: T. M. Duffy, D. H. Jonassen: *Constructivism and the Technology of Instruction*. Hillsdale NJ, Lawrence Erlbaum: 121-135.
- Stachelscheid, K. (1990): *Problemlösender Chemieunterricht in der Sekundarstufe I - Gymnasium*, Westarp Wissenschaften: Essen.
- Stachelscheid, K. (1997): *Empirische Untersuchungen zum Umweltbewußtsein von Jugendlichen - Konsequenzen für den Chemieunterricht*, Habilitationsschrift, Essen.
- Stichmann, W., Dalhoff, B. (1996): "Schule öffnen." *UB 217*: 4-11.
- Stock, H. (1988): "Außerschulische Lernorte." *Pädagogische Welt 2*: 50-54.
- Straka, G. A. (2000): *Conceptions of selfdirected learning: Theoretical and conceptual considerations*. Münster, Waxmann.
- Strauss, S. (1986): "Three sources of differences between educational and developmental psychology: Resolution through educational-developmental psychology." *Instructional Science 15*: 275-286.

Struck, P. (1994): Neue Lehrer braucht das Land: Ein Plädoyer für eine zeitgemäße Schule. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Thissen, F. (1997): Das Lernen neu erfinden: konstruktivistische Grundlage einer Multimedia-Didaktik. Learntec 97, Europäischer Kongreß für Bildungstechnologie und betriebliche Bildung, Tagungsband, Schriftenreihe der KKA. U. Beck and W. Sommer. Karlsruhe, KKA: 69-80.

Von Hentig, H. (1993): Die Schule neu denken. München, Carl Hanser Verlag.

Wagner, A. (1978): Selbstgesteuertes Lernen im offenen Unterricht. Selbstgesteuertes Lernen. H. Neber. Weinheim, Beltz.

Weinert, F. E. (1982): "Selbstgesteuertes Lernen als Voraussetzung, Methode und Ziel des Unterrichts." Unterrichtswissenschaft 2: 99-110.

Whitehead, A. N. (1929): The aims of education. New York, Macmillan.

Wilson, V. L. (1980): "Research techniques in AERJ articles: 1969 to 1975." Educational Researcher 9: 5-10.

Winkel, G. (1982): "Exkursionen." UB 6.

Winkel, G. (1986): "Biologie im Schullandheim." UB 5: 4-13.

9. Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abb. 3.1	Charakteristika des Unterrichts an außerschulischen Lernorten	25
Abb. 4.1	Variablen der Studie	33
Abb. 4.2	Zusammenwirken verschiedener Wissensformen	33
Abb. 4.3	2*2-Design der Intervention in der Hauptstudie	38
Abb. 4.4	Untersuchungsplan	39
Abb. 5.1	Auswahl der Experimente für die Unterrichtsreihe	50
Abb. 5.2	Experimentierkasten	51
Abb. 5.3	Arbeitsblatt mit einer kleinschrittigen Arbeitsanweisung	52
Abb. 5.4	Mittelschrittige Anweisung	53
Abb. 5.5	Großschrittige Anweisung	53
Abb. 5.6	Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen	55
Abb. 5.7	Leichte Handhabung des Experimentierkastens	56
Abb. 5.8	Verlaufsschema für alle Unterrichtsstunden	59
Abb. 5.9	Stundenverlauf für die einzelnen Gruppen	60
Abb. 5.10	Zeitungsnotiz zum Thema Bodenversauerung	61
Abb. 5.11	Informationstext zur Entstehung des sauren Regens	67
Abb. 6.1	Ergebnisse Wissen	79
Abb. 6.2	Ergebnisse allgemeines, Eltern- und Freizeit-/Berufsinteresse	81
Abb. 6.3	Ergebnisse durch Schule induziertes Interesse und Sachinteresse	81
Abb. 6.4	Ergebnisse Verhalten	82
Abb. 6.5	Ergebnisse Fachwissen (Multiple Choice-Test)	85
Abb. 6.6	Ergebnisse Fachwissen (Assoziationstest)	86
Abb. 6.7	Ergebnisse Wirksamkeitswissen	86
Abb. 6.8	Ergebnisse Handlungswissen	87
Abb. 6.9	Ergebnisse allgemeines Interesse	88
Abb. 6.10	Ergebnisse Freizeit-/Berufsinteresse	88
Abb. 6.11	Ergebnisse durch Schule induziertes Interesse	89

Abb. 6.12	Ergebnisse Sachinteresse	89
Abb. 6.13	Ergebnisse Verhaltensdisposition	90
Abb. 6.14	Ergebnisse Verhalten	91
Abb. 6.15	Leistungsschwache Schüler der Kontrollgruppe	96
Abb. 6.16	Leistungsstarke Schüler der Kontrollgruppe	96
Abb. 6.17	Leistungsschwache Schüler der Interventionsgruppe IG 1	98
Abb. 6.18	Leistungsstarke Schüler der Interventionsgruppe IG 1	98
Abb. 6.19	Leistungsschwache Schüler der Interventionsgruppe IG 2	100
Abb. 6.20	Leistungsstarke Schüler der Interventionsgruppe IG 2	100
Abb. 6.21	Leistungsschwache Schüler der Interventionsgruppe IG 3	102
Abb. 6.22	Leistungsstarke Schüler der Interventionsgruppe IG 3	102

10. Tabellenverzeichnis

	Seite	
Tab. 3.1	Unterricht an außerschulischen Lernorten bis zum Ende des 19. Jhd.	19
Tab. 3.2	Unterricht an außerschulischen Lernorten bis nach der Jahrhundertwende	20
Tab. 3.3	Unterricht an außerschulischen Lernorten seit den achtziger Jahren	21
Tab. 4.1	Zweiggruppenplan der Pilotstudie	37
Tab. 4.2	Ausgewählte Fragebogentypen für die jeweiligen Variablen	40
Tab. 5.1	Arbeit mit dem Experimentierkasten	54
Tab. 5.2	Abkürzungen zur Kennzeichnung der Gruppen	61
Tab. 5.3	Farbreaktion und pH-Wert der eingesetzten Lösungen mit Universalindikator	63
Tab. 5.4	Optimaler pH-Wert von Böden für einige Nutzpflanzen	64
Tab. 5.5	Beurteilung der Böden hinsichtlich des pH-Wertes	65
Tab. 6.1	Richtwerte für die Interpretation von Effekten	78
Tab. 6.2	Gruppenbezeichnung	84
Tab. 6.3	Abkürzung der Testvariablen	94

Anhang

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

Vielen herzlichen Dank schon im voraus für deine Bereitschaft, an dieser Studie zum Thema „Umwelt“ teilzunehmen. Deine Antworten können dazu beitragen, das Thema „Umwelt“ im Schulunterricht zukünftig interessanter zu gestalten.

Aus diesem Grund bitte ich dich, den folgenden Fragebogen sorgfältig auszufüllen. Bei den verschiedenen Aussagen sollst du von den Antwortmöglichkeiten immer die ankreuzen, die am ehesten deine Meinung wiedergibt bzw. die dir als „richtig“ erscheint. Wichtig ist, dass du immer nur ein Kästchen ankreuzt.

Und nun viel Spaß dabei!

1. Geschlecht: O männlich O weiblich

2. Geburtsdatum: _____

Letzte Zeugnisnote in Chemie:

Letzte Zeugnisnote in Biologie:

Im folgenden findest du eine Reihe von Umweltproblemen. Schreibe jeweils auf, was *du* zur Verringerung der Umweltbelastungen beitragen kannst.

1. Der Müllberg wächst immer weiter an. Was kannst **du** tun?

2. Die Luftverschmutzung durch Verkehr wird immer stärker. Was kannst **du** dagegen tun?

Im folgenden findest du eine Liste mit alphabetisch geordneten Begriffen zum Thema „Umwelt“. Streiche alle Wörter durch, die du nicht kennst. Schreibe danach zu jedem bekannten Wort alle Begriffe, die dir dazu einfallen.

