

Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche - eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland

Pascal Guderian und Burkhard Priemer

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Physik und Astronomie, Fachdidaktik der Physik,
Universitätsstr. 150, 44801 Bochum,

priemer@physik.rub.de

(Eingegangen: 18.04.2008; Angenommen: 21.10.2008)

Kurzfassung

In den letzten Jahren wurde eine große Zahl von Schülerlaboren in Deutschland gegründet. In diesen außerschulischen Lernorten arbeiten Schüler projektartig und experimentell an naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Schülerlabore streben u. a. an, eine positive Einstellung zu Naturwissenschaften bei Schülern zu verankern und die naturwissenschaftliche Grundbildung zu verbessern. Die bislang vorliegenden Forschungsarbeiten zeichnen ein heterogenes Bild der Wirksamkeit dieser Lernorte. Der vorliegende Übersichtsartikel fasst die Ziele von Schülerlaboren zusammen und präsentiert den Stand der Forschung in Deutschland in Hinblick auf die Förderung des Interesses an Naturwissenschaften. Übergreifende Erkenntnisse werden herausgearbeitet und Folgerungen für die Praxis aufgestellt. Darauf aufbauend werden die Defizite des bisherigen Forschungsstands aufgezeigt und an Desiderate für zukünftige Arbeiten geknüpft.

1. Einleitung

Eine vergleichsweise neue Variante außerschulischer Lernorte stellen Schülerlabore dar. Als Schülerlabore sollen in diesem Beitrag außerschulische Bildungseinrichtungen bezeichnet werden, in denen Schüler sich in projektartigen Unterrichtsformen mit naturwissenschaftlichen oder technischen Fragestellungen experimentell beschäftigen. Mehr als 200 dieser an Universitäten, Forschungseinrichtungen, Fachhochschulen, Museen, Wissenschaftszentren, Technologie- und Gründerzentren und der Industrie entstandenen Institutionen sind in den letzten Jahren in Deutschland eröffnet worden (siehe Dachorganisation „Lernort Labor“). Ebenso jung wie die Einrichtungen selbst ist die Begleitforschung, sodass bislang nur Tendenzen bezüglich der Wirksamkeit der Labore aufgezeigt werden können. In Anbetracht der hohen personellen und monetären Investitionen stellt aber eine frühzeitige Zusammenfassung des Forschungsstands ein wichtiges Mittel dar, die theoretische Fundierung und praktische Umsetzung begründet zu steuern.

Intention dieses Übersichtsbeitrages ist deshalb eine Betrachtung und Diskussion der wichtigsten bislang erhaltenen Erkenntnisse zur Wirksamkeit von Schülerlaboren in Deutschland. Der Beitrag beschränkt sich auf Fragen der Interessenförderung. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass sowohl die (in eher geringer Anzahl vorliegenden) Studien als auch die Schülerlabore eine hohe Diversität aufweisen. Dies macht es schwer, den Forschungsstand einer streng systematischen Metaanalyse zu unterziehen. Es lassen sich aber auf deskriptive Weise z. T. über-

greifende Ergebnisse identifizieren, die in diesem Beitrag herausgearbeitet werden.

2. Ziele von Schülerlaboren

Im Folgenden werden die grundlegenden Ziele von Schülerlaboren zusammengefasst. Dabei lassen sich vier allgemeine Zielbereiche angeben.

Erstens sind dies *schülerbezogene Ziele* (nach Euler, 2005):

- Förderung von Interesse und Aufgeschlossenheit von Schülern für Naturwissenschaften und Technik,
- Ermöglichung der selbstständigen Auseinandersetzung mit authentischen Forschungszusammenhängen und Arbeitsweisen im Rahmen aktivierender Lehrformen,
- Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte, Arbeitsweisen und adäquater Ansichten über Naturwissenschaften und Technik,
- Vermittlung der Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik für unsere Gesellschaft,
- Abbau von Schwellenängsten und Vorbehalten gegenüber Naturwissenschaften und Technik,
- Sicherung des Nachwuchses für naturwissenschaftliche und technische Studiengänge und Berufe.

Zweitens lassen sich *lehrerbezogene Ziele* formulieren, die vor allem von Schülerlaboren an Universitäten verfolgt werden, die Lehreraus- und Lehrerfortbildung betreiben:

- Angebot von Lehrerfortbildungen (Steffensky & Wilms, 2006, Krüger & Schön, 2007),
- Einbindung der Schülerlabore in die Ausbildung von zukünftigen Lehrkräften (Brechel, Palmer & Schön, 2003, Leonhard & Schallies, 2007),
- Liefern von Anregungen für Lehrkräfte zur Gestaltung von Unterricht durch einen Besuch mit eigenen Schulklassen.

Drittens bieten Schülerlabore die Möglichkeit, bei vergleichsweise gut kontrollierbarer Umgebung fachdidaktische Forschung durchzuführen, die originär nicht unmittelbar mit Schülerlaboren verknüpft sein muss. Hier werden *forschungsbezogene Ziele* verfolgt:

- Nutzung des Schülerlabors als „Laborschule“ (Kirchner & Priemer, 2007; v. Aufschnaiter, Dudzinska, Hauenschild & Rode, 2007; Ziemek, 2005),
- Generelle Nutzung des Schülerlabors als „didaktische Werkstatt“ mit Möglichkeiten zur Entwicklung, Erprobung und Evaluierung naturwissenschaftlich-didaktischer Konzepte.

Viertens dienen Schülerlabore schließlich den Unternehmen aus der Industrie oder den Forschungseinrichtungen als Mittel zur Öffentlichkeitsarbeit bzw. Wissenschaftskommunikation. Damit liegen *institutionsbezogene Ziele* vor:

- Förderung des Dialogs zwischen Wissenschaft und Gesellschaft,
- Präsentation des Trägers des Schülerlabors in der Öffentlichkeit.

Schülerbezogene Ziele standen zunächst im Zentrum der Forschungsanstrengungen. Daher beschränkt sich der vorliegende Beitrag auf diesen Zielbereich. Eine Schwierigkeit bei der Wirksamkeitsanalyse von Schülerlaborbesuchen ist die große Unschärfe der o. a. allgemeinen Ziele. Eine Präzisierung auf operationalisierbare Ziele (insbesondere die Auswahl geeigneter überprüfbarer Konstrukte) erfolgte durch die Forschenden in der Annahme, adäquate Variablen ausgewählt zu haben. Diese Divergenz zwischen allgemeinen Zielen eines Schülerlabors und geeigneten Forschungsvariablen ist ein grundsätzliches Problem in der Wirksamkeitsanalyse und ein Schwerpunkt der Diskussion in Abschnitt 5.

