

## **Das Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth: Aufbau und Evaluation**

Franz-Josef Scharfenberg und Siegfried Klautke

FB Biologie - Chemie - Geowissenschaften, LS Didaktik der Biologie, Universität Bayreuth,  
Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth, franz-josef.scharfenberg@uni-bayreuth.de

### **Zusammenfassung**

*Im Lernort Labor bearbeiten Schüler selbsttätig speziell entwickelte experimentelle Module zur Molekularbiologie. Dabei reflektieren sie ihr Handeln unter ethischen Aspekten. Mit Pre-, Post- und Follow-up-Test wurden die Akzeptanz des Lernorts und der vermutete Einfluss der Experimente auf den Wissenszuwachs, das Interesse an Gentechnik und die Einstellung zu deren Anwendungsbereichen erfasst. Das Design beinhaltet zusätzlich vier Kontrollgruppen: eine mit inhaltsgleichem Unterricht ohne Experimente in der Schule, zwei dem entsprechende am Lernort Labor, dabei erhält eine einen Zeitausgleich, und eine vierte, die nur die Tests absolviert.*

*Die grundsätzlich hohe Akzeptanz ist im Lernort Labor signifikant erhöht, der Zeitausgleich jedoch nachteilig. Die Akzeptanz beruht auf einem instrumentellen und einem affektiven Faktor, der für die Unterschiede verantwortlich ist. Während bei den Kontrollgruppen vorgestellte Beispiele, eingesetzte Medien und ethische Diskussion die Akzeptanz bedingen, sind für die Experimentalgruppe die durchgeführten Experimente entscheidend. Auch im Follow-up-Test bleibt die Akzeptanz hoch. Der Inhalt unterschiedlicher Module spielt hierbei keine Rolle.*

### **Abstract**

*Doing experiments at an educational laboratory by themselves students work on two modules especially developed for teaching molecular biology. Thereby they are guided to reflect these experiments' topics according to ethics. Performing a pre-post-test design the influence of experiments on acceptance of the lab itself, on the results of learning and on the interests of students in gentechology and its applications is evaluated. In purpose of controlling interferences several groups are needed: First group was instructed without experiments at school, second one identically treated at the lab, third one identically treated at the lab with additional time and fourth one just doing the*

*tests. The level of acceptance was high in every group, but significantly higher at lab-lessons without additional time. The acceptance depends on two factors, an instrumental and an affective one determining the recognized differences. This high level of acceptance in the controlling groups was caused by “good examples”, “use of media” and the “ethic discussion” during lessons, whereas in the experimental group due to the experiments. Even after six weeks it remains high. The comparison with a module of another topic leads to same the results.*

---

## **1 Das Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth**

Die Veröffentlichung der beiden grundlegenden Studien zur schulischen Leistung im naturwissenschaftlichen Bereich, TIMSS, (BEATON et al. 1996) und PISA (BAUMERT et al. 2001b) zeigen, dass deutsche Schüler im internationalen Vergleich nur im Mittelfeld liegen. In der naturwissenschaftlichen Grundbildung steht Deutschland bei der PISA-Studie am oberen Ende einer Gruppe von 13 Ländern, die unter dem OECD-Durchschnitt abgeschlossen haben (PRENZEL et al. 2001, S. 229). Schon bei der Auswertung der TIMSS-Studie wurde festgestellt, dass in Deutschland die „Defizite (...) insbesondere im Bereich konzeptuellen Verständnisses und im Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen“ (BAUMERT et al. 1997, S. 22) liegen. Zwar sollte die „Qualitätsentwicklung“ zur Verbesserung dieser Situation primär „im Schulsystem ansetzen“ (BAUMERT et al. 2001a, S. 41), aber auch außerschulischen Lernorten kommt große Bedeutung zu. Speziell der Lernort Labor kann hier „eine wichtige kompensatorische Funktion (...) als Zusatzangebot zum Unterricht haben“ (EULER 2001, S.25). An der Universität Bayreuth, Lehrstuhl Didaktik der Biologie, ist mit dem Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik am 16.9.2002 ein solcher außerschulischer Lernort neu eröffnet worden.<sup>1</sup>

Der Lernort Labor versucht „Schülerinnen und Schülern (...) experimentelles Arbeiten zu ermöglichen, mit dem Ziel“, ihnen „ein realistisches Bild von den Aufgaben, Arbeitsweisen und Leistungen der Naturwissenschaften zu vermitteln“ (PRENZEL & RINGELBAND 2001, S.7), im Bayreuther Labor also von der modernen Bio- und Gentechnik.

Die Zielgruppen umfassen zunächst Gymnasiasten (12. Jahrgangsstufe), die einen Leistungskurs Biologie belegt haben. An zweiter Stelle stehen deren Leh-

---

<sup>1</sup> Das Labor wird durch das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen finanziell gefördert und durch das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus personell unterstützt.

rer, für die Fortbildungsveranstaltungen angeboten werden, aber auch Studenten für das gymnasiale Lehramt, um sie bereits in der Ausbildung mit möglichen molekularbiologischen Schulexperimenten vertraut zu machen, und nicht zuletzt interessierte Laien aus der Bevölkerung.

Folgende biologiedidaktischen Ziele sollen im Demonstrationslabor verwirklicht werden:

a) Entwicklung experimenteller Module zu zentralen Fragestellungen und Arbeitstechniken der Molekularbiologie, die von den Schülern selbsttätig bearbeitet werden können. Dabei sollen die Module auch ethische Lernziele beinhalten, damit sich die Schüler ausgehend von ihrem eigenen experimentellen Handeln für diese Fragenkreise öffnen und dafür Interesse zeigen.

b) Summative Evaluation des Lernorts Labor im Hinblick auf die Akzeptanz und den vermuteten Einfluss der durchgeführten Experimente auf den Wissenszuwachs, das Interesse an gentechnischen Fragen und die Einstellung zu verschiedenen Anwendungsbereichen der Gentechnik

## **2 Theorie**

### **2.1 Experimentelle Module**

Grundlage für die Entwicklung der Module waren die folgenden Überlegungen: Die Module ermöglichen durch selbsttätiges Experimentieren die Bearbeitung zentraler Fragen und Techniken der Bio- und Gentechnik und können im Rahmen eines Projekttages (9.00 bis 16.00 Uhr) im Demonstrationslabor durchgeführt werden. Dazu werden die Schüler mit einem Leistungskurs Biologie zusammen mit ihrem Kursleiter für einen Tag an die Universität eingeladen. Der Projekttag findet nach der unterrichtlichen Vorbereitung (im ersten Kurshalbjahr) statt, denn die Module beziehen sich auf die vom bayerischen Lehrplan geforderten Lerninhalte, speziell auf das Thema „Aspekte der Gentechnologie“ (Bayerisches Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst 1991, S. 1160 f.). Darüber hinaus aktualisieren, wiederholen und vertiefen die Module auch andere Wissensbestände und zeigen somit Relevanz für das vorgeschriebene Zentralabitur.

Die entwickelten Experimente stellen insofern ein besonderes Angebot für Schüler dar, da sie in der Schule selbst nicht durchgeführt werden können. Es fehlt entweder an der Ausstattung mit den notwendigen und in der Regel das Schulbudget überschreitenden Geräten und/oder Chemikalien oder die gelten-

den Sicherheitsbestimmungen erlauben eine Durchführung nicht, z.B. beim Arbeiten mit rekombinanter DNA.

Ein weiteres Kriterium für die Auswahl der Experimente ist der Anspruch, möglichst viele eigene Ergebnisse für die Schüler sichtbar zu machen. Inhaltlich sollte sich vom experimentellen Handeln her eine Weiterführung zu einer ethischen Bewertung anbahnen lassen.

Zwei Module sind bis jetzt entwickelt und mit Schülern durchgeführt worden<sup>2</sup>. Modul I, das auch im Mittelpunkt der Evaluationsstudie steht, beschäftigt sich mit der „Analyse eukaryotischen Erbguts in Bakterien“ und umfasst folgende Experimente:

#### 1. Transformation von Bakterien mit einem rekombinierten Plasmid

Die Schüler transformieren den Sicherheitsstamm *E. coli* HB 101 (BOYER & ROULLAND-DUSSOIX 1969) mit dem Plasmid pGLO<sup>TM</sup>, das ein modifiziertes Gen (BIO-RAD Laboratories o.J.) für das grün fluoreszierende Eiweiß GFP aus der Meeresqualle *Aequorea victoria* (vgl. TSIEN 1998) enthält. Dieses Experiment ist nach den geltenden Sicherheitsrichtlinien in Schulen nicht erlaubt (Bundesverband der Unfallversicherungsträger, S. 31).