	Begriffe, die mir dazu in den Sinn gekommen sind:
Bodenversauerung	
Entschwefelung	
Kalk	
Kohlenstoffdioxid	
Luftverschmutzung	
pH-Wert	
Säure	
Saurer Regen	
Schwefeldioxid	
Verbrennung	

(Fragebogen Fachwissen, Assoziationstest)

Und hier gilt: kreuze bitte nur eine Antwort an!

1. Das Kohlenstoffdioxid in unserer Umwelt	
- ist ein fester Stoff.	
- ist flüssig, weil es in Sprudelwasser enthalten ist.	
- kann bei Raumtemperatur fest als auch flüssig sein.	
- ist gasförmig.	

2. Saurer Regen entsteht, wenn	
- Regenwasser auf sauren Kompost fällt.	
- Regenwasser und Metalloxide gemischt werden.	
- Nichtmetalloxide und Regen zu Säuren umgewandelt werden.	
- es an besonders kalten Tagen regnet.	

3. Bodenversauerung entsteht, wenn	
- der Kalkgehalt im Boden zunimmt.	
- saurer Regen fällt.	
- viele Regenwürmer ihre Ausscheidungsprodukte im Boden hinterlassen.	
- Zitronenbäume angepflanzt werden.	

4. Saure Lösungen haben einen pH-Wert,	
- der größer als 7 ist.	
- der kleiner als 7 ist.	
- der je nach Luftturbulenzen um die 10 liegt.	
- der nicht festzustellen ist.	

5. Die Luftverschmutzung wird verursacht durch	
- das Benutzen von Fahrrädern.	
- das Verlegen des Verkehrs von der Straße auf die Schienen.	
- das Verbrennen von Kohle in Kraftwerken und anderen Industrieanlagen.	
- starke Winde in den Wüsten.	

6. Bei der Verbrennung von Kohlenstoff entsteht	
- ein Metalloxid.	
- Sauerstoff.	
- ein Nichtmetalloxid.	
- ein Metall und ein Nichtmetall.	

7. Das Schwefeldioxid in unserer Umwelt	
- hat eine grünliche Farbe.	
- ist ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen.	
- verstärkt den Farbton von Blütenblättern.	
- bleicht Blütenblätter und grüne Blätter.	

8. Der Kalkgehalt im Boden wird bestimmt, indem man	
- die Glimmspanprobe durchführt.	
- Salzsäure auf den Boden träufelt.	
- die sichtbaren Kalkteilchen im Boden zählt.	
- eine Bodenprobe gegen das Licht hält.	

9. Bei der Verbrennung von Schwefel entsteht	
- gasförmiges Schwefeldioxid.	
- Schwefelgas.	
- ein silbrig glänzender Schwefelkristall.	
- Schwefelsulfid.	

10. Mit Hilfe eines Universalindikatorpapiere lässt sich	
- die giftige Wirkung einer Chemikalie auf den Körper feststellen.	
- der pH-Wert einer Lösung bestimmen.	
- feststellen, ob in einer Lösung Schwermetalle vorhanden sind.	
- feststellen, ob in einer Lösung Farbstoffe enthalten sind.	

11. Rauchgasentschwefelung ist eine Maßnahme,	
- um giftiges Schwefeldioxid aus der Luft zu entfernen.	
- um preiswertes Rauchgas für Raucher herzustellen.	
- um Schwefel aus Rauchgas zu gewinnen.	
- um mithilfe von Schwefelsäure Rauchraketen für Silvester herzustellen.	

12. Das Kohlenstoffdioxid in unserer Umwelt	
- wirkt desinfizierend auf Bakterien.	
- hat eine schwach gelbliche Farbe.	
- kann als Füllgas für Luftballons eingesetzt werden.	
- hat eine größere Dichte als Luft und sinkt deshalb zu Boden.	

13. Bei der Gewinnung von Trinkwasser	
- wird Wasser durch Bodenschichten aus Kies und Sand geleitet, die wie große Filter wirken.	
- aus Seen und Flüssen ist wegen der hohen Sonnenbestrahlung keine Reinigung mehr notwendig.	
- darf der pH-Wert des Wassers kleiner als 2 sein.	
- steigt die Temperatur des Wassers um 20°C.	

14. Alkalische Lösungen haben einen pH-Wert,	
- der größer ist als 7.	
- der genau 7 beträgt.	
- der je nach Wetterlage um die 2 schwankt.	
- der nicht mehr im sichtbaren Bereich liegt.	

15. Eine kalkhaltige Lösung (Calciumcarbonatlösung)

- hat keinen Einfluss auf eine Bodenprobe.
- verstärkt den sauren Charakter einer Bodenprobe.
- neutralisiert eine saure Bodenprobe.
- verleiht einer sauren Bodenprobe einen metallischen Glanz.

16. Das Kohlenstoffdioxid in unserer Umwelt

- wird nachgewiesen durch die Kalkwasserprobe.
- wird nachgewiesen durch die Glimmspanprobe.
- kann aufgrund seiner geringen Konzentration in der Luft nicht nachgewiesen werden.
- kann nur in einem keimfreien Raum mithilfe von hochempfindlichen Sensoren nachgewiesen werden.

17. Kalkhaltige Böden sind

- die Lebensgrundlage für die Züchtung von Eisblumen.
- für die Herstellung von Kalkwasser notwendig.
- ein Schutz vor Kalkablagerungen.
- ein Schutz vor Bodenversauerung.

18. In Entschwefelungsanlagen entstehen große Mengen

- Schwefel.
- Gips, der in der Bauindustrie eingesetzt werden kann.
- Schwefeldioxid.
- Streusalz, das als Taumittel im Winter Verwendung findet.

19. Saurer Regen führt dazu, dass

- Regenkleidung imprägniert wird.
- die Ozonkonzentration steigt.
- der Boden versauert.
- eine besonders schonende Kompostierung stattfinden kann.

20. Bei der Reaktion von Kohlenstoff und Sauerstoff entsteht

- Kohlensäure.
- Kohlenstoffdioxid.
- Sauerstoffdioxid.
- ein schwarzer sauerstoffhaltiger Kristall.

21. Das Schwefeldioxid in unserer Umwelt

- ist ein Feststoffgemisch.
- ist ein fester Stoff.
- ist gasförmig.
- ist flüssig.

(Fragebogen Fachwissen, Multiple Choice-Test)

Welches Ergebnis versprichst du dir von den einzelnen Handlungen? Ergänze dazu folgende Sätze, Mehrfachantworten sind hier möglich!

<u>Beispiel:</u> Wenn ich auf Einwegverpackungen (z.B. Getränkedosen) verzichte, dann verkleinert sich der Müllberg.
1. Wenn ich auf Autofahrten verzichte, die nur meinetwegen gemacht werden, ...
2. Wenn ich Abfall richtig trenne,
3. Wenn ich Streichhölzer ohne Schwefel benutze, ...
4. Wenn ich während des Einseifens in der Dusche das Wasser abdrehe, ...
5. Wenn ich mit dem Fahrrad statt mit dem Bus fahre, ...
6. Wenn ich Altpapier in Papiercontainer bringe, ...
7. Wenn ich öffentliche Verkehrsmittel benutze anstelle von privaten PKW's, ...
8. Wenn ich zuhause mit Gas anstelle von Öl heize, ...

(Fragebogen Wirksamkeitswissen)

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

Vielen herzlichen Dank schon im voraus für deine Bereitschaft, an dieser Studie zum Thema „Umwelt“ teilzunehmen. Deine Antworten können dazu beitragen, das Thema „Umwelt“ im Schulunterricht zukünftig interessanter zu gestalten.

Aus diesem Grund bitte ich dich, den folgenden Fragebogen sorgfältig auszufüllen. Bei den verschiedenen Aussagen sollst du von den Antwortmöglichkeiten immer die ankreuzen, die am ehesten deine Meinung wiedergibt bzw. die dir als „richtig“ erscheint. Wichtig ist, dass du immer nur ein Kästchen ankreuzt.