3. Die Wirksamkeit von Schülerlaboren

Die gegenwärtige Zahl wissenschaftlicher Arbeiten über deutsche Schülerlabore ist eher gering und von heterogener Natur. Trotz der nur bedingt vergleichbaren Konzepte und Operationalisierungen untersuchter Variablen und der Diversität der Schülerlabore lassen sich übergreifende Erkenntnisse feststellen. Diese lassen eine Verallgemeinerung über die Rahmenbedingungen der jeweiligen Studien und Labore hinweg plausibel erscheinen. Der Beitrag stellt in diesem Sinne ausgewählte zentrale

Ergebnisse vor. Dabei erfolgt eine Fokussierung auf die drei Themenbereiche „Nachhaltigkeit der Effekte“, „Altersunterschiede“, und „Fächerunterschiede“. Ein Anspruch auf Vollständigkeit wird dabei nicht verfolgt. Berücksichtigung fanden alle Arbeiten, die sich schwerpunktmäßig schülerbezogenen affektiven Zielen widmen. Dies umfasst Konstrukte wie Interesse, Motivation oder Akzeptanz. In diesem Sinn waren die in Tabelle 1 angeführten Forschungsarbeiten relevant. Der Tabelle können ebenfalls weitere Rahmendaten der jeweiligen Studien entnommen werden.

3.1 Nachhaltigkeit der Effekte

Abfallen der Ausprägung affektiver Merkmale in einem längeren Zeitraum nach einem Besuch

Engeln (2004) untersuchte anhand fünf verschiedener vorrangig physikorientierter Schülerlabore, wie sich das aktuelle Interesse von Schülern der 9. bzw. 10. Jahrgangsstufe an den behandelten Inhalten der jeweiligen Schülerlabore entwickelt. Das aktuelle Interesse bezeichnet nach Krapp et al. (1992, 1998, 2002) den momentanen Interessenzustand einer Person, welcher sich aus der Interessantheit der Lernumgebung und bereits bestehenden Dispositionen der Probanden zusammensetzt. Dieses aktuelle Interesse lässt sich in drei Komponenten differenzieren: Die emotionale Komponente des aktuellen Interesses beschreibt, inwiefern Schüler den Besuch eines Schülerlabors mit positiven Gefühlen und Erlebnisqualität besetzen. Die wertbezogene Komponente deckt ab, ob die Schüler dem Schülerlaborbesuch eine besondere subjektive Bedeutung einräumen. Die epistemische Komponente zeigt schließlich den Wunsch der Schüler auf, mehr über die Inhalte dieses Besuchs lernen zu wollen. Die Autorin zeigt, dass die emotionale und die epistemische Komponente zwischen den Zeitpunkten „direkt nach dem Besuch“ und „zwölf Wochen später“ signifikant abfielen, wohingegen die wertbezogene Komponente signifikant anstieg. (Alle Änderungen hatten geringe Effektstärken. Die Effektstärken wurden nachträglich berechnet, da in Engeln (2004) dazu keine Angaben zu finden sind.) Ein ähnliches Resultat – ein signifikantes Abfallen in wenigen Wochen nach dem Besuch – erhält auch Scharfenberg (2005) für die epistemische Komponente des Interesses. Ferner wurde dort untersucht, wie sich die Akzeptanz bzgl. der Inhalte eines Schülerlaborbesuchs im Bereich der Genforschung bei Schülern der gymnasialen Oberstufe ändert. Unter Akzeptanz wird eine positive, bejahende Einstellung für die dargebrachten Inhalte verstanden (Scharfenberg 2005, S. 27-31). Hier zeigte sich ein Abfallen der Akzeptanz für die Besuchs- und die Kontrollgruppe. Bei ersterer war der Akzeptanzverlust jedoch geringer. Schließlich zeigen auch die Arbeiten von Guderian (2007) und Glowinski (2007) mittelfristig ein Sinken des Interesses nach einem Besuch im Schülerlabor.

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der berücksichtigten Studien zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen.

| Studie | Variablen | Probanden | Design | Besonderheiten |
|---|---|--|---|--|
| Engeln (2004), Physik | „ Laborvariablen “: Authentizität, Offenheit, Zusammenarbeit, Herausforderung, Verständlichkeit „ Persönlichkeitsmerkmale “: Aktuelles Interesse, Sachinteresse, Selbstkonzept, Fachinteresse, Geschlecht | 9./10. Jahrgangsstufe, vorrangig Gymnasium, n=334 (1. Befragung), n=265 (2. Befragung) | Intervention mit Nachttest und Follow-Up zwölf Wochen später | Betrachtung von fünf Schülerlaboren |
| Brandt (2005), Chemie | Fachbezogenes Selbstkonzept, Geschlechterstereotype, Sachinteresse, persönliche Bedeutsamkeit, Faszination an Phänomenen, intrinsische Motivation, extrinsische Motivation, Freude am Schulfach, Freizeitinteresse, Berufsinteresse | 7./8. Jahrgangsstufe, verschiedene Schultypen, n= 494 | Vor- und Nachttest mit Follow-Up vier Monate später | Kontrollgruppendesign |
| Scharfenberg (2005), Biologie | Akzeptanz, Wissenserwerb, Interesse | 12. Jahrgangsstufe, n=314 | Vor- und Nachttest mit Follow-Up sechs Wochen später | Kontrollgruppendesign |
| Guderian (2007), Physik | Aktuelles Interesse, Sachinteresse | 5./8. Jahrgangsstufe, n=93 | Vor- und Nachttest | Mehrmalige Besuche, Einbindung in den Unterricht |
| Priemer et al. (2007), fachübergreifend | Epistemische Komponente des aktuellen Interesses | Verschiedene Jahrgangsstufen, n=709 | Intervention mit Nachttest | Verschiedene Projekte eines Schülerlabors |
| Glowinski (2007), Biologie | u. a. individuelles Interesse, aktuelles Interesse | Sekundarstufe II, Vorstudie n=458, Hauptstudie n=378 | Intervention mit Nachttest und Follow-Up zehn bis zwölf Wochen später | Betrachtung von fünf Schülerlaboren |

Ansteigen der Ausprägung affektiver Merkmale durch einen Besuch

Während Engeln (2004) und Scharfenberg (2005) zeigen, wie sich die Wirkung eines Schülerlabors nach einem Besuch entwickelt, verdeutlichen Brandt (2005) und Guderian (2007), dass dem beobachteten Abfallen ein nachweisbares Ansteigen durch den Besuch vorangeht.

Brandt (2005) betrachtete einen einmaligen Schülerlaborbesuch mit Hilfe eines Pre-Posttest-Designs mit Follow-Up. Festgestellt wurde, dass das Selbstkonzept, die intrinsische Motivation für das Fach Chemie und zu bestimmten Teilen auch das Sachinteresse an Chemie bei 7- bzw. 8-Klässlern durch den Besuch kurzfristig signifikant positiv beeinflusst wurden.

