

# Forschen statt Pauken

## Aktives Lernen im Schülerlabor

Katrin Engeln und Manfred Euler

**Neugier, Originalität und ein hohes Maß an Kreativität prägen die Forschung in Naturwissenschaft und Technik. Die entsprechenden Schulfächer vermitteln jedoch ein eher gegenteiliges Bild. Insbesondere Physik gilt als schwierig, langweilig und unattraktiv. Ist es möglich, durch geeignete Kontakte mit authentischer Forschung die negativen Einstellungen der Jugendlichen aufzubrechen und Anreize für eine aktive Auseinandersetzung mit physikalischen Themen zu schaffen? Eine empirische Studie über die Wirkung von Schülerlaboren zeigt, dass dies gelingen kann.**

Die Krise des naturwissenschaftlichen Unterrichts – gerade in den „harten“ Fächern Physik und Chemie – ist dank der ernüchternden deutschen Ergebnisse bei internationalen Vergleichsstudien von Schülerleistungen ins Bewusstsein der Öffentlichkeit gerückt. Die Bereitschaft, diese Fächer zu studieren oder einen damit zusammenhängenden Beruf zu ergreifen, ist besorgniserregend gering.

Mittlerweile gibt es intensive Bemühungen, die naturwissenschaftliche Grundbildung im Rahmen von verschiedenen Programmen zur schulischen Qualitätsentwicklung zu verbessern. Komplementär zu diesen außerschulischen Initiativen ist ein breites Spektrum an außerschulischen Bildungsangeboten entstanden. So genannte Schülerlabore, die von Industrie, Forschungseinrichtungen und Universitäten gegründet worden sind, spielen dabei eine besondere Rolle. Diese reagieren in ganz spezifischer Weise auf die Probleme des Lehrens und Lernens von Naturwissenschaften, indem sie Schülerinnen und Schülern Begegnungen mit moderner Forschung ermöglichen (Abb. 1).

Bemerkenswert sind der Ideenreichtum der Projekte, die Originalität ihrer Ansätze sowie das hohe Maß an Engagement der beteiligten Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftler und Lehrkräfte. Das Spektrum reicht von Initiativen, die von Einzelnen getragen werden, bis hin zu

großzügig ausgestatteten Schülerlaboren an Großforschungseinrichtungen. Trotz aller Unterschiede verfolgen die Schülerlabore gemeinsame Ziele. Sie wollen

- ▶ Interesse und Aufgeschlossenheit der Jugendlichen für Naturwissenschaften und Technik fördern;
- ▶ selbstständige Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen aktivieren;
- ▶ ein zeitgemäßes Bild von Naturwissenschaften und Technik und ihrer Bedeutung für die Gesellschaft vermitteln;
- ▶ Gelegenheiten schaffen, Tätigkeitsfelder und Berufsbilder im naturwissenschaftlich-technischen Bereich kennen zu lernen.

Das Feld außerschulischer Lernangebote ist noch immer im Fluss; neue Schülerlabore entstehen, eine Reihe kleiner Initiativen agiert bislang eher im „Verborgenen“.<sup>1)</sup>

### Was nützen Experimente?

Ein Großteil der Labore wurde aus der Überzeugung heraus gegründet, dass in den Naturwissenschaften das Experimentieren in ganz unterschiedlichen Funktionen bedeutsam ist. Einerseits spielt das Experiment als Teil des Erkenntnisprozesses eine methodische Schlüsselrolle; andererseits wird es als zentral angesehen, um das Schülerinteresse zu steigern und Lernprozesse zu fördern. In der Fachdidaktik wird jedoch die Rolle des Experimentierens im Schulunterricht zunehmend kritischer bewertet. Experimente haben dort nicht unbedingt die lern- und motivationsfördernde Funktion, die man ihnen gewöhnlich unterstellt.

Studien zeigen, dass in der Unterrichtspraxis stark geführte Experimente dominieren. Die dabei vorherrschende rezeptartige Vorgehensweise vermittelt Schülern implizit oder explizit ein unzulängliches induktives Wissenschaftsbild. „Kochbuch-Experimente“, so die Kritik, schulen allenfalls die manuellen Fertigkeiten – nicht aber systematisches Denken. Man lernt mit Geräten, nicht aber mit Ideen



**Abb. 1:** In Schülerlaboren, wie hier am Strömungskanal im DLR in Göttingen, haben Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, spannende und lehrreiche Experimente selbst durchzuführen und auszuwerten. So erfahren sie, wie Forschung funktioniert.

umzugehen; der Bezug zum Alltag und zur Lebenswelt ist häufig kaum erkennbar. Zudem wird die Funktion der jeweiligen Experimente oftmals nicht einsichtig [4–6].