Und nun viel Spaß dabei!

1. Geschlecht: O männlich O weiblich

3. Geburtsdatum: _____

Letzte Zeugnisnote in Chemie:

Letzte Zeugnisnote in Biologie:

Wie groß ist dein Interesse,

3.1 mit der Klasse eine Exkursion durchzuführen, z.B. Besichtigung eines großen Betriebes?

Sehr groß	O	Groß	O	Gering	O	Sehr gering	O
-----------	---	------	---	--------	---	-------------	---

3.2 folgende Einrichtungen zu besuchen?

Umweltzentrum	Sehr groß	O	Groß	O	Gering	O	Sehr gering	O
Wasserwerk	Sehr groß	O	Groß	O	Gering	O	Sehr gering	O
Naturkundemuseum	Sehr groß	O	Groß	O	Gering	O	Sehr gering	O
Kohlekraftwerk	Sehr groß	O	Groß	O	Gering	O	Sehr gering	O
Andere große Werksanlagen	Sehr groß	O	Groß	O	Gering	O	Sehr gering	O

3.3 Experimente mit einem „Experimentierkoffer“ durchzuführen?

Sehr groß	O	Groß	O	Gering	O	Sehr gering	O
-----------	---	------	---	--------	---	-------------	---

3.4 in der schulnahen Umwelt (Park, Wald) Experimente durchzuführen?

Sehr groß	O	Groß	O	Gering	O	Sehr gering	O
-----------	---	------	---	--------	---	-------------	---

(Fragebogen Allgemeines Interesse)

Gib bitte an, wie oft die folgenden Aussagen für deine Eltern zutreffen

	sehr oft	oft	selten	nie
Meine Eltern				
- trennen den Abfall				
- kaufen Getränkedosen.				
- sehen sich Fernsehsendungen über Umweltkatastrophen an				
- regen mich an, mich mit Umweltthemen zu befassen				
- regen mich an, bei der Abfalltrennung mitzuhelfen				
- legen mir nahe, das Fahrrad anstelle des Busses zu benutzen				
- legen mir nahe, einen Beruf zu ergreifen, der mit hilft, die Umwelt zu schonen / schützen				
- interessieren sich dafür, was wir in der Schule für den Umweltschutz tun				
- interessieren sich für neue Entwicklungen, die die Umweltbelastung verringern, z.B. Solarzellen, Windräder zur Energieerzeugung				
- erklären mir Vorgänge in der Umwelt, z.B. Ursachen der Luftverschmutzung				
- halten mich an, sparsam mit Wasser und Strom umzugehen.				
- benutzen Mehrwegflaschen.				
- verzichten bei kurzen Wegen auf das Auto.				
- bringen Altpapier in den Altpapiercontainer.				
- zeigen und erklären mir Vorgänge in der Natur.				
- weisen mich darauf hin, dass Sondermüll z.B. Batterien nicht in den Hausmüll gehört und sachgerecht entsorgt werden müssen.				

(Fragebogen Elterninteresse)

Gib bitte an, wie gern du die folgenden Tätigkeiten in deiner Freizeit getan hast bzw. tun würdest.

	sehr gern	gern	ungern	auf keinen Fall
Fernsehsendungen ansehen, die Umweltthemen erörtern, z. B. Löwenzahn, zdf.umwelt				
Bücher / Zeitschriften lesen, die Themen aus dem Umweltbereich behandeln				
mit Freundinnen / Freunden über die zunehmende Umweltbelastung diskutieren				
anderen bei Messungen zum Ausmaß der Umweltbelastung zusehen, z.B. Schornsteinfeger				
Technische Anlagen besichtigen, die der Verbesserung der Umwelt dienen, z.B. Windräder, Ausstellung über solarzellenbetriebene Geräte/Autos				
an Demonstrationen / Veranstaltungen zu Umweltthemen teilnehmen				
an Aktionen zur Müllvermeidung teilnehmen				
an Aktionen für den Tier- und Pflanzenschutz teilnehmen				
Pflanzen, die unter Naturschutz stehen, pflücken				
mich bemühen, Tiere im Freien ungestört zu lassen (z.B. bei der Nahrungsaufnahme oder der Paarung)				
versuchen, Freundinnen und Freunde für Aktionen im Umweltschutz zu gewinnen				
in einem Lehrbuch, Lexikon nachschlagen, wenn ich eine Frage zum Thema „Umwelt“ habe				
zu Hause kleine Experimente zum Thema „Umwelt“ durchführen				

Bist du Mitglied in einer Umweltschutz- / Naturschutzgruppe (Umwelt-AG, BUND)?

Ja nein

Wenn ja, was macht ihr dort?

Wie gerne möchtest du einen Beruf lernen, der etwas mit dem Umweltschutz zu tun hat?

Sehr gern gern ungern auf keinen Fall ich weiß nicht

(Fragebogen Freizeit-/Berufsinteresse)

Im folgenden findest du einige Aussagen. Gib an, in wie weit diese für dich persönlich zutreffen.

	stimmt vollkom men	stimmt zum großen Teil	stimmt nur etwas	stimmt gar nicht
In der Schule wird viel zu viel über Umweltprobleme gesprochen, so dass ich in der Freizeit nichts darüber hören will.				
Durch das Besprechen von Umweltthemen in der Schule ist mein Interesse daran größer geworden.				
Ich beteilige mich nur an dem Unterrichtsthema „Umwelt“, weil ich keine schlechte Note bekommen möchte.				
Durch das Besprechen von Umweltthemen in der Schule bin ich auf viele Probleme aufmerksam geworden, die ich sonst nicht so wahrgenommen hätte.				
Das Thema „Umwelt“ ist für viele Bereiche unserer Gesellschaft so wichtig, dass jeder ein Mindestmaß an Sachkenntnissen erwerben muss.				
Das Thema „Umwelt“ sollte nicht für alle Schüler verpflichtend sein. Es sollten nur diejenigen an diesem Unterricht teilnehmen, die auch daran interessiert sind.				
Fernsehsendungen über Umweltthemen, die wir auch in der Schule behandelt haben, sehe ich mir gerne an.				
Ich habe durch das Besprechen von Umweltthemen in der Schule das Gefühl, für mich selbst etwas dazu gelernt zu haben.				
Wenn ich in der Zeitung / in einer Zeitschrift etwas über Umweltthemen finde, die wir in der Schule besprochen habe, dann lese ich es.				

(Fragebogen Durch Schule induziertes Interesse)

Im folgenden findest du einige Gesichtspunkte, die sich mit dem Thema „Umwelt“ befassen. Gib bitte an, wie groß dein Interesse an dem jeweiligen Thema ist.

Mein Interesse daran ist

	sehr groß	groß	gering	sehr gering
Die Ursachen des sauren Regens kennenlernen				
Selbst einen Versuch zum sauren Regen durchführen				
Mehr darüber erfahren, wie der Abfallberg verringert werden kann				
Mehr darüber erfahren, wie alternative Energiequellen z.B. Solarzellen funktionieren				
Mehr darüber erfahren, welche Nahrungsmittel mit Schadstoffen belastet sind				
Mehr darüber erfahren, welche Nahrungsmittel ich ohne Gefahr essen kann				
Mehr über Wasserverschmutzung erfahren				
Mehr darüber erfahren, welche Kosmetika oder Kleidungsmitel mit Schadstoffen belastet sind				
Selbst eine Wasseranalyse durchführen, um das Ausmaß der Wasserverschmutzung zu erfahren				
Die Ursachen der Bodenversauerung kennenlernen				
Mehr darüber erfahren, welche Putzmittel umweltfreundlich sind				
Die Auswirkungen einer Ölverschmutzung kennenlernen				
Mehr darüber erfahren, wie Atommüll entsorgt wird				
Mehr darüber erfahren, warum Getränkedosen umweltschädlich sind				
Mehr darüber erfahren, wie umweltfreundliche Autos funktionieren				
Selbst eine Bodenanalyse durchführen, um das Ausmaß der Bodenverschmutzung zu erfahren				
Mehr darüber erfahren, welche Maßnahmen es gegen die Bodenversauerung gibt				

(Fragebogen Sachinteresse)

Im folgenden findest Du eine Reihe von Feststellungen. Bitte kreuze „ja“ oder „nein“ an, je nachdem du meinst, dass eine Feststellung eher zutrifft oder eher nicht zutrifft. Du kannst dabei gar nichts falsch machen, denn es gibt keine für jede Person zutreffenden Antworten. Antworte bitte ehrlich und ohne lange zu überlegen. Lasse keine Antwort aus.