#### 2. Isolierung des Plasmids aus transformierten Bakterien

Im zweiten Experiment isolieren die Schüler das Plasmid über eine Adsorptionsschromatographie. Das hat folgende Vorteile: geringer Zeitbedarf, kein Einsatz gefährlicher Chemikalien und für Schüler gut verständlich und nachvollziehbar (BIRNBOIM & DOLY 1979, VOGELSTEIN & GILLESPIE 1978).

#### 3. Analyse des Plasmids mit Restriktionsenzymen

Mit drei ausgewählten Enzymen (*EcoRI*, *ClaI* und *PstI*) charakterisieren die Schüler das isolierte Plasmid.

#### 4. Durchführung der Agarose-Gelelektrophorese zur Auftrennung der DNA-Proben

Alle Proben werden über eine Gelelektrophorese zur Auswertung der Versuchsergebnisse sichtbar gemacht.

Die Versuche sind Teil eines Experimentalunterrichts, in dem die Schüler vor der Durchführung der Experimente ihre Vermutungen äußern und Hypothesen formulieren, die dann über die Versuchsergebnisse verifiziert werden (vgl. KLAUTKE 2003). Der Unterricht wird medial von einer Powerpoint-

---

<sup>2</sup> Alle entwickelten Experimente wurden im Wintersemester 2002/03 mit den Schülern eines Pluskurses Molekularbiologie (12. Jahrgangsstufe) des Richard-Wagner-Gymnasiums Bayreuth getestet und im Hinblick auf die Anleitungen und die Durchführbarkeit optimiert.

Präsentation mit animierten Folien getragen und enthält sowohl erarbeitende Unterrichtsgespräche als auch Anteile eines Lehrervortrags.

Die ethische Komponente des Unterrichts greift das experimentelle Handeln der Schüler, also die Übertragung von Genen, auf und führt zu einer Reflektion der Gentherapie. Dabei wird von einer ethischen Dilemmasituation (vgl. HÖBLE 2001, S.81) ausgegangen, in dem Fall bezogen auf die Erbkrankheit SCID-X1 (severe combined immunodeficiency type X1, vgl. CAVAZZANA et al. 2000 und PAUL-EHRLICH-Institut 2002), wodurch die Schüler eigene Überlegungen untereinander und mit dem Lehrer diskutieren, um Risiken und Chancen der Gentherapie gegeneinander abzuwägen.

Modul II hat als Thema „Der genetische Fingerabdruck“ und beinhaltet folgende Experimente:

1. Isolierung der menschlichen DNA aus Mund-Schleimhautzellen (SIGMA 2000)
2. Polymerase-Kettenreaktion (PCR) mit dem Minisatellitensystem D1S80 (KASAI et al. 1990)
3. Agarose-Gelelektrophorese zur Auftrennung der gewonnenen DNA-Proben

Die ethische Komponente in diesem Modul greift ebenfalls das experimentelle Handeln der Schüler auf, in dem Fall die Analyse des menschlichen Erbguts und führt zu einer Diskussion über die Möglichkeiten und Probleme der Präimplantationsdiagnostik (PID).

## **2.2 Evaluation**

Die Module werden in Bezug auf die Akzeptanz des Lernorts Labor und den vermuteten Einfluss der durchgeführten Experimente auf den Wissenszuwachs, das Interesse an gentechnischen Fragen und die Einstellung zu verschiedenen Anwendungsbereichen der Gentechnik bei den Schülern evaluiert. Die einzelnen Parameter werden im Folgenden kurz theoretisch umrissen und ein Bezug zum Stand der Forschung hergestellt.

### **2.2.1 Akzeptanz**

In Übereinstimmung mit LUCKE wird Akzeptanz definiert als die „Chance, für bestimmte (...) Maßnahmen bei einer identifizierbaren Personengruppe (...) ausdrückliche oder stillschweigende Zustimmung zu finden“ (LUCKE 1995, S. 104). Die Akzeptanz der Projektveranstaltungen sollte also über eine Befragung der Schüler erfassbar sein.

Die bisher einzige an einer Hochschule laufende Evaluation eines Lernorts Labor betrifft das „NAT-working SchülerInnenlabor“ am Fachbereich Chemie und Pharmazie der Universität Mainz. Hierbei wird auch die Akzeptanz des außerschulischen Lernorts erfasst. Erste Ergebnisse sind bereits veröffentlicht (HERZER & TOPRAK 2001, OESTERLING & TOPRAK 2002). Sie verdeutlichen den Ansatz, die Akzeptanz der Veranstaltungen im Lernort Labor bei den Schülern über drei Dimensionen zu erschließen: eine „Gesamtbewertung des SchülerInnenlabors, (...) eine Beurteilung der Experimente“ und eine Bewertung der „Tätigkeiten der BetreuerInnen“. Die Befragung findet nur einmalig drei bis vier Wochen nach dem Besuch des Labors statt, Kontrollgruppen werden in die Untersuchung nicht miteinbezogen.

Aus diesem Lernort sind nur die Ergebnisse aus dem Bereich Genetik mit der eigenen Untersuchung vergleichbar. Die veröffentlichten Auswertungen, allerdings nur auf der Ebene einzelner Items, zeigen, dass die Veranstaltungen durchschnittlich gut bewertet werden, wobei die Experimente überwiegend als interessant, aber auch als relativ leicht angesehen werden (OESTERLING & TOPRAK 2002, S. 17 ff.). Die Schüler „präferieren (...) das „eigenständige Experimentieren“, kritisieren aber die mangelnde „Koordination“, die „insbesondere auf die langen Wartezeiten im Labor zurückzuführen“ ist, die „die SchülerInnen aus dem Unterricht nicht gewohnt sind“ (OESTERLING & TOPRAK 2002, S. 41). Die im Einzelnen durchgeführten Experimente, ihre Stellung im Laborunterricht sowie dessen genauer Ablauf sind jedoch bisher nicht veröffentlicht. Ein Bezug zum Schulunterricht fehlt.

### 2.2.2 Wissenszuwachs

Die Evaluation im Hinblick auf den Wissenszuwachs muss auf den Forschungsergebnissen zur Bedeutung und zur Wirkung des Experimentierens im Unterricht aufbauen. EULER (2001, S. 27) fragt zu Recht, „unter welchen Bedingungen kann man erwarten, dass bei praktischer (Labor-) Aktivität auch wirklich etwas gelernt wird“ und fasst unter Bezug auf HARLEN (1999, S. 6 ff.) den Forschungsstand „zum Lernen durch Experimentieren“ zusammen (2001, S. 30 ff.). Sowohl in der Biologie- als auch in der Chemiedidaktik wird dem Experiment eine zentrale Rolle zugewiesen (vgl. z.B. BADER 1992, S. 292, ESCHENHAGEN et al. 2001, S. 243). Eine wesentliche Absicht der Lehrer, die diese mit der praktischen Arbeit im Labor verbinden, ist, dass Schüler beim Experimentieren Naturwissenschaft aus „erster Hand“ erleben (HARLEN 1999, S. 18). Die Laborarbeit ermöglicht ein theoriebasiertes Vorgehen im Rahmen eines Experimentalunterrichts, bei dem im entdeckend-forschenden Lernen Hypothesen formuliert und durch eigene Ergebnisse überprüft werden (KLAUT-

KE 2003, S.33 ff.). Damit können Schüler beispielhaft erfahren, was „Doing science“ bedeutet: Sie eignen sich das notwendige Wissen, aber auch die praktischen Fähigkeiten zur Lösung einer wissenschaftlichen Frage an, um sie anschließend selbst zur Klärung zu bringen (HODSON 1992, S. 65).