Im Gegensatz zu Engeln (2004), Brandt (2005) und Scharfenberg (2005) betrachtete Guderian (2007) nicht nur einmalige Besuchereignisse, sondern drei Besuche eines Schülerlabors in einem Abstand von jeweils acht Wochen. Erhoben wurde das aktuelle Interesse mit Fragebögen, die der Untersuchung von Engeln (2004) entnommen waren und direkt nach einem Besuch und wenige Tage vor dem darauffolgenden ausgefüllt wurden. In Übereinstimmung mit Brandt (2005) zeigte sich ein signifikant positiver Einfluss des Besuchs auf die jeweiligen Interessenkomponenten (mit großen Effektstärken). Darauf folgte ein signifikantes Abfallen in den Wochen zwischen den Interventionen (ebenfalls mit großen Effektstärken). Dieses Ergebnis wurde sowohl in der 5. als auch in der 8. Klassenstufe gefunden.

Einbindung in den Unterricht

Guderian (2007) macht deutlich, dass eine enge Einbindung der Besuchereignisse in den Unterricht positive Effekte mit sich bringen kann (siehe auch Guderian, Priemer & Schön, 2006). Die Einbindung wurde über die Verwendung eines speziellen Curriculums zur phänomenologischen Anfangsoptik als Gerüst sowohl für den Unterricht in der Schule als auch für die Projekte im Schülerlabor realisiert. (Die Instruktion im Schülerlabor soll hier vereinfachend als Projekt bezeichnet werden, obwohl im strengen Sinne kein Projektunterricht, sondern ein projektorientierter Unterricht vorliegt.)

Die Werte der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 8. Klassen ohne eine Einbindung fielen nach einem besuchsbedingten Ansteigen wieder ab. Die entsprechenden Werte von Schülern, deren Besuche in den Unterricht integriert waren, zeigten dagegen einen konstanten Verlauf. Das Interesse stieg direkt nach einem Besuch zwar nicht an, es fiel in den folgenden Wochen aber auch nicht wieder ab (vgl. auch Jarvis & Pell, 2005).

Auch Glowinski (2007) berichtet einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Einbindung des Besuchs in den Unterricht und dem Interesse an Experimenten, am Kontext und an der Authentizität. Ferner korreliert der Grad der Vorbereitung mit dem aktuellen Interesse (z. B. mit der epistemischen Komponente).

Trotz der offenbar besonderen Bedeutung einer Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen zeigt die Praxis jedoch, dass Besuche in einem nur

unzureichenden Maße in den Unterricht eingebunden sind. Engeln (2004) gibt an, dass bei lediglich einem Viertel der Probanden der Besuch des Schülerlabors zumindest kurz angesprochen wurde. Blickt man über die Schülerlaborforschung hinaus, so lässt sich feststellen, dass auch im museumspädagogischen Bereich eine Einbettung der Besuche von Museen oder Science Centern in den Unterricht zwar oft gefordert wird (Hofstein & Rosenfeld, 1996; Griffin & Symington, 1997), aber selten stattfindet (Griffin, 1994; Griffin & Symington, 1997; Tal, Bamberger & Morag, 2005).

Abgesehen von den angeführten kurz- und mittelfristigen Effekten werden keine langfristigen Einflüsse motivationsbezogener Persönlichkeitsmerkmale berichtet. So stellt Guderian (2007) fest, dass sich das Sachinteresse an Physik für alle Untersuchungsgruppen während eines Schulhalbjahres nicht veränderte. Ein ähnliches Resultat liefern auch Brandt (2005) und Scharfenberg (2005).

3.2 Altersunterschiede

Ein bedeutsamer Einflussfaktor von Schülerlaborbesuchen auf Persönlichkeitsmerkmale stellt das Alter der Schüler dar. Guderian (2007) berichtet, dass bezüglich des aktuellen Interesses zwischen Schülern der 5. und der 8. Jahrgangsstufe zum Teil signifikante Unterschiede bestehen. Über den gesamten Interventionszeitraum mit drei Besuchen eines Schülerlabors bewegten sich die Werte der wertbezogenen und vor allem der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses der Fünftklässler auf signifikant höherem Niveau als die der Achtklässler (große Effektstärken).

Dies ist insofern konform mit dem Ergebnis der IPN-Interessenstudie (Hoffmann & Lehrke, 1986; Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998), als dass das Interesse von Schülern, insbesondere an Physik, im Laufe der Schullaufbahn abfällt. Offenbar ist die Situation bei Besuchen in einem Schülerlabor ähnlich, wie Priemer et al. (2007) feststellen: Mittels einer Querschnittsuntersuchung in einem großen Schülerlabor wurde gezeigt, dass zwischen 12- und 19-jährigen Schülern, die physikalisch orientierte Lerneinheiten eines Schülerlabors durchliefen, ein signifikanter Unterschied in der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses vorlag, der sich in höheren Werten für die jüngeren Schüler ausdrückte.

Dass aber auch bei jüngeren Schülern nicht ohne Weiteres mit einer nachhaltig positiven Wirkung auf das Interesse zu rechnen ist, belegt Guderian (2007). Bei fehlender Einbindung der Besuche in den Unterricht traten auch bei Schülern der 5. Jahrgangsstufe „nur“ kurzfristige Interesseneffekte auf.

3.3 Fächerunterschiede

Bislang wurde der Schülerlaborbesuch als ein von den zu vermittelnden Inhalten losgelöstes Ereignis dargestellt. Dass man aber auch hier differenzieren

muss, zeigen Priemer et al. (2007). In der bereits erwähnten explorativen Querschnittstudie wurde untersucht, wie unterschiedlich einzelne Lernangebote eines Schülerlabors die epistemische Komponente des aktuellen Interesses beeinflussen. Es zeigte sich, dass sich dessen Ausprägung bzgl. der Schulfächer (Physik, Chemie, Biologie, Geographie und Mathematik) teilweise erheblich unterschied. Wie auch in der Schule, war das Interesse für Physik und Chemie gegenüber den anderen Fächern deutlich geringer. Diese Ergebnisse sind insofern unsicher, als dass verschiedene Probanden miteinander verglichen wurden, die jeweils nur ein Projekt besuchten. Dennoch weist dies auf die Möglichkeit hin, dass sich die grundlegende Verteilung der Fachinteressen auch bei Besuchen eines Schülerlabors zeigen kann.