- | | | |
|--|--------------------------|----------------------------|
| Ich benutze viel Shampoo, damit die Haare auch richtig sauber werden. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Nicht mehr benötigte Medikamente geben wir in der Apotheke ab. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Ich sehe mir jeden Tag im Fernsehen die Nachrichten an, um mich über aktuelle Ereignisse zu informieren. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Verstopfte Abflüsse werden zuhause mit starken Reinigungsmitteln befreit. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Alte Batterien bringen wir zu einer geeigneten Sammelstelle. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Mein Pausenbrot ist in Alufolie verpackt. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Um meine/n Freund/in zu besuchen, lasse ich mich von meinen Eltern gern mit dem Auto zu ihm/ihr bringen. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Ich esse oft Müsli und Vollkornprodukte. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Ich würde gerne im Naturschutzgebiet spielen. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Zuhause würden wir Regenwasser in einer Regentonne sammeln, um im Sommer den Garten damit zu gießen. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Wenn ich mit meiner Familie am Wochenende einen Ausflug mache, fahren wir immer mit dem Auto. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Für Silvester kaufen wir viele Feuerwerkskörper. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Ich gehe nur zum Zahnarzt, wenn ich Zahnschmerzen habe. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Fernsehberichte über neue Umweltschäden interessieren mich. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Beim Duschen lasse ich das Wasser während des Einseifens laufen. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| Insekten in meinem Zimmer vertreibe ich mit Insektenspray. | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |

Geschenke verpacke ich immer mit buntem Papier und Geschenkband.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Im Urlaub würde ich gerne mit einem Motorboot auf dem Wasser fahren.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Mit meinen Freunden diskutiere ich manchmal über Umweltfragen.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Ich achte darauf, die Musik auf Zimmerlautstärke zu stellen.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Ich benutze normale Glühlampen, weil Energiesparlampen zu teuer sind.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Ich beschreibe Papier von beiden Seiten, um Papier zu sparen.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Manchmal frage ich meinen Lehrer, um Informationen über Umweltschäden zu erhalten.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Ich verwende Solarzellen, um die kostenlose Sonnenenergie auszunutzen (z.B. im Taschenrechner).	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Wenn ich im Wald spazierengehe und Abfall auf dem Boden liegen sehe, nehme ich ihn mit und werfe ihn in den nächsten Abfalleimer.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Bei Geburtstagsparties benutze ich Plastikbecher und Plastikteller, um das Spülen zu sparen.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Wir fahren mit dem Zug in den Urlaub.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Ich kaufe eingepackte Lebensmittel, denn diese sind vor Schmutz geschützt.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Ich bemühe mich, mich in der Mittagszeit (13 - 15 Uhr) leise zu verhalten.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Obst und Gemüse kaufen wir direkt beim Bauern.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein

(Fragebogen Verhalten)

Im folgenden findest du eine Reihe von Handlungsmöglichkeiten, die einen Beitrag zur Verringerung der Umweltbelastungen leisten. Was wirst du künftig zum Schutz der Umwelt tun?

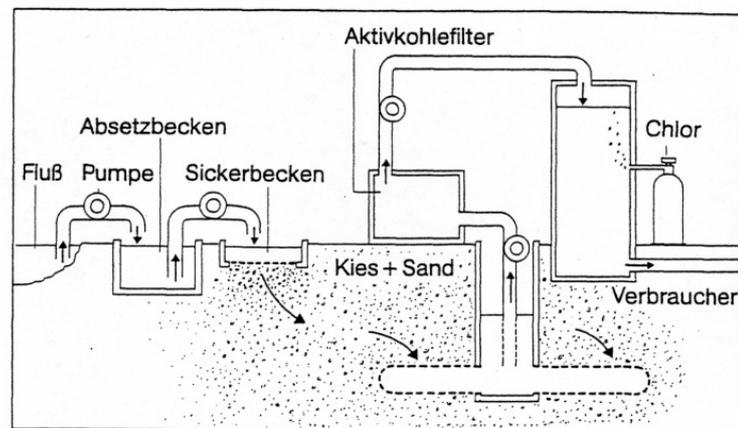
Zum Schutz der Umwelt <u>werde</u> ich <u>künftig</u>	Das mache ich mit Sicherheit.	Das mache ich wahrscheinlich.	Das mache ich eventuell.	Das mache ich nicht.
meine Eltern veranlassen, auf überflüssige Autofahrten zu verzichten.				
, wann immer es möglich ist, Wege zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurücklegen.				
meine Eltern dazu veranlassen, Glühbirnen durch Energiesparlampen zu ersetzen.				
sparsam mit Warmwasser umgehen.				
Recyclingpapier verwenden.				
meine Eltern dazu anregen, bei Neuanschaffungen (z.B. Waschmaschine, Kühlschrank, Geschirrspüler) auf stromsparende Geräte umzusteigen.				
meine Eltern davon überzeugen, auf Geräte zu verzichten, deren Arbeit auch ohne Stromverbrauch vollzogen werden kann (z.B. Wäschetrockner).				
darauf achten, abfallarm einzukaufen.				
langlebige, reparaturfreundliche Produkte bevorzugen.				
meine Eltern dazu anregen, Nachfüllpackungen zu verwenden (z.B. für Reinigungs- und Waschmittel, Duschgel).				
auf Einwegverpackungen zu verzichten (z.B. Getränkedosen).				
in Naturschutzgebieten lediglich ausgewiesene Wege benutzen.				

mich bemühen, Tiere im Freien nicht zu stören (z.B. bei Nahrungsaufnahme).				
, wenn ich Pflanzen pflücke, den Artenschutz berücksichtigen.				
bei Aktionen für Arten- und Naturschutz mitmachen.				
versuchen, Freundinnen und Freunde für Aktionen im Arten- und Naturschutz zu gewinnen.				
an Aktionen zur Müllvermeidung teilnehmen.				
mich dafür einsetzen, dass die Abgasnormen verschärft werden.				
an Aktionen zur Förderung der Nutzung von Sonnenenergie teilnehmen.				
mich dafür einsetzen, dass Biotopverbunde geschaffen werden.				

(Fragebogen Verhaltensdisposition)

Wie gewinnt man Trinkwasser?

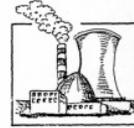
1. Was sind die Aufgaben eines Wasserwerkes?
2. Beschreibe die Durchführung des Experimentes, das du gesehen hast. Warum führt man es in einem Wasserwerk durch?
3. Nenne die beiden Möglichkeiten, Trinkwasser zu gewinnen.
4. In der Skizze kannst du den Weg des Wassers vom Flusswasser zum Trinkwasser verfolgen. Beschreibe den Weg durch Ergänzung des folgenden Textes.



Das Oberflächenwasser wird zunächst in ein _____ gepumpt, in dem Verunreinigungen _____. Aus dem folgenden _____ sickert das Wasser durch _____ schichten, die wie _____ wirken. Gelöste Verunreinigungen werden mithilfe von _____ entfernt. Um Bakterien und Keime abzutöten, wird das Wasser zum Schluss noch _____.

4. Unterrichtsstunde: Arbeitsblatt zur Trinkwassergewinnung bzw. Reinigung

Vom Kampf gegen die Luftverschmutzung: Rauchgas muss gereinigt werden!