Entgegen einer häufig geäußerten Kritik an der „Kreide-Physik“ der Schule zeigt eine am IPN durchgeführte Video-Studie von Physik-Anfangsunterricht [7], dass das Experiment durchaus eine zentrale Rolle im Unterrichtsgeschehen spielt. Etwa zwei Drittel der Unterrichtszeit widmet sich der Vorbereitung, der Durchführung und der Nachbereitung von Experimenten. Zugleich bestätigen sich aber auch die oben genannten Kritikpunkte. Die Demonstrationsexperimente durch die Lehrkraft sind zumeist in ein fragend-entwickelndes Gespräch eingebunden; Schülerexperimente kommen bei manchen Lehrern überhaupt nicht vor. Insgesamt wird zu viel vorgegeben und zu wenig Zeit zum Nachdenken und zum eigenständigen Arbeiten (Planung, Auswertung) geboten. Die Funktion der Experimente beschränkt sich vor allem auf das Vorstellen und Veranschaulichen [8].

Experimentieren allein ist also kein Garant für Motivation und Lernerfolg, sondern muss in ein tragfähiges Unterrichtskonzept eingebunden werden. Was macht die Anbieter der Schülerlabore trotzdem so sicher, auf einem erfolgversprechenden Weg zu sein?

1) Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt für Laborinitiativen zeichnet sich im berufsbildenden Bereich ab. Für weitere Informationen zum Thema „Lernort Labor“ vgl. [1–3]. Eine aktualisierte Übersicht wird unter [www.lernort-labor.de](http://www.lernort-labor.de) erstellt.

Dr. Katrin Engeln, Prof. Dr. Manfred Euler, IPN, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Olshausenstraße 62, 24098 Kiel

## Authentizität und Herausforderung

Der konventionelle Unterricht ist durch Lehrplan und den obligatorischen 45-Minuten-Takt in ein mehr oder minder starres Korsett gepresst. Wissen wird im fragend-entwickelnden Gespräch von der Lehrkraft „vermittelt“. Es wird elementarisiert und in kleinen Portionen präsentiert. Problemorientierte Situationen und Projekte, in denen die Schüler ihr Wissen erarbeiten, sind eher selten.



**Abb. 2:** Am GKSS-Forschungszentrum führen die Schüler einer Klasse parallel die gleichen Experimente zum Thema „Elektrizitätserzeugung in Brennstoffzellen“ durch.

Die Schülerlabore gehen einen anderen Weg. Sie setzen auf interessante thematische und methodische Kontexte, um die Lernenden herauszufordern, selbst aktiv zu werden. Sie bieten dazu unterschiedlich umfangreiche experimentelle Projekte an. Im Zentrum steht die weitgehend selbstständige Bearbeitung von authentischen Problemen, die in einem engeren Bezug zum Forschungsprogramm der betreibenden Institution stehen. Arbeiten in Gruppen und praktische Erfahrungen sollen nachhaltige Eindrücke von der Arbeit in Laboren und von der Faszination der Forschung vermitteln. Die Aufgaben sind für die Lernenden eine Herausforderung, die es mit geeigneten Werkzeugen und zumeist kooperativ zu lösen gilt.

So können am DLR in Göttingen Schüler an Experimentierstationen mit verschiedenen Methoden Strömungen untersuchen, zum Beispiel an einem Nachbau des historischen Prandtl-Strömungskanals (Abb. 1) oder an einem Seifenfilmkanal – ein Experiment, das nicht nur eine interessante optische Messmethode vermittelt, sondern auch höchst ansprechende, ästhetische Bilder von Strömungsphänomenen liefert. Das GKSS-Schülerlabor ist nach einem anderen Design konzi-

piert: Hier führen alle Schüler in einer relativ schulnahen Lernsituation parallel die gleichen Experimente mit Brennstoffzellen durch (Abb. 2).

Die Labore sind darauf angewiesen, ihr Angebot stark zu fokussieren. Die meisten Initiativen bieten Schülerexperimentiertage an. An einem solchen Tag hat eine komplette Schulklasse die Möglichkeit, „Laborluft zu schnuppern“. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stehen als Betreuer und Ansprechpartner zur Verfügung. Neben der Arbeit im Schülerlabor sind oftmals Besichtigungen von Forschungslaboren und ein gemeinsames Mittagessen in der Kantine Teil des Programms. Trotz dieses sehr kompakten Angebots geht offenbar das Konzept der Laborinitiativen auf. Die außerschulischen Lernangebote sind nach dem unmittelbaren Eindruck aller Beteiligten ein großer Erfolg. Sie werden sehr gut von Schülern und Lehrkräften angenommen. So gibt es Labore, die über Monate im Voraus ausgebucht sind.

## Labore auf dem Prüfstand

Die Schülerlabore erfüllen viele derjenigen Kriterien, die unter lerntheoretischer Perspektive als relevant für eine aktive Wissenskonstruktion durch die Lernenden angesehen werden, wie z. B. Verknüpfung von Wissenserwerb mit Anwendungszusammenhängen, kooperatives Problemlösen sowie Gelegenheiten zum Verfolgen eigener Ansätze (vgl. [9]). Andererseits stellen diese Arbeitsweisen wiederum hohe Anforderungen an die Lernenden, an die Gestaltung der Lernumgebung, aber auch an die Lehrenden. Zum Konzept des Lernens in authentischen Kontexten gibt es daher auch eher kritische Stimmen [10].