3.4 Internationale Studien zur Wirksamkeit

Bevor Ergebnisse internationaler – insbesondere amerikanischer – Studien vorgestellt werden, sollen die amerikanischen Bedingungen der Gestaltung und Nutzung außerschulischer Lernorte thematisiert werden, da sich diese nicht vorbehaltlos mit deutschen Schülerlaboren vergleichen lassen. Während in Schülerlaboren in Deutschland hauptsächlich ganztägiges von den Schülerlabor-Betreibern als Unterricht konzipiertes projektorientiertes Experimentieren praktiziert wird, findet man in den USA vorwiegend Ausstellungsangebote zu naturwissenschaftlichen Themen. Diese werden nur z. T. durch eintägige Projektkurse begleitet. In der amerikanischen Bildungslandschaft findet man daher vorwiegend *Science Centers*, *Museums* oder an Firmen und Fabriken von Großkonzernen angeschlossene *Educational Centers* oder *Science Laboratories*. Diese zeichnen sich durch die Bereitstellung einer Lernumgebung mit einer Anzahl ausstellender und interaktiver Experimente aus, die häufig „Hands on“-Aktivitäten beinhalten. Es obliegt der begleitenden Lehrperson, Lernprozesse, die durch die Exponate angeregt werden, zu leiten. Ansonsten verläuft eine Beschäftigung mit beispielsweise einem Exponat auf sehr oberflächlicher Ebene. Wellington (1990) sowie Rix und McScorley (1999) stellten fest, dass „höherwertiges Wissen“ bei solchen Besuchen nur schwerlich induziert werden kann. Hingegen wird von vielen Autoren angemerkt, dass eine Steigerung von affektiven Merkmalen wie Motivation und Interesse die Schüler bei der Entwicklung von kognitiven Fähigkeiten empfänglicher macht. Kern und Carpenter (1986) bemerken dazu: "[T]here appears to be a cause and effect relationship between the affective and cognitive: an increase in the affective responses of a student toward or in a given learning experience leads to higher levels of motivation which, in turn, should result in improved learning."

Ein Besuch in einem Science Center bzw. die Forschung daran wurde trotzdem über viele Jahre vor-

rangig nur über kognitive Gesichtspunkte durchgeführt, obwohl (oder vielleicht gerade weil) Einvernehmen herrschte, dass die Stärken eines Museums in der Förderung affektiver Aspekte zu finden sind. Begründet ist dies in der besonderen Wertschätzung des Lernerfolges, der im Zentrum der Forschung steht. Das kann ein Grund sein, warum in den USA nur wenige Studien zur affektiven Wirksamkeit von Schülerlaboren durchgeführt wurden.

Es werden im Folgenden Ergebnisse einer 1991 von Rennie und Elliot durchgeführten Studie mit 143 Schülern der Klassenstufen 9 bis 11 dargestellt, die sich als eine der wenigen Studien auch schwerpunktmäßig mit der Beeinflussung von affektiven Persönlichkeitsmerkmalen durch den Besuch eines Science Education Centers beschäftigte. Grund hierfür ist die von Rennie (1994) vor Beginn der Studie in Deckung zu Wellington (1990) sowie Rix und McScorley (1999) postulierte These, dass die Steigerung von affektiven Eigenschaften die Schüler bei der Entwicklung von kognitiven Aspekten empfänglicher macht: "If learners consider their experiences during the visit to be rewarding and enjoyable, then it is likely they will be receptive to subsequent related instruction. [...] In other words, an enjoyable and successful visit experience is an important outcome because it can predispose the learner to engage in further cognitive learning." Die Autorin entwickelte ein Konstrukt mit drei Dimensionen affektiver Wirkung eines Center-Besuchs: „Easiness“, „Enjoyment“ und „Helpfulness“. Erhoben werden Schülereinschätzungen zu Fragen wie „How easy was it for you to understand the instructions/ use the equipment etc.“ und „How much did you enjoy using the equipment/ the whole visit to the lab etc.“ auf einer Skala von 1 bis 5. Hohe Werte in der Kategorie *Enjoyment* lassen Rennie schließen, „[that] students found the visit experience enjoyable“. Dies gilt insbesondere für die Arbeit in Kleingruppen. Die Studie zeigte, dass Schüler Erfolgserlebnisse erfahren, da die angebotenen Aktivitäten aus Schülersicht angemessen einfach durchzuführen sind und zu Ergebnissen führten. In Übereinstimmung mit Engeln (2004), Brandt (2005), Priemer, Kirchner & Guderian (2007) konnten – abgesehen vom leicht höheren Gefallen der Mädchen an Gruppenarbeit – keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in den affektiven Merkmalen gefunden werden. Die Studie fand

Hinweise darauf, dass sich eine vor- oder nachbereitende Instruktion auf den wahrgenommenen Erfolg (*easiness*) und den Gefallen (*enjoyment*) an dem Besuch auswirkt, wie dies auch in Guderian (2007) anklingt. Schließlich wurde ebenfalls gefunden, dass die positiven affektiven Einflüsse des Besuchs mit längerem Abstand zu diesem abnehmen, also die Ergebnisse von Engeln (2004) widerspiegelt werden, ohne dass die Autoren jedoch differenzierter darauf eingehen.

Insgesamt findet man, dass die Mehrheit an Aussagen US-amerikanischer Literatur bzgl. der Entwicklung affektiver Merkmale von Erwartungen bestimmt und weniger generiert aus fundierter empirischer Forschung ist. Rennie (1994) aber auch Hofstein und Lunetta (2003) mahnen daher die geringe Zahl der Forschungsarbeiten zu affektiven Gesichtspunkten an. Speziell vor dem Hintergrund, dass Schüler an dem Besuch eines außerschulischen Lernortes großen Gefallen finden, mutet es überraschend an, dass sich die Forschung in den USA bislang nicht eingehender mit diesem Sachverhalt beschäftigt hat wie dies zur Zeit in Deutschland geschieht.