Das Kohlekraftwerk Wedel bei Stade liegt mit einer elektrischen Leistung von 400 MW am Netz und versorgt einen Teil der Stadt Hamburg mit Fernwärme. Um die erforderliche Energie von 35 Megajoule pro Tag zu gewinnen, werden stündlich 140 Tonnen Kohle verbrannt. In einer Stunde entsteht dabei die unvorstellbar große Menge von 1,4 Millionen Kubikmeter Abgas. Dieses Rauchgas enthält feste und gasförmige Schadstoffe. Diese müssen entfernt werden. Eine Anlage zur Rauchgasreinigung übernimmt diese Aufgabe:

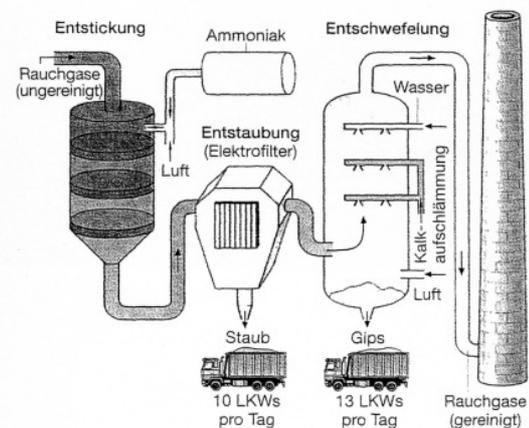
Zehn Lastwagen voll Staub werden täglich durch eine **Entstaubungsanlage** aus dem Rauchgas entfernt. Das Rauchgas streicht dabei durch einen Elektrofilter, der die staubförmigen Bestandteile bis zu 99,8% beseitigt.

Neben Kohlenstoff enthält Kohle auch etwa 0,7% Schwefel. Bei der Verbrennung entsteht daraus **Schwefeldioxid**. Das Kohlekraftwerk Wedel produziert davon täglich 23 Tonnen.

Eine **Entschwefelungsanlage** wandelt das Schwefeldioxid unter Zusatz von Kalkstein in Gips um. Unter Einsatz von 120 Tonnen Kalkstein entstehen so täglich 13 Lastwagenladungen Gips. Das Rauchgas wird zu 85% vom Schwefeldioxid befreit.

In Verbrennungsanlagen verbinden sich bei Temperaturen um 1000 °C Luftstickstoff und Luftsauerstoff zu giftigen **Stickstoffoxiden**. Beim Kohlekraftwerk Wedel bilden sich täglich etwa 7 Tonnen dieser Gase. Mehr als 80% der Stickstoffoxide werden durch eine **Entstickungsanlage** unter Zusatz von Ammoniak-Gas in harmlosen Stickstoff umgewandelt.

Das gereinigte Rauchgas enthält aber immer noch je Kubikmeter 50 mg Staub, 400 mg Schwefeldioxid und 200 mg Stickstoffoxide. Insgesamt wird die Umwelt aufgrund der Rauchgasreinigung aber viel weniger belastet.



Also: Da bei der Verbrennung von Kohle immer schädliche Abgase entstehen, muss das Rauchgas gereinigt werden. Der dabei entstehende Gips kann zu Gipskartonplatten verarbeitet werden, die man dann in der Bauindustrie verwendet.

Aufgaben:

1. Warum muss das Rauchgas aus Kraftwerken gereinigt werden?
2. Welche drei Möglichkeiten gibt es, Rauchgas zu reinigen?
3. Weshalb sind giftige Stickstoffoxide in den Rauchgasen enthalten?
4. Woher stammt das Schwefeldioxid in den Rauchgasen?
5. Welche Stoffe werden benötigt, um aus Schwefeldioxid Gips zu bilden?
6. Wozu dient der Gips?
7. Was kannst Du tun, um die Luftverschmutzung zu verringern?

7. Unterrichtsstunde: Arbeitsblatt zur Schadstoffverringern der Luft

Kalk gegen sauren Boden

Frankfurt. Das durch sauren Regen und andere Schadstoffe ausgelöste Waldsterben ist noch immer nicht zum Stillstand gekommen. Am ehesten kann der Wald dort durchhalten, wo er auf kalkhaltigem Boden steht. Aus diesem Grunde wird immer wieder empfohlen, den Waldboden mit Kalkstaub zu besprühen...

8. Unterrichtsstunde: Zeitungsnotiz als Einstieg

Arbeitsblatt: Bestimmung des pH-Wertes einer Bodenprobe, kleinschrittige Anweisung

Sauer oder nicht?

Material

250 mL Becherglas, Löffel, Universalindikatorpapier,
destilliertes Wasser, Messzylinder, Bodenprobe



Durchführung

Fülle das Becherglas bis zur 50mL Markierung mit der Bodenprobe. Schüttele die Probe, bis eine ebene Fläche entsteht. Gebe nun genausoviel destilliertes Wasser in das Becherglas, wie Bodenprobe. Rühre gut um. Halte nun das Universalindikatorpapier in das Wasser und notiere die anschließende Farbe des Papiers.

Beobachtung

Aufgaben:

Erstelle eine Übersicht über die untersuchten Böden, und vergleiche die Werte mit der Einteilung der untenstehenden Tabelle!

Bodenprobe	B1	B2	B3
Messergebnis (pH)			
Bewertung			

Beurteilung der Böden hinsichtlich des pH-Wertes

0 – 4,5 stark sauer	6,5 - 7,4 neutral
4,6 – 5,2 sauer	über 7,5 alkalisch
5,3 – 6,4 schwach sauer	

Arbeitsblatt: Bestimmung des pH-Wertes einer Bodenprobe, mittelschrittige Anweisung

Sauer oder nicht?

Material

250 mL Becherglas, Löffel, Universalindikatorpapier,
destilliertes Wasser, Messzylinder, Bodenprobe



Durchführung

Gib etwas von der Bodenprobe in das Becherglas und mische diese anschließend mit genau so viel destilliertem Wasser. Rühre um und halte das Universalindikatorpapier nach einigen Minuten in die überstehende Flüssigkeit.

Beobachtung

Aufgaben:

Erstelle eine Übersicht über die untersuchten Böden, und vergleiche die Werte mit der Einteilung der untenstehenden Tabelle!

Bodenprobe	B1	B2	B3
Messergebnis (pH)			
Bewertung			

Beurteilung der Böden hinsichtlich des pH-Wertes

0 – 4,5 stark sauer	6,5 - 7,4 neutral
4,6 – 5,2 sauer	über 7,5 alkalisch
5,3 – 6,4 schwach sauer	

Arbeitsblatt: Bestimmung des pH-Wertes einer Bodenprobe, großschrittige Anweisung

Sauer oder nicht?

Material

250 mL Becherglas, Löffel, Universalindikatorpapier, destilliertes Wasser, Messzylinder, Bodenprobe



Durchführung

Untersuche, ob die wässrige Lösung der Bodenprobe sauer ist oder nicht.

Beobachtung

Aufgaben:

Erstelle eine Übersicht über die untersuchten Böden, und vergleiche die Werte mit der Einteilung der untenstehenden Tabelle!

Bodenprobe	B1	B2	B3
Messergebnis (pH)			
Bewertung			

Beurteilung der Böden hinsichtlich des pH-Wertes

0 – 4,5 stark sauer	6,5 - 7,4 neutral
4,6 – 5,2 sauer	über 7,5 alkalisch
5,3 – 6,4 schwach sauer	

Arbeitsblatt: Wirkung von Schwefeldioxid auf Blütenblätter, kleinschrittige Anweisung

Wie wirkt Schwefeldioxid auf unsere Umwelt?