Um hierbei erfolgreich sein zu können, müssen allerdings wichtige Voraussetzungen gegeben sein: ein ausreichendes Vorwissen, ein gewisses Verständnis von wissenschaftlichem Arbeiten und genügend praktische Fertigkeiten, aber auch affektive Komponenten wie Einsatzfreude und Entschlossenheit (HODSON 1992, S. 72 ff.).

Problematisch für den Lernerfolg beim Experimentieren ist jedoch, dass oft ein Verständnis für den Zusammenhang zwischen Versuchsdesign und den zu überprüfenden Hypothesen sowie dem vorhandenen Vorwissen fehlt. Die Schüler nehmen nur selten die Differenzen zwischen ihren eigenen und den durch die Arbeit vermittelten Konzepten wahr (LUNETTA 1998, S. 250).

EULER fasst folgende Anforderungen an das Lernen im außerschulischen Lernort zusammen: „Experimente sollten eine Herausforderung darstellen. Ihr Ziel und Zweck müssen einsichtig sein. Es sollten keine kochbuchartigen Rezepte umgesetzt werden. Es muss eine hinreichende Kontrolle über die Planung der Arbeit gegeben sein. Die Experimente sollten die Selbständigkeit fördern“ und „müssen funktionieren“. Dabei soll die gesamte „Laboraktivität Kompetenzerlebnisse vermitteln“ (2001, S. 32). Diesen Ansprüchen entsprechen die entwickelten Module.

### 2.2.3 Interesse

Interesse lässt sich anhand von mehreren Kriterien charakterisieren (vgl. URHAHNE 2002, S. 63 ff.):

Interesse äußert sich als Erscheinungsform intrinsischer Motivation, also als Interesse an gentechnischen Fragen, das bei einem Schüler bereits vorhanden ist und zu Interessehandlungen wie einer Informationsbeschaffung ohne eine äußere Veranlassung, z.B. schulisch bedingte Arbeitsaufträge, führt.

Interesse ist immer gegenstandsspezifisch; die Anreize liegen also in einem Interessensobjekt, in unserem Fall also an der Gentechnik selbst.

Interesse ist situationsabhängig. KRAPP (1992, S. 15) unterscheidet zwischen einem zeitstabilen, individuellen Interesse als Personenmerkmal und einem situationalen Interesse, das erst auf Grund besonderer Anreizbedingungen entsteht. Im Demonstrationslabor bietet der außerschulische Lernort mit den dort durchgeführten Experimenten ein so hohes Maß an Interessantheit, dass sich

bei den Schülern ein situationales Interesse ausbilden und/oder sich ein bereits vorhandenes persönliches Interesse verändern könnte. Für das Labor treffen nämlich einige der Kriterien zu, die nach BERGIN (1999) zur Anregung von situationalem Interesse wichtig sind. Beispielhaft sei aus dem kognitiven Bereich die Neuartigkeit angeführt: Der Unterricht nimmt zwar Bezug auf das Grundwissen aus dem ersten Halbjahr, die experimentelle Beispiele in den Modulen aber sind den Schülern unbekannt. Unter dem instruktionalen Aspekt lassen sich zum einen motivierende Beispiele wie das grün leuchtende Kaninchen *Alba green* (KAC 2002), zum anderen die praktischen Tätigkeiten durch das selbsttätige Experimentieren im Schülerversuch nennen.

#### **2.2.4 Einstellungen**

Einstellungen sind relativ stabile Tendenzen, auf bestimmte Objekte mit ganz bestimmten Gefühlen, Wahrnehmungen und Vorstellungen zu reagieren. Im Gegensatz dazu stehen Meinungen, die vom Tagesgeschehen abhängig sind und je nach Stimmungslage unterschiedlich ausfallen können (KECK 1998, S. 11). Dabei liegen latente assoziative Verknüpfungen zwischen einem Einstellungsobjekt, in dem Fall der Gentechnik bzw. ihren Anwendungen, und einer objektbezogenen Bewertung mit einem variablen, aber stets vorhandenen Grad an Verallgemeinerung vor. Einstellungen sind verallgemeinerte Bewertungen (URBAN 2001, S. 60). Sie sind nach URBAN (2001, S. 60) allerdings zunächst nichts anderes als temporäre Urteilsbildungen oder Bewertungen, die durch den Bezug auf eine vorhandene subjektive Basis gebildet werden. Diese Basis umfasst u.a. Informationen im Sinne von Vorwissen, Überzeugungen oder eigener Bewertung. Daneben können Entscheidungsheuristiken oder Emotionen eine Rolle spielen.

### **2.3 Fragestellungen und Hypothesen**

In dieser Arbeit werden ausschließlich Ergebnisse aus der Voruntersuchung zur Evaluation der Akzeptanz vorgestellt. Die zugrunde liegenden Forschungsfragen lauten:

Welche Faktoren bedingen die Akzeptanz eines Lernorts Labor?

Aufbauend auf die erwähnten Untersuchungen zum „NAT-working SchülerInnenlabor“ am Fachbereich Chemie und Pharmazie der Universität Mainz (HERZER & TOPRAK 2001, OESTERLING & TOPRAK 2002, vgl. 2.2.1) wird folgende Hypothese  $H_1$  formuliert:

#### **Hypothese $H_1$ :**

Die Akzeptanz der Projektveranstaltungen im Lernort Labor bei den Schülern



kann über drei Dimensionen erschlossen werden:

eine Gesamtbewertung der Projektveranstaltung, eine Beurteilung der Experimente und eine Bewertung des durchgeführten Unterrichts.

Welche Einflüsse bedingen die Höhe der Akzeptanz von Unterricht im Lernort Labor?

Hierzu wird folgende Hypothese  $H_2$  formuliert:

**Hypothese  $H_2$ :**

Die Akzeptanz eines inhaltsgleichen Unterrichts wird durch das selbsttätige Experimentieren in einem Lernort Labor sowohl im Vergleich zum Lernort Schule als auch zu einem nichtexperimentellen Unterricht im Lernort Labor erhöht.

### 3 Untersuchungsdesign und Methode

#### 3.1 Untersuchungsdesign

Das Untersuchungsdesign (vgl. Abb. 1) für das Modul I umfasst fünf Testgruppen, eine Treatment- und vier Kontrollgruppen. Es handelt sich um ein Prä-Posttest-Design mit einem Follow-up-Test nach sechs Wochen, dabei stimmen die drei Tests weitgehend überein<sup>3</sup>.

Allen Interventions-Gruppen (also außer der externen Gruppe IV) werden in einem inhaltsgleichen Unterricht identische Lerninhalte vermittelt, das bedeutet, dass in den Kontrollgruppen im Rahmen eines problemorientierten Unterrichts dieselben Experimente theoretisch behandelt werden, die in der Experimentalgruppe zusätzlich selbsttätig durchgeführt werden. Alle Unterrichtsgruppen werden vom Versuchsleiter<sup>4</sup> unterrichtet, um die Lehrperson als Faktor konstant zu halten.

Die reine Unterrichtszeit ohne Experimente beträgt 90 min. Das primäre Medium in allen Gruppen ist eine Powerpoint-Präsentation mit 52 Folien, anhand derer überwiegend im Unterrichtsgespräch, aber auch in Phasen mit Lehrervortrag die Projektveranstaltung gestaltet wird.

Als Treatment- oder Experimental-Gruppe dienen solche Schülergruppen, die an einem Projekttag im Lernort Labor nach einer experimentellen Einführung in den Arbeitsplatz (45 min Dauer) das Modul I in Form eines Experimentalunterrichts (reine experimentelle Arbeitszeit ca. 150 min) bearbeiten.

---

<sup>3</sup> Soziodemographische Fragen werden nur im Vortest, Fragen zur Akzeptanz nur in den beiden Nachtests und nicht in der externen Gruppe erfasst.

<sup>4</sup> Der Versuchsleiter ist vom Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus an die Universität Bayreuth abgeordnet worden.