4. Diskussion

Trotz der großen Heterogenität der Studien in Bezug auf Fach, Probanden, Operationalisierung der evaluierten Konstrukte, Schülerlabor etc. sind übergreifende Ergebnisse erkennbar. Im Hinblick auf affektive Persönlichkeitsmerkmale sind bei ein- oder mehrmaligen Schülerlaborbesuchen statistisch bedeutsame Effekte messbar. Schülerlabore sind zunächst also gut in der Lage, Interesse zu wecken. Dies kann als erfreuliches Ergebnis gewertet werden. Dennoch bleibt kritisch anzumerken, dass diese Effekte in der Regel kurzfristig bleiben, bereits einige Wochen nach Besuch eines Schülerlabors verschwindet die Wirkung wieder. Hier besteht deshalb ein nachweisbarer Optimierungsbedarf, der sich aus allen Studien übergreifend folgern lässt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass losgelöste Besuche eines Schülerlabors allein nicht ausreichend sind, nachhaltige Effekte im Sinne langfristiger Wirkungen der Interessenentwicklung bei Schülern auszulösen. Damit wird klar aufgezeigt, dass die Praxis in dieser Hinsicht verbesserungsbedürftig ist. Die fehlende Nachhaltigkeit kann im Lichte des großen finanziellen und personellen

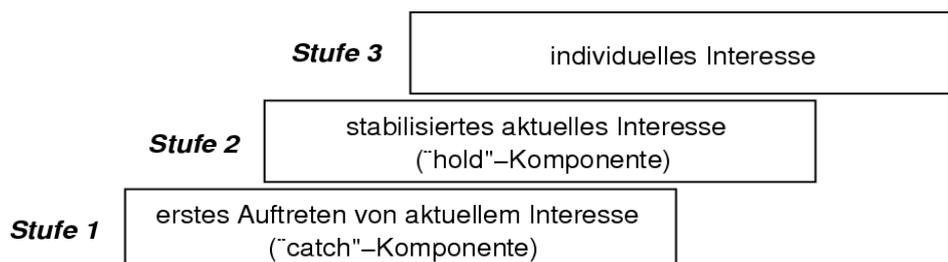


Abbildung 1: Interessengenesenach Krapp (2002) und Mitchell (1993).

Aufwandes durchaus ernüchternd erscheinen und ist ein Problem, mit dem sich die fachdidaktische Forschung und die Betreiber von Schülerlaboren kritisch auseinandersetzen müssen.

Die vorliegenden Ergebnisse sind vor dem Hintergrund psychologischer Forschungsergebnisse jedoch gut erklärbar. Vor allem hinsichtlich der Interessengenese scheint es naheliegend, dass „nur“ kurzfristige Effekte durch den Besuch von Schülerlaboren oder ähnlichen Einrichtungen induziert werden können. Zieht man beispielhaft Erkenntnisse aus der Theorie zur Interessengenese nach Krapp (2002) und Mitchell (1993) heran, so stellt sich die Ausbildung von inhärenten Interessendispositionen als sehr langwieriger Prozess dar, der nur durch passende Rahmenbedingungen erfolgreich durchlaufen werden kann. Die Interessengenese lässt sich dabei als Stufenfolge veranschaulichen, die mit dem ersten Wecken von Interesse beginnt (Abbildung 1). Bestimmte Facetten einer Lernumgebung, so genannte „catch“-Komponenten, sorgen für das „Einfangen“ der Schüler. Mitchell (1993) stellt für den Mathematikunterricht fest, dass dies z. B. durch Maßnahmen wie Gruppenarbeit oder Arbeit am PC im Schulunterricht gewährleistet werden kann. Darüber hinaus hat Glowinski (2007) das Experimentieren, die Anbindung an Kontexte und die Authentizität als Interesse auslösende Faktoren identifiziert. Die zweite Stufe der Interessengenese, eine Stabilisierung des geweckten Interesses, erfordert dagegen Mittel, die den Schülern eine gewisse Sinnhaftigkeit und Bedeutsamkeit aufzeigen (Mitchell, 1993). Diese werden „hold“-Komponenten genannt. Eine Identifizierung konkreter „hold“-Maßnahmen gestaltet sich als schwierig, auch in der einschlägigen Literatur sind kaum konkrete Hinweise zu finden.

Erst wenn Rahmenbedingungen ein Erreichen der zweiten Stufe möglich machen, kann es durch Änderungen in der Persönlichkeitsstruktur eines Individuums dazu kommen, dass eine Person sich aus eigenem Antrieb mit dem Interessengegenstand beschäftigt: Das anfangs nur kurz- oder mittelfristig auftretende aktuelle Interesse führt zu einem individuellen Interesse, die dritte Stufe ist erreicht und der Internalisierungsprozess beendet.

Isolierten Schülerlaborbesuchen gelingt es den Ergebnissen der bisherigen Forschung nach offenbar sehr gut, „catch“-Facetten bereitzustellen. Dies wird vermutlich erreicht durch besonders stimulierende Experimente, kognitive Konflikte oder durch die Ausflugsituation an sich. (Forschung, die sich der genauen Identifikation konkreter „catch“-Faktoren im Schülerlaborkontext annimmt, steht noch aus.) In Ermangelung passender Rahmenbedingungen bleibt die Wirkung von Schülerlaborbesuchen jedoch überwiegend kurzfristig: Dem „Catching“ folgt kein „Holding“ (Guderian et al., 2006, 147.). Die Ergebnisse aus Guderian (2007) lassen aber vermuten, dass eine Einbindung der Besuche

in den Unterricht für eine Stabilisierung des Interesses sorgen kann. Hier liegen offenbar „hold“-Faktoren vor. Die Schüler erkennen eine Sinnhaftigkeit in den Besuchen des Schülerlabors, da Inhalte des Unterrichts aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

Für eine weitere Anwendung der Interessentheorie auf die Schülerlaborforschung spricht der Einfluss des individuellen Interesses vor den Besuchen auf die Entwicklung des aktuellen Interesses. Guderian (2007), Glowinski (2007) und Engeln (2004) stellen fest, dass sich das aktuelle Interesse von Schülern vor allem dann positiv entwickelt, wenn vorher entsprechende Dispositionen vorliegen. Dies geht konform mit Ansätzen der Interessentheorie, die voraussagt, dass Handlungen durch bestehende Interessen begünstigt werden können (Eder, 1992). Entsprechend verhält es sich mit den altersabhängigen Effekten, die in Guderian (2007) und Priemer et al. (2007) berichtet werden.

Nützliche Hinweise kann weiterhin die museumspädagogische Forschung zum so genannten „Novelty Factor“ bzw. „Novelty Space“ liefern (Balling & Falk, 1980; Falk, 1983; Martin, Falk, & Balling, 1981). So zeigt sich, dass bei Besuchen in Science Centern, Museen oder allgemein bei Exkursionen das Zusammenspiel zwischen ungewohnter Umgebung und neuen Inhalten das Lernen behindern kann. Orion et al. identifizieren drei Aspekte, die den „Novelty Space“ aufspannen und die es gilt, auf ein minimales Maß zu verringern, um die pädagogische Effektivität zu steigern: geographische, psychologische und kognitive Faktoren (Orion, 1989, 1993; Orion, Hofstein, Tamir & Giddings, 1997). Entsprechend aufbereitete Vorbereitungsmaßnahmen können den Erfolg einer Exkursion deshalb steigern (Orion & Hofstein, 1994). Eine Übertragung auf die Schülerlaborsituation scheint daher ein vielversprechender Ansatz zur Generierung von konkreten Handlungsanweisungen. Das Erfordernis für weitere Forschung auf diesem Gebiet mit speziellem Fokus auf die besonderen Rahmenbedingungen von Schülerlaborbesuchen ist daher evident.