Material

Schwefelband, Schere, Feuerzeug, Standzylinder,
Glasschale, Tiegelzange, Blütenblätter



Durchführung

Schneide ein 2 cm langes Stück Schwefelband ab, halte es mit der Tiegelzange fest und zünde es mit dem Feuerzeug an. Nun halte es in den Standzylinder. Schließe den Standzylinder sofort während des Verbrennens mit der Glasschale ab. Wenn das Schwefelband verbrannt ist, fülle einige Blätter in den Standzylinder, wobei du nur kurz die Glasschale abnehmen sollst. Beobachte, ob sich die Farbe der Blätter verändert!

Notiere deine Beobachtungen in der unten stehenden Tabelle!



Beobachtung

	Farbe der Blütenblätter
vorher	
nachher	

Merke!

Arbeitsblatt: Wirkung von Schwefeldioxid auf Blütenblätter, mittelschrittige Anweisung

Wie wirkt Schwefeldioxid auf unsere Umwelt?

Materialien

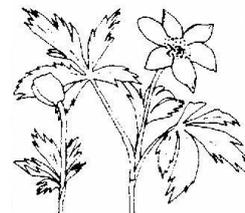
Schwefelband, Schere, Feuerzeug, Standzylinder, Glasschale, Tiegelzange, Blütenblätter



Durchführung

Verbrenne ein 2 cm langes Stück Schwefelband, indem du es mit der Tiegelzange in den Standzylinder hältst. Schließe den Standzylinder sofort während des Verbrennens mit der Glasschale ab!! Gib nun einige Blütenblätter in den Standzylinder. Decke den Standzylinder nach Einbringen der Blätter so schnell wie möglich wieder zu!!

Notiere deine Beobachtungen!



Beobachtung

Merke!

Arbeitsblatt: Wirkung von Schwefeldioxid auf Blütenblätter, großschrittige Anweisung

Wie wirkt Schwefeldioxid auf unsere Umwelt?

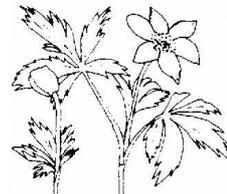
Materialien

Schwefelband, Schere, Feuerzeug, Standzylinder,
Glasschale, Tiegelzange, Blütenblätter



Durchführung

Verbrenne ein kleines Stück Schwefelband im Standzylinder. Fange das gasige Verbrennungsprodukt auf, indem du den Zylinder schließt. Fülle nun einige Blütenblätter in den Zylinder. Notiere deine Beobachtungen!



Beobachtung

Merke!

Arbeitsblatt: Neutralisation des Bodens durch Kalk, kleinschrittige Anweisung

Was passiert bei Zugabe von Kalklösung zu saurem Boden?

Material

250 mL Becherglas, Bodenprobe, Löffel, Universalindikatorpapier, Tropfflasche mit Kalklösung, destilliertes Wasser.



Durchführung

Gib 2 Löffel von der Bodenprobe in das Becherglas. Die Bodenprobe wird nun bis zur 100mL Markierung mit Wasser versetzt und gut gerührt. Lass das Becherglas etwas stehen, damit sich die Probe absetzen kann. Miss im Überstand den pH-Wert der Bodenprobe. Miss auch den pH-Wert der Kalklösung aus der Tropfflasche. Gib anschließend tropfenweise Kalklösung in das Becherglas mit der Bodenprobe. Rühre gut um und warte bis sich die Probe abgesetzt hat, bevor du abermals den pH-Wert misst. Notiere deine Beobachtungen!

Beobachtung

	Farbe des Indikatorpapiers	Auswertung
Kalklösung		
Bodenprobe vor Zugabe der Kalklösung		
Bodenprobe nach Zugabe der Kalklösung		

Merke!



Arbeitsblatt: Neutralisation des Bodens durch Kalk, mittelschrittige Anweisung

Was passiert bei Zugabe von Kalklösung zu saurem Boden?

Material

250 mL Becherglas, Bodenprobe, Löffel, Universalindikatorpapier, Tropfflasche mit Kalklösung, destilliertes Wasser.



Durchführung

Gib etwas von der Bodenprobe in das Becherglas. Versetze mit destilliertem Wasser und lass das Becherglas kurz ruhen. Miss den pH-Wert der Bodenprobe und auch den der Kalklösung aus der Tropfflasche. Gib anschließend Kalklösung in das Becherglas mit der Bodenprobe. Miss abermals den pH-Wert. Notiere deine Beobachtungen!

Beobachtung

	Farbe des Indikatorpapiers	Auswertung
Kalklösung		
Bodenprobe vor Zugabe der Kalklösung		
Bodenprobe nach Zugabe der Kalklösung		

Merke!



Arbeitsblatt: Neutralisation des Bodens durch Kalk, großschrittige Anweisung

Was passiert bei Zugabe von Kalklösung zu saurem Boden?

Material

250 mL Becherglas, Bodenprobe, Löffel, Universalindikatorpapier, Tropfflasche mit Kalklösung, destilliertes Wasser.



Durchführung

Versetze die Bodenprobe mit Wasser und miss den pH-Wert, auch den der Kalklösung aus der Tropfflasche. Tropfe anschließend Kalklösung zu der Bodenprobe und miss erneut. Notiere deine Beobachtungen!

Beobachtung

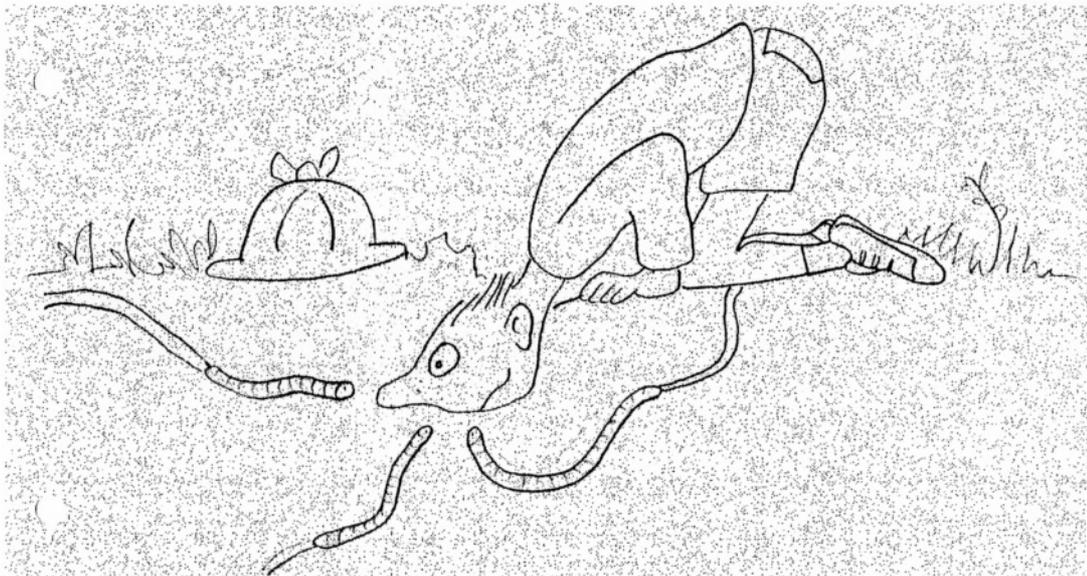
Merke!





Boden....

...nichts als Dreck?



Name:

Datum:

Namen der Gruppenmitglieder:

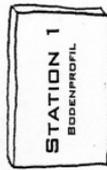
Experimentierskript, dessen Experimente von den Schülern am Regionalen Umweltzentrum (RUZ) durchgeführt und ausgewertet wurden



Bodenprojekt



"Boden Life" steht an erster Stelle. Wir werden den Krabbeltieren im Mikroskop "auf den Pelz rücken" oder uns mit dem Bodenbohrer ein Bodenprofil ausheben.

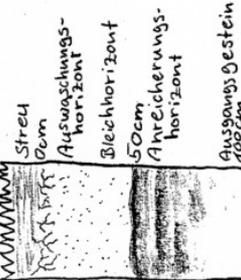


Als Boden bezeichnet man den lockeren Teil der festen Erdkruste. Er reicht von der Erdoberfläche bis zum Gestein des Untergrundes. Hier begegnen sich die Welt der Gesteine und die der Organismen. Boden ist die Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Menschen.