L a b o r			S c h u l e	
Treatment (Experimental- Gruppe)	Kontrolle I („Labor+Zeit“- Gruppe)	Kontrolle II (Labor-Gruppe)	Kontrolle III (Schul-Gruppe)	Kontrolle IV (externe Gruppe)
Vortest	Vortest	Vortest	Vortest	Vortest
<i>experimentelle</i> Einführung in den Arbeitsplatz	<i>theoretische</i> Einführung in den Arbeitsplatz	—	—	—
Modul I: <i>experimentelle</i> Erarbeitung; ethische Kompo- nente	Modul I: <i>theoretische</i> Er- arbeitung; ethische Kompo- nente;	Modul I: <i>theoretische</i> Erar- beitung; ethische Kompo- nente	Modul I: <i>theoretische</i> Erar- beitung; ethische Kompo- nente	—
	Auffüllen der Zeit mit einem Zusatz- angebot ohne neue Informatio- nen	—	—	—
Nachtest I	Nachtest I	Nachtest I	Nachtest I	Nachtest I
Sechs Wochen				
Nachtest II	Nachtest II	Nachtest II	Nachtest II	Nachtest II

**Abb. 1:** Untersuchungsdesign aus einer experimentellen Treatment- und vier nicht experimentellen Kontrollgruppen für die Evaluation von Modul I.

Die „Labor+Zeit“-Gruppe (Kontrolle I) erhält am Lernort Labor den Unterricht ohne Experimente, allerdings unter Berücksichtigung eines Zeitausgleichs in Bezug zur Experimental-Gruppe. Der unterschiedliche Zeitbedarf für selbsttätiges Experimentieren lässt sich nicht vermeiden, denn Unterricht mit Schülerexperimenten ist a priori zeitaufwendiger als Unterricht mit Demonstrationsexperimenten oder ohne Experimente. Um dies etwas auszugleichen, wird die Unterrichtszeit der des Experimentalunterrichts angeglichen. Dies wird zum einen durch eine theoretische Einführung in den Arbeitsplatz erreicht, bei der alle vorhandenen Geräte vorgestellt werden, zum anderen durch das Angebot einer selbstständigen Arbeitsphase für die Schüler, in der sie die Möglichkeit haben, in Partnerarbeit die Inhalte der gezeigten Folien sowie die Versuchsanleitungen der Experimentalgruppen nochmals zu überdenken. Der Zeitzuschlag bringt für die Schüler damit keine neuen Informationen. Der Vergleich dieser Kontrollgruppe mit der Treatment-Gruppe soll demnach den speziellen Einfluss der selbsttätig durchgeführten Experimente sichtbar werden lassen.

Die Labor-Gruppe (Kontrolle II) erhält am Lernort Labor ebenfalls einen Unterricht ohne Experimente, allerdings ohne Zeitausgleich. Der Vergleich mit der Experimental-Gruppe soll die Bedeutung der durchgeführten Experimente ohne Berücksichtigung des Faktors Zeit aufzeigen und der Vergleich mit der

„Labor+Zeit“-Gruppe (Kontrolle I) soll einen möglichen Effekt des Zeitausgleichs belegen.

Die Schul-Gruppe (Kontrolle III) erhält einen Unterricht ohne Experimente an der Schule, besucht also nicht den Lernort Labor. Der Vergleich mit der Experimental-Gruppe soll den Einfluss der durchgeführten Experimente und zugleich des außerschulischen Lernorts aufzeigen, der Vergleich mit Labor-Gruppe (Kontrolle II) aber speziell den möglichen Einfluss des Lernortes Labor bei gleichem Unterricht.

Die externe Gruppe (Kontrolle IV) erhält keinen zusätzlichen Unterricht, diese Schüler absolvieren an ihrer Schule lediglich die drei Tests. Diese Gruppe ermöglicht die Überprüfung folgender Faktoren im Hinblick auf die Validität der Studie: Testeinfluss ohne Unterricht (Pretest – Effekt), Bedeutung möglicher Reifungsvorgänge, Bedeutung möglicher äußerer Einflüsse z.B. durch Medienberichte auf Grund besonderer aktueller Vorfälle und Stabilität der Einstellungen in der Abgrenzung zu Meinungen (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 472).

Daneben muss noch der so genannte Hawthorne-Effekt beachtet werden. Ein neues Unterrichtsmedium wird eher positiv eingeschätzt (DRASCHOFF 2000, S. 157); deshalb werden bei allen Gruppen mit zusätzlichem Unterricht die Powerpoint-Präsentationen eingesetzt, die für die Schüler in der Regel ein neues Unterrichtsmedium darstellen.

Experimental-Gruppen, die das Modul II bearbeiten, werden nur mit den Experimental-Gruppen des Moduls I verglichen, um den Einfluss unterschiedlicher Lerninhalte erkennen zu können.

### **3.2 Methode**

Die zeitliche Festlegung der Projektveranstaltungen auf das Ende des ersten Ausbildungsabschnittes sowie die Organisation in arbeitsgleichen Gruppen ermöglicht es, Leistungskurse aus verschiedenen Schulen in einer quasi-experimentellen Studie miteinander zu vergleichen. Eine Randomisierung der Schüler aus den verschiedenen Schulen ist aus organisatorischen Gründen nicht möglich.

Zur Erfassung der Akzeptanz, des Wissenszuwachses, des Interesses und der Einstellung wurde ein informeller Test (Fragebogen) mit vier Subtests entwickelt (vgl. Abb. 2), wobei nur der Subtest Akzeptanz im Folgenden genauer vorgestellt wird. Durch diesen Subtest sollen die drei angegebenen Dimensionen (vgl. Hypothese  $H_1$  in 2.3) erfasst werden:

Subtest	Anzahl der Item-Typen		
	Rating-Skalen <sup>5</sup>	Multiple-Choice-Aufgaben	Offene Fragen
Akzeptanz	10	-	4
Wissen (nur Modul I)	-	20	1
Interesse	8	-	-
Einstellungen	7	-	3

**Abb. 2:** Überblick über den informellen Test der Voruntersuchung.

### 1. Gesamtbewertung der Projektveranstaltung

Fünf Items beinhalten eine Gesamtnote für die Veranstaltung, die Fragen nach der Bereitschaft für einen weiteren Besuch und dem Spaß bei der Projektveranstaltung sowie offene Fragen nach jeweils zwei besonders positiven bzw. negativen Erfahrungen während des Projekttages.

### 2. Beurteilung der Experimente

Vier Items erschließen die allgemeine Interessantheit der Experimente, die praktische Durchführbarkeit, die verfügbare Arbeitszeit und die Qualität der Versuchsanleitungen.

### 3. Beurteilung des Unterrichts

Die fünf Items umfassen eine Benotung der gegebenen Erklärungen, die Frage nach dem fachlichen Unterrichtsniveau, den Neuigkeitswert und den Bezug zum vorherigen Schulunterricht sowie die Selbsteinschätzung des Unterrichtserfolgs.

Zur Überprüfung der erwarteten Dimensionen bietet sich die Faktorenanalyse des Itempools an, durch die sich ein Test in Subtests untergliedern lässt, die in sich homogen sein sollten (vgl. LIENERT 1969, S. 490 ff.). Die Faktorisierung wird mit einer Reliabilitätsanalyse der entdeckten Faktoren gekoppelt, um die Messgenauigkeit der Items sicherzustellen. So lassen sich die der Varianz zugrunde liegenden Faktoren bestimmen und anschließend gewichtete Faktoren- bzw. Gesamt-Scores berechnen. Diese werden mit den üblichen statistischen Verfahren auf Unterschiede in Bezug auf die einzelnen Gruppen untersucht (vgl. 4.2 und 4.3).

<sup>5</sup> Es wurden für alle Größen nur Rating-Skalen verwendet, deren verbale Charakterisierung als äquidistant gilt (vgl. BORTZ u. DÖRING 1995, S. 164).

### 3.3 Stichprobe

An der Voruntersuchung zur Evaluationsstudie im Frühjahr 2003 waren 235 Schüler in 16 Leistungskursen beteiligt, von denen 200 alle drei Tests durchgeführt haben. Die Rücklaufquote für alle drei Tests betrug damit 85,1 %.

Davon entfallen auf das Modul I insgesamt 143 von anfangs 172 Schülern in zwölf Biologiekursen, wobei die Experimental-Gruppe (vier Leistungskurse) mit 44 Schülern und die Kontroll-Gruppen (jeweils zwei Leistungskurse) mit insgesamt 99 Schülern beteiligt waren („Labor+Zeit“- N = 22, Labor- N = 19, Schul- N = 34 und externe Gruppe N = 24).