5. Desiderate zukünftiger Forschung

Die Auswertung der Ergebnisse der Schülerlaborforschung führt zu Fragen, die durch die bislang durchgeführten Studien nicht beantwortet bzw. die durch die Ergebnisse erst aufgeworfen wurden. Weiterhin sind viele der Erkenntnisse bislang nicht hinreichend abgesichert. Der Explorationsphase sollten nun Studien folgen, die hypothesenüberprüfenden Charakter haben. (Dies ist z. B. bei Engeln (2004) der Fall, da mit Pawek, Hillebrandt und Euler (2006) eine überprüfende Untersuchung durchgeführt wird. Genauere Ergebnisse wurden jedoch bislang nicht publiziert.)

In den folgenden Abschnitten werden zentrale Problembereiche angesprochen und Ansätze ange-

deutet, wie diesen Problemen begegnet werden kann. Diese Ansätze können einen Weg aufzeigen, wie Schülerlaborforschung in Zukunft gestaltet werden kann. Allerdings kann es dieser Beitrag nicht leisten, ein fertiges theoretisches Rahmenmodell vorzustellen. Diese Arbeit muss an anderer Stelle ausgeführt werden.

5.1 Zielsetzungen von Schülerlaboren

In Abschnitt 2 wurden Ziele von Schülerlaboren vorgestellt. Leider finden sich nur selten konkrete, sondern vielmehr eher pauschale Ziele bei Betreibern von Schülerlaboren. (Zum Beispiel heißt es beim Göttinger XLAB: „Durch eigenes Experimentieren sollen Naturwissenschaft und Technik erfahrbar und leichter verständlich werden.“) Viele solcher allgemeinen Ziele lassen sich nur schwer auf wissenschaftlich erhebbare Variablen abbilden. Daraus begründet sich die zum Teil sehr heterogene Forschungslandschaft. Denn es ist eine große Herausforderung, aus den Zielsetzungen von Schülerlaboren adäquate Konstrukte zu identifizieren, die psychologisch wie auch pädagogisch begründ- und evaluierbar sind. Folge davon ist die zwangsweise Beschäftigung mit nur jeweils einigen Teilaspekten, die wiederum verschiedene Konstrukte erfordern. So erhoben beispielsweise Engeln (2004), Glowinski (2007) und Guderian (2007) das aktuelle Interesse, Brandt (2005) die intrinsische Motivation und Scharfenberg (2005) wiederum eine davon abweichende Operationalisierung des Interesses. Ferner zielen auch nicht alle Angebote eines Schülerlabors auf gleiche Zielsetzungen ab. Zum Beispiel möchten Projekte in der Biologie über Genforschung viel mehr informieren und aufklären, als potenziellen Nachwuchs zu rekrutieren.

Mit diesen Schwierigkeiten einher geht zusätzlich die Frage, ob die Gestaltung der Angebote überhaupt geeignet ist, die sehr unkonkreten Zielvorstellungen der Schülerlaborbetreiber zu erfüllen. Eine theoretisch fundierte Argumentation auf pädagogischer Ebene ist bei Schülerlaboren meist nicht zu finden. Vielmehr bieten Schülerlabore aus den jeweils gegebenen Rahmenbedingungen gewachsene Angebote an, die nicht ursprünglich an die Erfüllung bestimmter Ziele angepasst sind. Dies ist unproblematisch, solange an diese sehr ungenauen Zielsetzungen keine Wirksamkeit gekoppelt ist, die einer wissenschaftlich-fundierten Überprüfung unterzogen wird. Wird dies aber angestrebt – und das sollte zur Steigerung der Qualität der Einrichtungen der Fall sein –, müssen sowohl Fachdidaktiker als auch Schülerlaborbetreiber und Lehrkräfte die Instruktion in den Projekten kritischer reflektieren. Zu fordern ist daher die Formulierung konkreter Ziele mit entsprechend ausgestalteten Angeboten durch die Schülerlabore. Dann erst kann es die fachdidaktische Forschung leisten, diese Ziele zu operationalisieren, die Angebote daran angelehnt zu evaluieren und damit rückkoppelnd auf Anpassun-

gen hinzuwirken, um Angebote zu verbessern und begleitende Maßnahmen zu entwickeln.

5.2 Klassifikation von Schülerlaboren

Ein weiteres grundsätzliches Problem stellt die begrenzte Vergleichbarkeit der vorliegenden Studien dar, weil sich unter dem Sammelbegriff „Schülerlabor“ sehr verschieden ausgerichtete Einrichtungen verbergen. Hinsichtlich der Verallgemeinerbarkeit ist es deshalb nötig, Schülerlabore und ihre Angebote zu klassifizieren und zu kategorisieren.

Die Ergebnisse eines Vergleichs von fünf Schülerlaboren in Engeln (2004) deuten darauf hin, dass sich Labore in ihrer Wirkung auf die erhobenen Variablen sehr unterscheiden können. Auch verschiedene Angebote eines einzelnen Schülerlabors wirken teilweise sehr unterschiedlich (Priemer et al., 2007). Rückschlüsse auf spezielle Parameter der Schülerlabore und deren Wirksamkeit lassen sich dabei aus diesen Studien kaum ziehen. Zwar wurden die Schülerlabore in Engeln (2004) nach so genannten „Laborvariablen“ charakterisiert, jedoch wurden die Ausprägungen dieser Variablen über Schülereinschätzungen gewonnen. Es ist dabei unklar, inwieweit die Wahrnehmungen der Schüler, die ja jeweils nur ein einziges Schülerlabor besucht haben, mit objektiv erhebbaren Charakteristika übereinstimmen. Aufgrund der Anonymisierung der untersuchten Schülerlabore in jener Arbeit lässt sich ferner nicht erschließen, welchen Laboren welche Merkmale zugeordnet wurden. Trotzdem bieten die von Engeln (2004) vorgeschlagenen Laborvariablen schlüssige Ansatzpunkte. Allerdings muss einer überzeugenden Klassifikation von Schülerlaboren eine nachvollziehbare Definition dieser Laborvariablen voraus gehen. Als geeignete Parameter könnten dienen:

Authentizität

Zunächst stellt sich die grundsätzliche Frage, welches Merkmal mit „Authentizität“ beschrieben wird. Chinn und Malhotra (2002) weisen außerhalb des Kontexts Schülerlabor darauf hin, dass sich die „authentische“ Erkenntnisgewinnung in der Forschung von der Erarbeitung von Inhalten in der Schule deutlich unterscheidet. Dies trifft auch auf Schülerlabore zu, die ja in ihrer Instruktion näher am Schulunterricht als an den Verfahren der Forschung orientiert sind. Es ist dementsprechend zu diskutieren, ob sich ein „authentischer“ Ansatz lediglich über das Tragen von Laborkitteln oder das Nutzen spezieller elaborierter experimenteller Geräte erreichen lässt. Zu klären ist deshalb die Frage, was unter Authentizität bei Schülerlaboren im Sinne einer Definition verstanden werden soll. Hier können Erkenntnisse aus der didaktischen Forschung zu Schüleransichten über „Nature of Science“ wichtige Hinweise liefern. Erst dann kann eine Einordnung erfolgen.