Wasserspeicher

1.1 Untersuchung des Bodenprofils

Wir erkennen waagerechte Schichten. Diese nennt man Horizonte. Die Aufeinanderfolge von Bodenhorizonten ergibt das Bodenprofil.



Hier sieht ihr das Bodenprofil eines typischen Podsol (graue bis weiße Bleicheerde)! Von oben nach unten sieht ihr die Streuauflage, den dunklen humosen Oberboden, den aschefarbenen Bleichhorizont, den tiefschwarzen bzw. rostroten Anreicherungs-horizont und den Übergangshorizont. Über die Entstehungsgeschichte informiert euch euer Lehrer oder Betreuer.

Untersucht das Bodenprofil genauer. Die Erklärungen der zu untersuchenden Eigenschaften findet ihr von 1.2 bis 1.5!

Tragt die Ergebnisse in das Ergebnisprotokoll ein (Anlage 1)!

- a) Wie mächtig ist die Auflage? Messt mit dem Zollstock!
 - b) Wie viele verschiedene Schichten könnt ihr erkennen?
 - c) Messt mit dem Zollstock die Tiefe der Schichten! (Nullpunkt = Oberkante des humosen Oberbodens)
- Führt mit Hilfe der Arbeitsanleitung weitere Untersuchungen durch!



Bodenprojekt



1.2 Feuchte

An frisch entnommenen Proben (Bohrstock) wird anhand der Merkmale in der Tabelle die Bodenfeuchte geschätzt.

Merkmale	Feuchtigkeitsgrad	Bezeichnung
Wasserglanz an Proben – oberfläche beim Zusammendrücken	1	naß
Kein Wasserglanz, Probe wird beim Befeucliten mit der Spritzflasche nicht oder kaum dunkler	2	feucht
Staubt beim Zerreiben, wird beim Befeucliten stark dunkler	3	trocken

1.3 Humusgehalt im mineralischen Oberboden

Der Feinhumusanteil im Boden wird anhand von Graufärbung und Konsistenz (Fingerprobe) im feuchten Zustand geschätzt und mit dem humusfreien Unterboden verglichen.

Farbe	Konsistenzunterschiede zum Unterboden	Bezeichnung	Feinhumus(%)
Hellbraun	keine	humusarm	1
Dunkel-braun-schwarz	kaum merkbar	schwach- mäßig humus	1-4
Dunkel-braun-schwarz, färbt die Finger	deutlich schmieriger	stark humus	4-10
Schwarz, stark färbend, mineralboden noch erkennbar	geringeres spez. Gewicht schmierig	ammoorig	10-30

1.4 Geruch

Wenn man an einer frischen Erdprobe riecht, kann man Rückschlüsse auf den Luft-haushalt und den Abbau des organischen Materials ziehen.

Ein **angenehmer, erdiger Geruch** ist ein Zeichen für gute Durchlüftung. Pflanzen-rückstände werden rasch zu Humus umgebaut.

Ein **übler, fauliger Geruch** weist dagegen auf eine schlechte Durchlüftung hin. Ab-gestorbenes zu tief eingearbeitetes organisches Material verfault. Der Boden ist ver-mutlich verdichtet, so dass kein ausreichender Gasaustausch stattfinden kann.

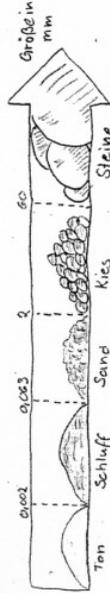




Bodenprojekt



1.5 Bodenart durch Fingerprobe bestimmen



Bodenarten unterscheidet man anhand der Korngrößen:

- Sand 0,06 – 2 mm
 - Schluff 0,002 – 0,06 mm
 - Ton 0,06 – 0,002 μm
 - reiner Lehm unter 0,002 μm
- in der Natur vorkommender Lehm = Gemisch aus Sand, Ton und Schluff

Bestimmung der Korngröße und Bodenart an Bodenproben:

Wir feuchten eine Bodenprobe im Handteller gleichmäßig an. Sie glänzt, damit überschüssiges Wasser entfernt wird, kneten wir diese so lange, bis der Glanz verschwindet.



a) Jetzt versuchen wir, die Bodenprobe zwischen den Handtellern schnell zu einer bleistiftlichen Wurst auszurollen:

- nicht ausrollbar
 - ausrollbar
- Gruppe der Sand- oder Schluffböden
→ Gruppe der Lehm- und Tonböden

b) Wir zerreiben etwas von der nicht ausrollbaren Probe zwischen Daumen und Zeigefinger.

- Fühlt sich im trockenen Zustand wie Mehl an. Hafet schwach in Hautriefen
- Schluff/Lehm
- Kein Sand in Hautriefen. Einzelkörner sicht- und fühlbar
- Sand

c) Wir zerreiben etwas von der ausrollbaren Bodenprobe zwischen Daumen und Zeigefinger.

- Reibfläche wird glänzend
- Tonboden
- Reibfläche bleibt stumpf
- Lehm Boden



Bodenprojekt



1.6 Bodenprofil mit Erdfarben

Die ersten Farben, die die Urmenschen zum Malen fanden, waren Pflanzensäfte, Erden und Lehm. Damit die Stoffe besser hielten und sich leichter verarbeiten ließen, mischten sie diese mit Milch, Eiweiß und auch Blut.

Die Färbung der Bodenhorizonte wird umschrieben, z.B.: braun- schwarz, aschgrau, gelblich, gelb mit braunen Flecken. Aufgrund der Beurteilung von Farbe und Geruch können erste Schlussfolgerungen gezogen werden, ob Bodenstrukturen vorliegen, die das Pflanzenwachstum behindern.

Ein wesentliches Hilfsmittel zur Beschreibung von Böden ist die Farbe der Böden. Sie ist auch für den Wärmehaushalt von Bedeutung. Die Farbe lässt Rückschlüsse auf den Luft- und Wasserhaushalt zu.

Farbton, Farbtintensität und Farbverteilung werden weitgehend durch die Menge und die Art einzelner stark färbender Bestandteile bestimmt, vor allem durch Eisen- und Manganverbindungen und organische Substanz.

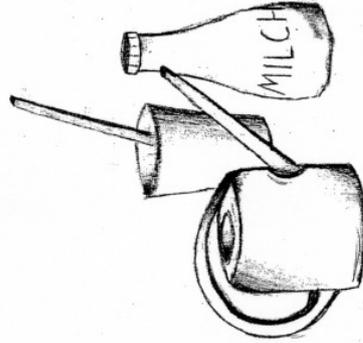
Gelbe, braune und rote Farbtöne werden durch Eisenverbindungen in gut durchlüfteten Böden hervorgerufen.

Blaugraue Farbtöne werden durch Eisenverbindungen in vernässten Böden hervorgerufen.

Der Humusanteil bringt graue bis schwarze Farbtöne in die Grundfarben des mineralischen Bodenmaterials. Tragt die Ergebnisse in das Ergebnisprotokoll ein.

Aufgabe:

Um euren Mischülern ein Profil der Bodenschichten zeigen zu können, fertigt ihr ein Bild aus Erdmalfarben an. Dazu benötigt ihr von jeder Bodenschicht eine handvoll Erde und reibt diese zwischen den Handflächen bis diese ganz fein ist. Die feingemahlene Erde könnt ihr in einem Joghurtbecher auffangen. Nun noch einen Esslöffel Wasser und Milch dazu, und alles kräftig rühren. Dann nehmt ihr euch ein Blatt Papier (Anlage 2) und tragt mit den Fingern in die vorgegebenen Flächen die „Farbe“ auf. Zum trocknen legt ihr euer Blatt in die Sonne. Wenn alles getrocknet ist, schreibt ihr neben jede Farbe, um welchen Horizont es sich jeweils handelt und wie dick die jeweilige Bodenschicht war. Benutzt dazu die Zollstöcke!