## 4 Ergebnisse

Es lassen sich folgende Teilergebnisse bezüglich der Akzeptanz aus den gewonnenen Daten erschließen.

### 4.1 Überprüfung der Dimensionalität

Die Ausgangshypothese  $H_1$  für die Studie war (vgl. 2.3), dass die Akzeptanz der Projektveranstaltungen zur Gentechnik im Lernort Labor über drei Dimensionen erschlossen werden kann, nämlich eine Gesamtbewertung der Veranstaltung, einer Beurteilung der Experimente und einer Beurteilung des erlebten Unterrichts.

Die Auswertung der Faktorenanalyse ergibt, dass die Hypothese  $H_1$  zurückgewiesen werden muss, weil drei andere Faktoren für die Akzeptanz verantwortlich sind.

Zwei dieser Faktoren sind mit ausreichender Reliabilität<sup>6</sup> gemessen worden (vgl. Abb. 3). Sie erklären zusammen 52,9 % der Varianz des Akzeptanztestes, dabei entfallen auf den ersten Faktor 31,1 % und auf den zweiten Faktor 21,8 % der Varianz.

Der erste Faktor stellt eine affektbezogene Bewertung dar, d.h. die Schüler beurteilen sowohl die gesamte Veranstaltung als auch die Erklärungen des Projektleiters nicht unabhängig von ihrem affektiven Zustand, deshalb wird er affektiver Faktor genannt. Mit dem zweiten Faktor bewerten die Schüler ihr eigenes unterrichtliches Handeln, daher wird er instrumenteller Faktor genannt.

---

<sup>6</sup> Reliabilität: Cronbachs Alpha für Faktor 1: Nachtest 0,78; Nachtest II 0,85; Faktor 2: Nachtest 0,67; Nachtest II 0,71; Cliffs Subskalen-Reliabilität (CLIFF 1988) für Faktor 1: Nachtest 0,81; Faktor 2: Nachtest 0,66.

Beide Faktoren sind homogen und trennscharf.<sup>7</sup> Für den dritten ermittelten Faktor Vorwissen müssen die Items in der Hauptuntersuchung umformuliert werden, um akzeptable Reliabilität zu erreichen.

Ladung auf Faktor/ Komponente <sup>8/9</sup>		Item	Faktor
1	2		
0,83		Bewertung Veranstaltung	Affektiver Faktor
0,79		Spaß Veranstaltung	
0,73		Weiterer Tag	
0,67		Bewertung Erklärungen	
	0,74	Genügend Zeit für die Unterrichtsschritte/Experimente	Instrumenteller Faktor
0,36	0,68	Keine Schwierigkeit dem Unterricht zu folgen	
	0,65	Keine Verunsicherung durch die Hilfsmittel/Experimente	
	0,64	Keine Schwierigkeit den Arbeitsschritten zu folgen	

**Abb. 3:** Zuordnung von Items zu den beiden ermittelten reliablen Faktoren der Akzeptanz<sup>10/11</sup>.

## 4.2 Akzeptanz der Projektveranstaltungen

Entsprechend der Faktor-Ladungen wurden gewichtete Scores für beide Faktoren sowie für die gesamte Akzeptanz berechnet (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 201). In Abb. 4 sind die Mittelwerte<sup>12</sup> für die Interventions-Gruppen zusammengefasst.

Alle Projektveranstaltungen zeigen eine hohe Akzeptanz; das bezieht sich auch auf die Kontrollgruppen: Die Mittelwerte liegen zwischen 75 % und 86 % des erreichbaren Maximalwertes. Die hohen Werte in den nicht experimentel-

<sup>7</sup> Homogenität: Faktor 1: Nachtest 0,48; Nachtest II 0,46; Faktor 2: Nachtest 0,32; Nachtest II 0,39; korrigierte Trennschärfen: 12 Werte > 0,3; 3 Werte > 0,5; 1 Wert < 0,3; Fremdtrennschärfen: jeweils niedriger als die korrigierten Trennschärfen.

<sup>8</sup> Die Faktorladung gibt den Zusammenhang zwischen der Variable und dem Faktor an, je höher der Wert ist, desto mehr wird der Faktor durch die Komponenten bestimmt, die durch die Variable erfasst worden sind (DIEHL & KOHR 1999, S. 245).

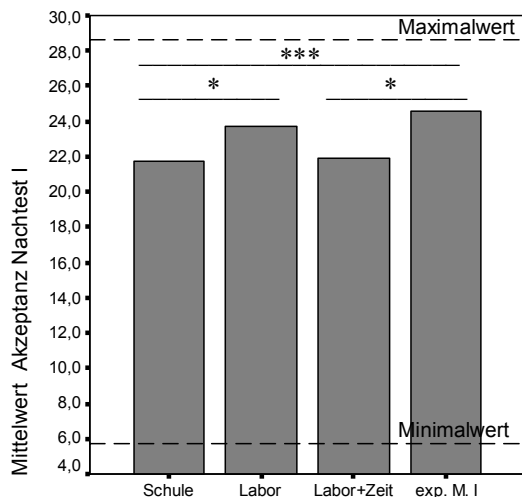
<sup>9</sup> Die Kommunalitäten der Items liegen im Bereich zwischen 0,69 und 0,41.

<sup>10</sup> Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation, nur Komponenten mit Faktorladung > 0,6 berücksichtigt (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 201).

<sup>11</sup> Eigenwerte: Faktor 1: 2,8; Faktor 2: 2,0.

<sup>12</sup> Alle berechneten Scores varianzhomogen (Levene-Test: p-Werte zwischen 0,088 und 0,918) und bis auf Faktor-Score 2 Nachtest normalverteilt (KS-Test: p-Werte zwischen 0,074 und 0,878, für Faktor-Score 2 Nachtest p = 0,022).

len Gruppen sprechen dafür, dass seitens des Projektleiters kein Rosenthal-Effekt vorliegt (FELSER 1997, S. 349), also für ein gleichmäßig „gutes“ Unterrichten in allen Gruppen.



**Abb. 4:** Vergleich der Mittelwerte der Scores für die Akzeptanz der Projektveranstaltung im Nachtest<sup>13</sup>.

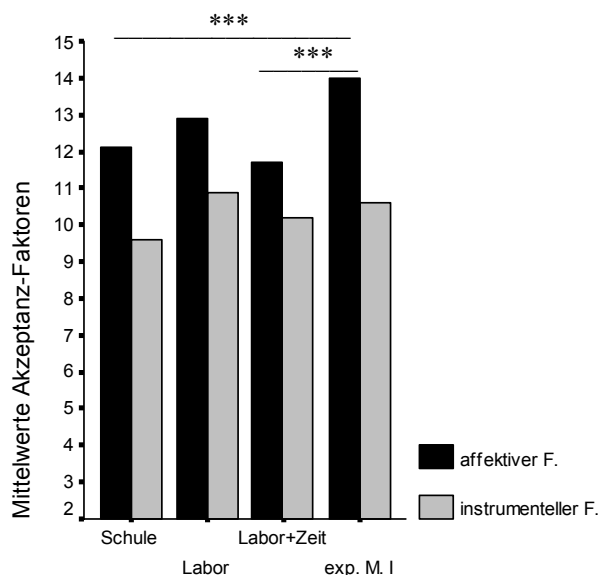
Die Akzeptanz wird durch den Lernort Labor signifikant erhöht. Der Zeitzuschlag dagegen erniedrigt die Akzeptanz wieder signifikant<sup>14</sup>. Der identische Unterricht erzeugt also im außerschulischen Lernort bessere Akzeptanz im Vergleich zur Möglichkeit der selbstständigen Nachbearbeitung des Themas: Die Schüler nahmen das Angebot eines Zeitzuschlags nicht an. Zwischen der Labor- und der Experimental-Gruppe lässt sich diesbezüglich kein signifikanter Unterschied feststellen.