Experimente und Inhalte

Neben räumlichen und ausstattungsbezogenen Rahmenbedingungen von Schülerlaboren haben auch inhaltliche Aspekte einen großen Einfluss. Priemer et al. (2007) zeigen, dass die konzeptionell und inhaltlich verschiedenen Angebote eines einzelnen Schülerlabors bereits signifikant unterschiedliche Ergebnisse aufweisen. Das deutet darauf hin, dass Inhalte und methodische Zugänge von besonderer Wichtigkeit sein können. Insbesondere die Art der experimentellen Herangehensweise könnte sehr unterschiedlich auf die Schüler wirken. Eine Klassifizierung der Experimentiertätigkeiten ähnlich wie es für den Physikunterricht in Tesch und Duit (2004) durchgeführt wurde, wäre demzufolge auch für Schülerlabore notwendig. Parameter wie Offenheit (Priemer & Kirchner, 2007), Maß der Selbständigkeit, Verfahren der Datenaufnahme und -aufbereitung, Art der Integration der Experimente in den Projektverlauf usw. könnten wichtige Einflussgrößen auf affektive aber auch kognitive Lernziele sein.

Informeller Charakter der Lernorte

Mit der Authentizität und der methodischen Aufbereitung der Inhalte allein ist die Ursache für die Wirksamkeit von Schülerlaboren nur unzureichend bestimmt. Weitere Parameter könnten sich ebenfalls als einflussreich erweisen. In Bezug auf die positive Entwicklung von Interesse zeigten z. B. auch Schülerlabore Wirkung, deren Fokus auf die Erfahrbarmachung von Naturwissenschaften liegt mit dem Ziel, Vorbehalte und Ängste abzubauen. Dies zeigt Guderian (2007) anhand eines Schülerlabors, welches weniger die wissenschaftliche Nähe als vielmehr den Alltagsbezug in den Vordergrund stellt. Verglichen mit den Schülerlaboren aus Engeln (2004) liegen grundlegende Unterschiede hinsichtlich der „Authentizität“ (nach Definition von Engeln, 2004) vor. Hinsichtlich motivationsbezogener Größen werden aber ähnliche Effekte berichtet.

Es lässt sich zusammenfassend festhalten, dass in Zukunft Studien notwendig sind, die systematisch die vermutlich bedeutsamen Variablen im Sinne einer Klassifikation untersuchen. Wie in diesem Abschnitt dargestellt, könnten mögliche Kriterien dabei die folgenden sein:

- formelle und informelle Ausprägung,
- Forschungsnähe bzw. „Authentizität“,
- methodischer und didaktischer Ansatz,
- Art des Experimentierens (offen, Rezepten folgend etc.),
- Ort des Labors (Universität, Forschungslabor etc.),
- räumliche Gegebenheiten (Ausstattung, Architektur etc.),
- Themen und Fachzuordnung,
- Altersstufe,
- zeitlicher Ablauf (Dauer),

- originäre Fähigkeiten der Betreuer und deren Berufsausbildung,
- ...

5.3 Nachhaltigkeit

Zunächst kann als Erfolg gewertet werden, dass ein Schülerlaborbesuch messbare Effekte z. B. hinsichtlich der Interessensteigerung zeigt. Allerdings muss kritisch hinterfragt werden, ob dieser kurzfristige Effekt bereits zufriedenstellend ist. Um den großen finanziellen und personellen Aufwand zu rechtfertigen, sollte der Blick u. E. auch auf längerfristige Effekte ausgerichtet sein.

Im Gegensatz zu losgelösten Besuchen scheinen eine Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen im Unterricht positive und auch mittelfristig nachhaltige Effekte auf affektive Lernziele wie z. B. dem Interesse (Guderian et al., 2006, Glowinski, 2007) zu ergeben. Um die pädagogische Wirksamkeit von einzelnen Schülerlaborbesuchen zu erhöhen, müssen daher entsprechende Rahmenbedingungen bereitgestellt werden. Praxisrelevante Folgerungen sind aus Guderian (2007) jedoch nur eingeschränkt zu ziehen. Der dort vorliegende enge Wechselbezug zwischen Projekten im Schülerlabor und dem Schulunterricht ist in der Regel selten zu realisieren. Vor allem vor dem Hintergrund der Gewinnung von Handlungsempfehlungen müssen daher neue Konzepte entwickelt und evaluiert werden.

6 Abschließende Bemerkungen

Dieser Beitrag berichtet den Stand der Forschung zu schülerbezogenen Zielen von Schülerlaboren mit Blick auf die Interessenentwicklung. Es zeigt sich ein insgesamt recht heterogenes Bild der Forschung. Dies lässt sich zum einen auf die sehr unterschiedlichen Ausrichtungen der Schülerlabore, aber auch zum anderen auf die sehr unkonkreten Zielvorstellungen von Schülerlaborbetreibern zurückzuführen. Dennoch wurden in den berücksichtigten Forschungsarbeiten Parallelen entdeckt, die eine Verallgemeinerung der zentralen Erkenntnisse plausibel erscheinen lassen. Kernergebnis und z. T. auch Hauptproblem ist dabei die Kurzfristigkeit der Effekte auf affektiver Ebene. Um Schülerlaborbesuche effektiver zu gestalten, müssen daher Ansatzpunkte gefunden werden, die eine langfristige Wirkung erreichen. Erste Hinweise darauf sind in diesem Beitrag angedeutet worden und weisen auf die Wichtigkeit von Vor- und Nachbereitungen hin. Dies ist ein Erfordernis, welches sich bislang jedoch noch nicht in der Handlungspraxis bei Schülerlaboren durchgesetzt hat. Neben der Entwicklung theoretisch fundierter Ansätze bleibt die Begleitforschung auch weiterhin ein wichtiges Instrument zur Steigerung der Qualität von Schülerlaboren. Unterstützt durch eine tiefe und kritische Auseinandersetzung kann man nur so berechtigte Hoffnungen haben, dass sich der große finanzielle und personelle

le Aufwand von Schülerlaboren im Sinne eines nachhaltigen pädagogischen Mehrwertes niederschlägt. Das Ziel sollte damit sein, Schülerlabore als pädagogisch und didaktisch wertvolle Ergänzung zum Unterricht in der Schule zu etablieren.