3.2 Wasserkapazität

Untersucht welche Wassermengen verschiedene Böden aufnehmen können?

Material

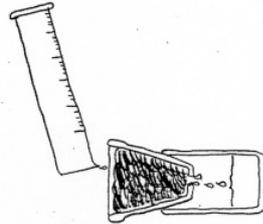
- Je 500 g luftgetrockneten Sand-, Lehm- und Humusboden
- Blumentöpfe
- Bechergläser
- Messzylinder
- Filterpapier oder Watte
- Stoppuhr

Durchführung:

Die gelichte Unterseite der Töpfe wird mit Filterpapier oder Watte abgedichtet. Wir füllen die Töpfe bis dicht unter den Rand mit den jeweiligen Erdproben. Über jede Probe wird langsam eine Wassermenge von 300ml gegossen. Das durchgesickerte Wasser wird in Bechergläsern aufgefangen und 3 bis 4 mal über den Proben entleert, damit die Probe gleichmäßig durchmässt wird.

Aufträge:

- Miss die Zeit, bis die ersten Wassertropfen unten auslaufen
- Bestimme die Menge des am Schluss durchgesickerten Wassers
- Berechne die festgehaltene Wassermenge, stelle die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen und vergleiche
- Überlege, wo das festgehaltene Wasser steckt
- Welche Rolle spielen die Böden im Wasserhaushalt einer Landschaft?



Durchsickerzeit	Sand	Lehm	Humusboden
Menge des durchsickerten Wassers			
Menge des festgehaltenes Wasser			

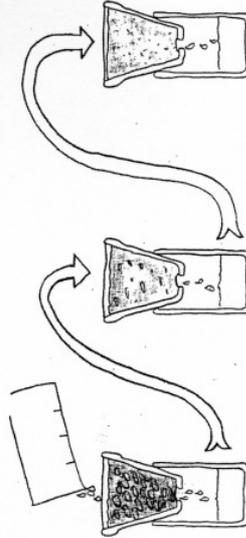


3.3 Der Boden als Filter

Material

- 3 Einmachgläser
- 3 mittelgroße Blumentöpfe
- 3 Blumentopfscherben
- groben und feinen Sand
- Kies

Durchführung: Zunächst einmal wascht ihr den Sand und den Kies in einem Eimer mit sauberem Wasser. Nun legt ihr die Scherben auf die Blumentopflöcher und füllt einen Blumentopf mit Kies, einen mit groben Sand und einen mit feinem Sand. Dann setzt ihr je einen Blumentopf auf ein Einmachglas. Danach holt ihr Wasser und vermischt es mit Erde oder Schlamm, oder zerkleinerten Blättern. Jetzt gießt ihr dieses Wasser auf den ersten Blumentopf, der mit Kies gefüllt ist. Das durchgelaufene Wasser in dem Einmachglas wird nun auf den nächsten, mit grobem Sand gefüllten Blumentopf gegossen. Zuletzt gießt ihr das wieder aufgefangene Wasser in dem Einmachglas auf den Blumentopf mit feinem Sand.



Aufträge:

Vergleicht die 3 unterschiedlichen Wasserproben! Haltet weißes Papier hinter das Einmachglas, in dem sich das gefilterte Wasser befindet. Was könnt ihr sehen?

Probe 1 Kies	Probe 2 Kiessand	Probe 3 feiner Sand





Bodenprojekt

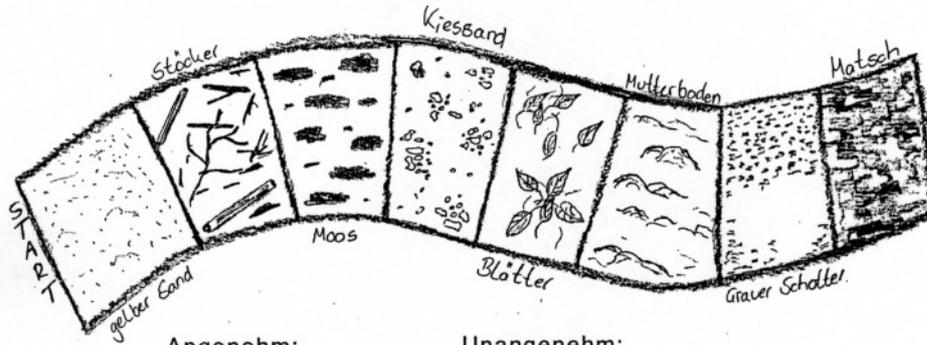


6.1 Den Boden fühlen

Sicherlich seid ihr als Kinder oft barfuss gegangen und habt mit Wonne im Sandkasten gespielt. Heute schenken wir unseren Händen und vor allem unseren Füßen viel zu wenig Aufmerksamkeit. Die Füßen sind doch nur zum Laufen da, denkt ihr euch, aber man kann auch mit ihnen fühlen. Unsere Füße müssen uns jeden Tag tragen

Deswegen haben wir einen kleinen Pacour aufgebaut. In diesem Pacour sind einzelne Bereiche mit unterschiedlichen Bodenarten gefüllt. Damit ihr euch völlig auf die Füße konzentriert, verbindet vorher eure Augen mit den roten Augenbinden.

Aufgabe: Schreibt auf, welcher Bereich für euch am angenehmsten und unangenehmsten war!



Angenehm: _____

Unangenehm: _____

Wenn ihr am Ende des Pacours angelangt seid, wartet auch schon die nächste Überraschung auf euch. Damit eure Hände auch etwas zu tun bekommen, haben wir Fühlsäcke vorbereitet, die mit ganz unterschiedlichem Materialien gefüllt sind. Mit verbundenen Augen müsst ihr euch ganz auf eure Hände verlassen.

Aufgabe: Findet nur durch das Fühlen heraus, was für Dinge sich in welchem Sack befinden!

Sack 1	Sack 2	Sack 3	Sack 4	Sack 5	Sack 6



Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse für den Vergleich zwischen den Gruppen

	Pretest		Posttest		Follow up-Test	
	F	p	F	p	F	p
FW-MC	0,634	0,595	0,80	0,496	0,66	0,577
FW-AS	0,10	0,958	1,90	0,136	2,13	0,102
Wi-W	0,23	0,874	6,05	0,000	6,49	0,000
Ha-W	1,29	0,283	5,67	0,001	7,85	0,000
Allg.Int.	0,06	0,979	1,65	0,183	1,88	0,140
F-/B-Int.	0,10	0,958	0,16	0,926	1,52	0,215
Schul-Int.	0,08	0,971	0,35	0,789	1,38	0,254
Sach-Int.	0,04	0,989	1,08	0,360	1,31	0,276
VerhaltDis.	0,15	0,927	1,11	0,351	2,70	0,050
Verhalt.	0,31	0,819	0,81	0,492	1,34	0,266

Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse für den Vergleich innerhalb der Gruppen

	KG		IG 1		IG 2		IG 3	
	F	p	F	p	F	p	F	p
FW-MC	30,81	0,000	37,06	0,000	40,60	0,000	36,328	0,000
FW-AS	0,59	0,559	0,42	0,657	4,61	0,016	8,50	0,001
Wi-W	2,51	0,092	4,07	0,024	13,56	0,000	21,48	0,000
Ha-W	2,07	0,137	0,32	0,730	7,38	0,002	12,58	0,000
Allg.Int.	0,05	0,948	2,46	0,097	2,66	0,082	6,48	0,003
F-/B-Int.	1,00	0,374	1,01	0,373	2,69	0,080	1,44	0,248
Schul-Int.	0,62	0,542	1,48	0,238	0,94	0,397	1,24	0,301
Sach-Int.	0,14	0,868	1,58	0,217	0,95	0,396	3,60	0,036
VerhaltDis.	0,23	0,794	0,05	0,952	1,55	0,224	5,04	0,011
Verhalt.	0,70	0,501	0,90	0,414	4,88	0,013	10,08	0,000