Damit ergibt sich die Frage nach dem Anteil der beiden Faktoren an der gesamten Akzeptanz (vgl. Abb. 5). Der instrumentelle Faktor, also die Akzeptanz des eigenen Handelns im Unterricht, zeigt zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede, allein der affektive Faktor entscheidet über die Akzeptanz<sup>15</sup>. Dabei wirkt sich der Zeitzuschlag gerade auf dieser Ebene negativ aus und senkt die Akzeptanz signifikant. Die Schüler bewerteten letztendlich die Projektveranstaltung zur Molekularbiologie aus ihren Emotionen heraus.

<sup>13</sup> übliche Angabe der Signifikanz-Niveaus: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

<sup>14</sup> ANOVA Gesamt-Score: Unterschiede zwischen den Gruppen mit  $p < 0,001$  signifikant ( $N = 119$ ), Posthoc-Tests (Tuckey-Kramer bei ungleichen Stichprobenumfängen): Schul- ( $N = 34$ ) vs. Labor- ( $N = 22$ ) mit  $p = 0,043$ , Schul- vs. Experimental-Gruppe ( $N = 44$ ) mit  $p < 0,001$ , „Labor+Zeit“- ( $N = 19$ ) vs. Experimental-Gruppe mit  $p = 0,001$  signifikant.

<sup>15</sup> ANOVA Score Faktor 1: Unterschiede zwischen den Gruppen mit  $p < 0,001$  signifikant ( $N = 119$ ), Posthoc-Tests (Tuckey-Kramer bei ungleichen Stichprobenumfängen): Schul- ( $N = 34$ ) vs. Experimental-Gruppe ( $N = 44$ ) mit  $p < 0,001$ , Labor+Zeit ( $N = 19$ ) vs. Experimental-Gruppe mit  $p < 0,001$  signifikant; ANOVA Score Faktor 2: keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.



**Abb. 5:** Vergleich der Mittelwerte der Scores für den affektiven und den instrumentellen Faktor der Akzeptanz.

Die Akzeptanz bei den Schülern der Labor-Gruppe ohne experimentelles Handeln und der Treatment-Gruppe mit eigenem Experimentieren ist annähernd gleich hoch. Damit ergibt sich die Frage nach der Grundlage für diese vergleichbare Akzeptanz.

Die Auswertung der Antworten auf die offenen Fragen<sup>16</sup> zum besonderen Gefallen bzw. besonderen Missfallen bei der Veranstaltung ermöglicht die genauere Erfassung der Schülereindrücke.

Die Antworten wurden entsprechend der Angaben zur induktiven Kategorienbildung bei MAYRING (1997, S. 46 ff.) in insgesamt 21 bzw. 23 Kategorien eingeteilt<sup>17</sup>. Die Verteilung der einzelnen Kategorien innerhalb der verschiedenen Interventions-Gruppen wurde dann durch die Analyse von Kreuztabellen überprüft<sup>18</sup>.

Für die große Mehrheit der Kategorien ergab sich bei beiden Fragen keine signifikante Abweichung von der Gleichverteilung. Als Beispiel sei die Kategorie „Beurteilung der Erklärungen“ mit typischen Antworten zum besonderen Gefallen wie „anschauliche“ oder „gute Erklärungen“ genannt.

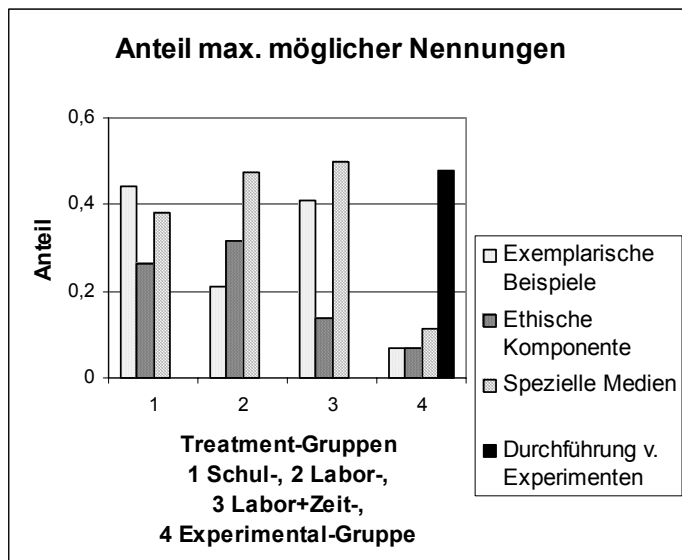
<sup>16</sup> Item-Formulierungen: „Was hat Ihnen bei der Veranstaltung heute am besten gefallen (zwei Angaben)?“; „Was hat Ihnen bei der Veranstaltung heute am wenigsten gefallen (zwei Angaben)?“

<sup>17</sup> Überprüfung der Signierobjektivität durch unabhängige Codierung : Item Gefallen Cohens Kappa 0,76 (Zufallsauswahl von 10 % der Tests, N = 52); Item Missfallen Cohens Kappa 0,83 (N = 56); beide Werte > 0,7 (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 254).

<sup>18</sup> Dazu wurde der exakte Test nach Fischer eingesetzt, da i.d.R. über 20 % der Zellen eine Häufigkeit unter 5 besaßen.



Die feststellbaren Unterschiede zum besonderen Gefallen sind in Abb. 6 zusammengefasst.

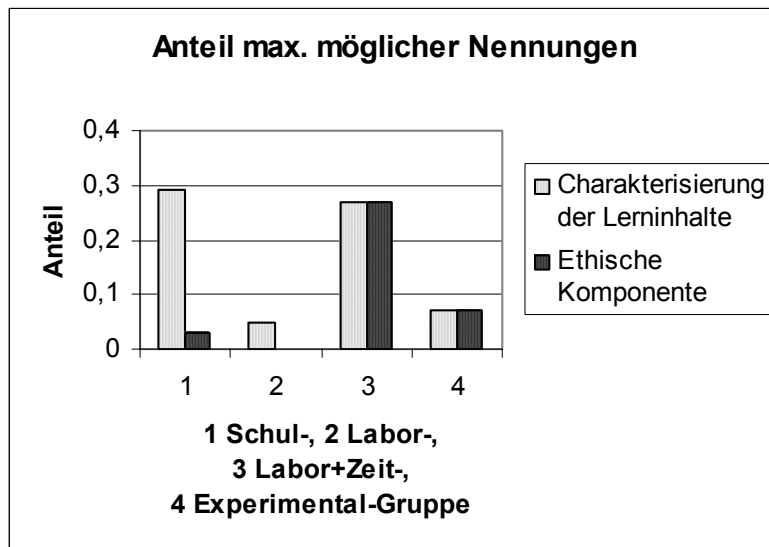


**Abb. 6:** Signifikant unterschiedlich häufig genannte Kategorien zum besonderen Gefallen der Projektveranstaltung<sup>19</sup>.

In der Experimental-Gruppe werden folgende Kategorien weniger häufig als in den anderen Untersuchungsgruppen genannt: Exemplarische Beispiele, z.B. das grün leuchtende Kaninchen Alba green (KAC 2002), Ethische Komponente, also die ethische Reflektionsphase des Unterrichts und Spezielle Medien, bspw. die Powerpoint-Präsentation. Entscheidend für die Akzeptanz in der Experimental-Gruppe war also das eigene Experimentieren.

Die Auswertung der nicht gleich verteilten Kategorien zum besonderen Missfallen ergibt, dass sich die Gymnasiasten in der Schul- und der „Labor+Zeit“-Gruppe eher überfordert fühlten. Sie nannten die Kategorie Charakterisierung der Lerninhalte, in dem Fall natürlich negativ mit Ausdrücken wie „zu viel Informationen“ oder „zu viele Spezialbegriffe“ wesentlich häufiger als die Schüler aus der Labor- und der Experimental-Gruppe. Bei identischem Unterricht scheint sich hier der Lernort Labor positiv auszuwirken, allerdings nur ohne den Zeitzuschlag. Die besondere motivierende Stimmung im außerschulischen Lernort könnte die Wahrnehmung der komplexen Lerninhalte beeinflussen.