7. Literatur

- Balling, J. D. & Falk, J. H. (1980). A Perspective in Field Trips: Environmental Effects on Learning. *Curator* 23, 229-240.
- Brandt, A. (2005). Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Brechel, R., Palmer, A. & Schön, L.-H. (2003). UniLab – Ein Schülerlabor und mehr in Berlin-Adlershof. In: Pitton, A. (Hrsg.). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Jahrestagung in Flensburg 2002. Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie. Münster: Lit Verlag, 69-71.
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education* 86(2), 175-218.
- Eder, F. (1992). Schulklima und Entwicklung allgemeiner Interessen in der Schule. In: Krapp, A. & Prenzel, M. (Hrsg.) Interesse, Lernen, Leistung. Münster: Aschendorff, 165-194.
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag.
- Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 16, 4-12.
- Falk, J. H. (1983). Field trips: A look at environmental effects on learning. *Journal of Biological Education* 17, 137-142.
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Universität Kiel. http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_2564
- Griffin, J. (1994). Learning to learn in informal science settings. *Research in Science Education* 24, 121-128.
- Griffin, J. & Symington, D. (1997). Moving from Test-Oriented to Learning-Oriented Strategies on School Excursions to Museums. *Science Education* 81(6), 763-779.
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Humboldt-Universität zu Berlin. <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?lang=ger&id=27927>.
- Guderian, P., Priemer, B. & Schön, L. (2006). In den Unterricht eingebundene Schülerlaborbesuche und deren Einfluss auf das aktuelle Interesse an Physik. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 5(2), 142-149.
- Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986). Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik* 32(2), 189-204.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie. Kiel: IPN.
- Hofstein, A. und Lunetta, V. N. (2003) The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education* 88(1), 28-54.
- Hofstein, A. & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning. *Studies in Science Education* 28, 87-112.
- Jarvis, T. & Pell, A. (2005). Factors Influencing Elementary School Children's Attitudes toward Science before, during, and after a visit to the UK National Space Centre. *Journal of Research in Science Teaching* 42(1), 53-83.
- Kern, E. L. und Carpenter, J. R. (1986). Effect of Field Activity on Student Learning. *Journal of Geological Education* 34, 180-183.
- Kirchner, S. & Priemer, B. (2007). Probleme von Schülern mit offenen Experimentieraufgaben in Physik. In: Höttecke, D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Jahrestagung in Bern 2006, Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Münster: Lit Verlag, 346-348.
- Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt - Bestimmungsmerkmale der Interessenshandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Person-Gegenstand-Konzeption. In: Krapp, A. & Prenzel, M. (Hrsg.), Interesse, Lernen, Leistung. Münster: Aschendorff, 9-52.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie und Erziehung im Unterricht* 44, 185-201.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction* 12, 383-409.
- Krüger, G. & Schön, L.-H. (2007). "Lernen durch Lehren" im UniLab Schülerlabor als Fortbildung für fachfremde Grundschullehrerinnen und Grundschullehrer. In: Höttecke, D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Jahrestagung in Bern 2006, Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Münster: Lit Verlag, 245-247.
- Leonhard, T. & Schallies, M. (2007). Lernen und Lehren im Schülerlabor (2). Coaching zukünftiger Lehrkräfte. In: Höttecke, D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Jahrestagung in Bern 2006, Naturwis-

- senschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Münster: Lit Verlag, 466-468.
- Martin, W. W., Falk, J. H. & Balling, J. D. (1981). Environmental Effects on Learning: The Outdoor Field Trip. *Science Education* 65, 301-309.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology* 85(3), 424-436.
- Orion, N. (1989). Development of a High-School Geology Course Based on Field Trips. *Journal of Geological Education* 14(1), 25-28.
- Orion, N. (1993). A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum. *School Science and Mathematics* 93(6), 325-331.
- Orion, N. & Hofstein, A. (1994). Factors that influence Learning during a Scientific Field Trip in a Natural Environment. *Journal of Research in Science Teaching* 31(10), 1097-1119.
- Orion, N., Hofstein, A., Tamir, P. & Giddings, G. J. (1997). Development and Validation of an Instrument for Assessing the Learning Environment of Outdoor Science Activities. *Science Education* 81, 161-171.
- Pawek, C., Hillebrandt, D. & Euler, M. (2006). Wie wirken Schülerlabore auf Jugendliche? In: Pitton, A. (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Jahrestagung in Paderborn 2005, Lehren und Lernen mit neuen Medien*. Münster: Lit Verlag, 257-259.
- Priemer, B. & Kirchner, S. (2007). Einstellungen von Schülern zu offenen Experimentieraufgaben in Physik. In: Höttecke, D. (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Jahrestagung in Bern 2006, Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. Münster: Lit Verlag, 343-346.
- Priemer, B., Kirchner, S. & Guderian, P. (2007). Ein Vergleich des Interesses von Schülern an Biologie, Chemie, Physik und Mathematik nach Besuchen in einem Schülerlabor. In V. Nordmeier (Hrsg.), *Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Regensburg 2006*.
- Rennie, L. J. (1994). Measuring affective outcomes from a visit to a science education centre. *Research in Science Education* 24, 261-269.
- Rix, C. und McSorley, J. (1999). An investigation into the role that school-based interactive science centres may play in the education of primary-aged children. *International Journal of Science Education* 21(6), 577-593.
- Scharfenberg, F. (2005). *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse*. Universität Bayreuth.
<http://opus.ub.uni-bayreuth.de/volltexte/2005/176/pdf/diss.pdf>
- Steffensky, M. & Wilms, M. (2006). Chemisches Experimentieren im Sachunterricht - welche Impulse geben Schülerlabore und Lehrerfortbildungen? *Chemkon* 13, 14-20.
- Tal, R., Bamberger, Y. & Morag, O. (2005). Guided School Visits to Natural History Museums in Israel: Teachers' Roles. *Science Education* 89, 920-935.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 10, 51-69.
- von Aufschnaiter, C. Dudzinska, M. Hauenschild & S., Rode, H. (2007). Lernprozesse im Schülerlabor anregen und evaluieren: Eine Untersuchung im TechLab der Universität Hannover. *MNU* 60(3), 132-139.
- Wellington, J. (1990). Formal and informal learning in science: the role of the interactive science centres. *Physics Education* 25, 247-252.
- Ziemek, H.-P. (2005). Wissenschaftliche Arbeitsweisen hochleistender Jugendlicher in einer kooperativen Lernsituation im Fach Biologie. *MNU* 58(4), 242-247.