<sup>19</sup> Die Kategorien wurden im paarweisen exakten Test nach Fischer auf Abweichung von der Gleichverteilung überprüft: exemplarische Beispiele Schul- (N = 34) mit  $p < 0,001$  und „Labor+Zeit“- (N = 19) mit  $p = 0,001$  vs. Experimental-Gruppe (N = 44) signifikant; ethische Komponente Schul- (N = 34) mit  $p = 0,026$  und Labor- (N = 22) mit  $p = 0,017$  vs. Experimental-Gruppe (N = 44) signifikant; spezielle Medien Schul- (N = 34) mit  $p = 0,007$ , Labor- (N = 22) mit  $p = 0,003$  und „Labor+Zeit“- (N = 19) mit  $p = 0,001$  vs. Experimental-Gruppe (N = 44) signifikant.



**Abb. 7:** Signifikant unterschiedlich häufig genannte Kategorien zum besonderen Missfallen bei der Projektveranstaltung<sup>20</sup>.

Die negative Bewertung der ethischen Komponente trat nur bei der „Labor+Zeit“-Gruppe auf. Die Möglichkeit, sich auch mit den Materialien zur ethischen Diskussion nochmals zu beschäftigen, wirkte sich bei deren Beurteilung negativ aus, dies zeigt auch die geringere Häufigkeit dieser Kategorie bei den Antworten zum besonderen Gefallen in dieser Interventions-Gruppe (vgl. Abb. 6).

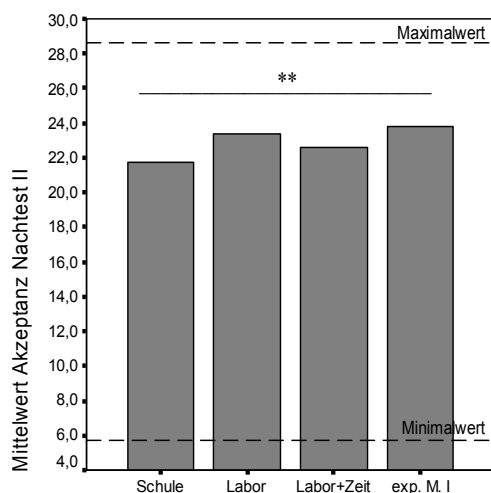
### 4.3 Stabilität der Akzeptanz

Die Analyse des Nachtests II ermöglicht es, die rückblickende Akzeptanz der Projektveranstaltung zu überprüfen. Die Akzeptanz der Veranstaltungen war auch nach sechs Wochen noch immer sehr hoch<sup>21</sup>, sie lag nach wie vor zwischen 75 % und 84 % des Maximalwertes, allerdings sind die Unterschiede zwischen den Gruppen geringer geworden, speziell der positive Einfluss des Experimentierens war nicht mehr so deutlich vorhanden.

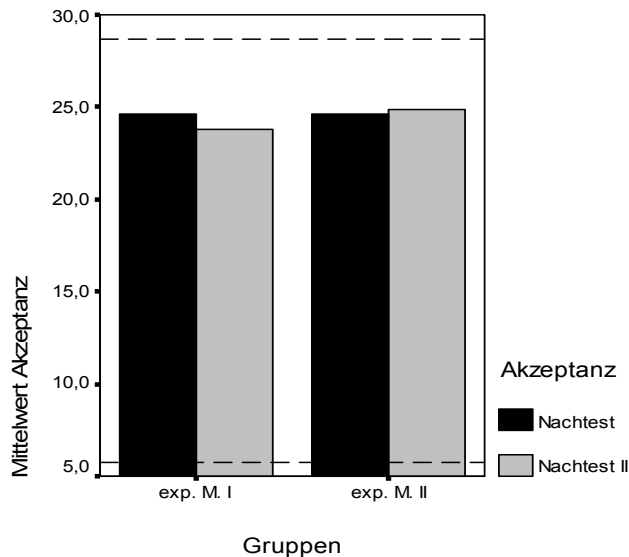
<sup>20</sup> Die Kategorien wurden im paarweisen exakten Test nach Fischer auf Abweichung von der Gleichverteilung überprüft: Charakterisierung der Lerninhalte Schul- (N = 34) mit  $p = 0,013$  und „Labor+Zeit“- (N = 19) mit  $p = 0,051$  vs. Experimental-Gruppe (N = 44) signifikant bzw. Tendenz zur Signifikanz, Schul- mit  $p = 0,074$  vs. Labor-Gruppe (N = 22) Tendenz zur Signifikanz; ethische Komponente „Labor+Zeit“- (N = 19) mit  $p = 0,012$  vs. Schul- (N = 34) und mit  $p = 0,023$  vs. Labor-Gruppe (N = 22) signifikant, mit  $p = 0,051$  vs. Experimental-Gruppe (N = 44) Tendenz zur Signifikanz.

<sup>21</sup> Test der Veränderung vom Nachtest zum Nachtest II über den T-Test für gepaarte Stichproben: Rückgang nur bei der Experimental-Gruppe mit  $p = 0,016$  signifikant.

Gleiches gilt für den affektiven und den instrumentellen Faktor<sup>22</sup>. Insgesamt zeigt sich jedoch, wie nachhaltig die Wirkung solcher schulischen und außerschulischen Projekte zur Molekularbiologie ist. Damit wird die Bedeutsamkeit derartiger Veranstaltungen für die Schüler sichtbar.



**Abb. 8:** Mittelwerte der Scores für die Akzeptanz der Projektveranstaltung im Nachtest II<sup>23</sup>.



**Abb. 9:** Akzeptanz-Vergleich der beiden Module I und II<sup>24</sup>

<sup>22</sup> ANOVA Score Faktor 1: Unterschiede zwischen den Gruppen mit  $p = 0,004$  signifikant ( $N = 119$ ), Posthoc-Tests (Tuckey-Kramer bei ungleichen Stichprobenumfängen): Schul- ( $N = 34$ ) vs. Experimental-Gruppe ( $N = 44$ ) mit  $p = 0,004$  signifikant, Labor+Zeit ( $N = 19$ ) vs. Experimental-Gruppe mit  $p = 0,065$  Tendenz zur Signifikanz; ANOVA Score Faktor 2: keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

<sup>23</sup> ANOVA Gesamt-Score: Unterschiede zwischen den Gruppen mit  $p = 0,006$  signifikant ( $N = 119$ ), Posthoc-Tests (Tuckey-Kramer bei ungleichen Stichprobenumfängen): Schul- ( $N = 34$ ) vs. Experimental-Gruppe ( $N = 44$ ) mit  $p = 0,004$  signifikant.

Dabei spielt das spezielle unterrichtliche Thema keine entscheidende Rolle, denn der Vergleich der Akzeptanz von Modul I und Modul II zeigte in beiden Tests keine signifikanten Unterschiede (vgl. Abb. 9).

## 5 Ausblick

Zusammenfassend betrachtet muss damit die Hypothese H2 (vgl. 2.3) für die geplante Hauptuntersuchung modifiziert werden. Die Akzeptanz eines inhalts-gleichen Unterrichts wird durch das selbsttätige Experimentieren in einem Lernort Labor zwar im Vergleich zum Lernort Schule erhöht, nicht aber im Vergleich zu einem nichtexperimentellen Unterricht im Lernort Labor. Allerdings beruht dessen vergleichbar hohe Akzeptanz auf anderen Grundlagen: Denn im Vergleich zur Schule erhöht bereits der Besuch des Labors die Akzeptanz eines inhalts-gleichen Unterrichts. Die festgestellten Unterschiede müssen auch in Bezug zu den Ergebnissen weiterer Forschungsfragen gesetzt werden:

Welchen Einfluss hat die Durchführung der Experimente auf den Wissenszuwachs, das Interesse an der Gentechnik und die Einstellung zu deren Anwendungsgebieten?

Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der Akzeptanz und den anderen, erfassten Größen?

Erst in der Zusammenschau bzw. Wechselwirkung dieser Parameter wird eine Gesamtbewertung des außerschulischen Lernorts Labor fundierter erfolgen können. Deshalb wird in der laufenden Hauptuntersuchung diesen Fragestellungen besonderes Gewicht zuteil werden.

## Literatur

- BADER, H. J. (1992): Das Experiment im Unterricht. in: Pfeifer, P., K. Häusler & B. Lutz (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. Oldenbourg, München, 292-318.
- BAUMERT, J., R. LEHMANN, M. LEHRKE, B. SCHMITZ, M. CLAUSEN, I. HOSENFELD, O. KÖLLER & J. NEUBRAND (1997): *TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Leske+Budrich, Opladen.
- BAUMERT, J., E. KLIEME & W. BOS (2001a): Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Die Herausforderung von TIMSS für die Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung, (Hrsg.): *TIMSS - Impulse für Schule und Unterricht*. Bonn, 11-41.
- BAUMERT, J., E. KLIEME, M. NEUBRAND, M. PRENZEL, U. SCHIEFELE, W. SCHNEIDER, P. STANAT, J. TILLMANN & M. WIESS (Hrsg.) (2001b): *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Leske+Budrich, Opladen.

---

<sup>24</sup> ANOVA: Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant (N = 101), Experimental-Gruppe Modul I (N = 44) vs. Experimental-Gruppe Modul II (N = 57).

- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst (1991): Lehrplan für das bayerische Gymnasium, Fachlehrplan Biologie. KWMBI I So.-Nr. 7/1991, 1160 ff.
- BEATON, A. E., M. MARTIN, I. MULLIS, E. GONZALES, T. SMITH & D. KELLY (1996): Science achievement in the middle school years: IEA's third international mathematics and science study. Chestnut Hill.
- BERGIN, D. (1999): Influences on classroom interest. *Educational Psychologist* **34**, 87-98.
- Bio-Rad Laboratories (o.J.): pGLO Bacterial Transformation Kit. Hercules.
- BIRNBOIM, H. & J. DOLY (1979): A rapid alkaline extraction procedure for screening recombinant plasmid DNA. *Nucleic Acids Research* **7** (6), 1513-1523.
- BORTZ, J. & N. DÖRING (1995): *Forschungsmethoden und Evaluation*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- BOYER, H. & D. ROULLAND-DUSSOIX (1969): A complementation analysis of the restriction and modification of DNA in *Escherichia coli*. *Journal of Molecular Biology* **3** (41), 459-472.
- Bundesverband der Unfallversicherungsträger (1995): Richtlinien zur Sicherheit im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst vom 30. März 1995 Nr. VI/8 - S4361 - 8/4 348, München.
- CAVANZANA, M., S. HACEIN-BEY, G. DE SAINT BASILE, F. GROSS; E. YVON, P. NUSBAUM, F. SELZ, C. HUE & S. CERTAIN (2000): Gene Therapy of Human Severe Combined Immunodeficiency (SCID)-X1 Disease. *Science* **288** (28 April), 669-672.
- CLIFF, N. (1988): The Eigenvalue-Greater-Than-One Rule and the Reliability of Components. *Psychological Bulletin* **103**, 276-279.
- DIEHL, J. M. & H.U. KOHR (1999): *Deskriptive Statistik*. 12. Auflage, Verlag Dietmar Klotz, Eschborn.
- DRASCHOFF, S. (2002): *Lernen am Computer durch Konfliktinduzierung. Gestaltungsempfehlungen und Evaluationsstudie zum interaktiven computergestützten Lernen*. Waxmann, Münster, New York, München, Berlin.
- ESCHENHAGEN, D., U. KATTMANN & D. RODI (Hrsg.) (2001): *Fachdidaktik Biologie*. 5. Auflage, Aulis & Deubner, Köln.
- EULER, M. (2001): Lernen durch Experimentieren. In: RINGELBAND, U. M. PRENZEL & M. EULER (Hrsg.): *Lernort Labor Initiativen zur naturwissenschaft. Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft*. Kiel, 13-42.
- FELSER, G. (1997): *Werbe- und Konsumentenpsychologie*. Schäffer-Poeschel, Berlin.
- HARLEN, W. (1999): *Effective Teaching of Science. A review of research*. Edinburgh.
- HERZER, M. & A. TOPRAK (2001): *Evaluation des Schüler/Innenlabors am Fachbereich Chemie/Pharmazie - Zwischenbericht* (<http://www.verwaltung.uni-mainz.de/ZQ/materialien/zwischenbericht.pdf>, online 03.02.2004).
- HODSON, D. (1992): Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review* **73**, 65-78.
- HÖBLE, C. (2001): *Moralische Urteilsfähigkeit. Eine Interventionsstudie zur moralischen Urteilsfähigkeit von Schülern zum Thema Gentechnik*. StudienVerlag, Innsbruck, Wien, München, Bozen.
- KAC, E. (2002): GFP Bunny. *Kunstforum* **158** (Januar/März), 46-57.
- KASAI, K., Y. NAKAMURA & R. WHITHE (1990): Amplification of a Variable Number of Tandem Repeats (VNTR) Locus (pMCT118) by the Polymease Chain Reaction (PCR) and Its Application to Forensic Science. *Journal of forensis sciences* **35**, 1196-1200.
- KECK, G. (1998): *Einstellung zur Gentechnik bei Schülerinnen und Schülern. Arbeitsberichte der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg Nr. 108*, Stuttgart.
- KLAUTKE, S. (2003): *Entdeckend-forschendes Lernen. Unterrichtsverfahren im Biologieunterricht. Lernchancen* **31**, 33-41.
- KRAPP, A. (1992): *Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung*. In: KRAPP, A. & M. PRENZEL (Hrsg.): *Interesse, Lernen und Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. Aschendorff, Münster, 9-52.
- LIENERT, G. A. (1969): *Testaufbau und Testanalyse*. Verlag Julius Beltz, Weinheim, Berlin, Basel.
- LUCKE, D. (1995): *Akzeptanz. Legitimität in der "Abstimmungsgesellschaft"*. Leske+Budrich, Opladen.
- LUNETTA, V. N. (1998): *The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching*. in: Fraser, B. J. & K. J. Tobin (Hrsg.), *International Handboob of Science Education; Part One*. Dordrecht, Boston, London.

- MAYRING, P. (1997): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Deutscher Studien-Verlag, Weinheim.
- OESTERLING, C. & A. TOPRAK (2002): Zweiter Evaluationsbericht des Schüler/Innenlabors am Fachbereich Chemie/Pharmazie; ([http://www.verwaltung.uni-mainz.de/ZQ/materialien/zweiter\\_evaluationsbericht.pdf](http://www.verwaltung.uni-mainz.de/ZQ/materialien/zweiter_evaluationsbericht.pdf), online 03.02.2004)
- PAUL-EHRLICH-Institut (2002): Die Unterbrechung klinischer Gentherapie-Prüfungen in Deutschland nach einem Leukämiefall in Frankreich dient der ethischen Neubewertung und Anpassung der Patienteninformation. Gemeinsame Mitteilung des Paul-Ehrlich-Instituts und der Bundesärztekammer.
- PRENZEL, M. & U. RINGELBAND (2001): Lernort Labor - neue Initiativen. In: RINGELBAND, U., M. PRENZEL & M. EULER (Hrsg.): Lernort Labor Initiativen zur naturwissenschaft. Bildung zwischen Schule, Forschung u. Wirtschaft. Kiel, 7-12.
- PRENZEL, M., J. ROST; M. SENKBEIL, P. HÄUBLER & A. KLOPP (2001): Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In: BAUMERT, J., E. KLIEME, M. NEUBRAND, M. PRENZEL, U. SCHIEFEL, W. SCHNEIDER, P. STANAT, K.-J. TILLMANN & M. WEIß (Hrsg.): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Leske+Budrich, Opladen, 191-248.
- Sigma (2000): GenElute Mammalian DNA Kit. Technical Bulletin MB 660. St. Louis.
- TSIEN, R. Y. (1998): The green fluorescent protein. Annual review of biochemistry **67**, 509-544.
- URBAN, D. (2001): Wie stabil sind Einstellungen zur Gentechnik. In: HAMPEL, J. & O. RENN (Hrsg.): Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Campus, Frankfurt, New York, 56-97.
- URHAHNE, D. 2002: Motivation und Verstehen. Studien zum computergestützten Lernen in den Naturwissenschaften. Waxmann, Münster, New York, München, Berlin.
- VOGELSTEIN, B. & D. GILLESPIE (1978): Preparative and analytical purification of DNA from agarose. Proceedings of National Academy of Science USA **76**, (2) 615-619.