Schülerlabore stellen relativ gut kontrollierte Lehr-Lern-Situationen

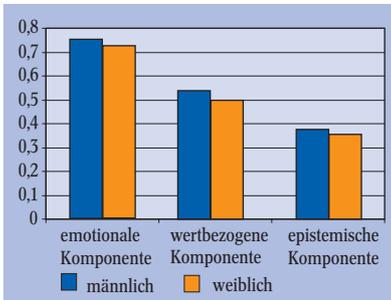
bereit. Sie bieten daher ein ideales Forschungsfeld, um Bedingungen für das Lernen durch Experimentieren zu untersuchen. Da man von einem einmaligen Laborbesuch kaum Effekte im kognitiven Bereich erwarten kann, zielt die von uns durchgeführte Wirkungsstudie auf den affektiven Bereich. Sie untersucht, inwieweit Schülerlabore das Potenzial haben, Interesse für Naturwissenschaften und Technik bei den Schülerinnen und Schülern zu wecken [11]. Die Befragung wurde an fünf verschiedenen Schülerlaboren mit vorwiegend physikalischem Schwerpunkt durchgeführt (s. Tabelle). Pro Labor sind drei Klassen der Stufen 9 und 10 untersucht worden. Wir haben uns bewusst auf Labore mit Angeboten für die Sekundarstufe I beschränkt, um die Meinungen von Jugendlichen zu erheben, die bezüglich der fachlichen Orientierung noch offen sind. Insgesamt basiert die Studie auf Angaben von 334 Schülerinnen und Schülern. Durch zwei Erhebungszeitpunkte im unmittelbaren Anschluss an den Laborbesuch und eine zweite Befragung im regulären Physikunterricht nach drei Monaten ist es möglich, kurz- und mittelfristige Effekte zu erfassen.

Da man annehmen kann, dass die Labore nicht für alle Schülergruppen in gleicher Weise wirken, ist die Studie so angelegt, dass die Wechselwirkungen zwischen schülerbezogenen und laborbezogenen Merkmalen erfasst werden können. Zu den schülerbezogenen Merkmalen gehören die Einstellungen zu den Schulfächern, das vorhandene (dispositionale) Interesse sowie das Selbstkonzept in Bezug auf Physik. Die laborbezogenen Variablen umfassen wahrgenommene Authentizität, Instruktionsqualität, kognitive Herausforderung sowie Autonomie- und Kompetenzunterstützung. Als

**Tabelle: Die fünf untersuchten Schülerlabore (zwei davon am DESY)**

Name der Initiative	Standort	Klasse	Veranstaltungsart und Themen
DLR_School_Lab, Göttingen <a href="http://www.schoollab.dlr.de/Schoollab/Goettingen">www.schoollab.dlr.de/Schoollab/Goettingen</a>	Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V., Göttingen	7.-13.	Ein- und mehrtägige Experimentalkurse zu Kräften, Strömungen, Wirbeln, Schwingungen und zur Messtechnik
Quantensprung – das Schülerlabor von GKSS <a href="http://www.gkss.de/index_d_js.html">www.gkss.de/index_d_js.html</a>	GKSS Forschungszentrum Geesthacht	9./10.	Experimentiertag rund um „Stromerzeugung“ mit Schwerpunkt „Stromerzeugung in der Brennstoffzelle“
Teutolab Chemie <a href="http://pc1.uni-bielefeld.de/~teutolab/ch-frameset.html">http://pc1.uni-bielefeld.de/~teutolab/ch-frameset.html</a>	Chemie Fakultät Bielefeld	3.-13.	Experimentierreihen zu Naturstoffen, Produkten der Chemie oder Energie und Umwelt
Physik.Begreifen@desy.de <a href="http://www.desy.de/physik/begreifen/">www.desy.de/physik/begreifen/</a>	Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg	9./10., 4.-6.	Eintägiges Praktikum zur Radioaktivität Eintägiges Praktikum zum Vakuum

Erfolgskriterium wird das von den Laboren erzeugte Interesse angesehen. Drei Interessendimensionen werden unterschieden: emotionales Interesse (Labortätigkeit hat Spaß gemacht), wertbezogenes Interesse (Bedeutsamkeit des Laborbesuchs) sowie epistemisches Interesse (Wunsch, mehr zu erfahren).



**Abb. 3:** Geschlechtsspezifische Unterschiede der verschiedenen Interessenkomponenten sind in Bezug auf das Schülerlabor nicht signifikant. Die Skala reicht von 0 bis 1.

Auf deskriptiver Ebene bestätigt die Untersuchung, dass die Schülerlabore sehr gut von Schülern und Lehrern angenommen werden. Fast 75 % der befragten Jugendlichen würden gerne einen weiteren Tag im Schülerlabor verbringen und das nicht nur, weil an einem solchen Tag kein regulärer Unterricht stattfindet, sondern weil das Experimentieren offensichtlich Freude bereitet hat und zumindest bei einigen der Funke überspringt. Das belegen auch Äußerungen der Schüler:

► „Ich habe einen Eindruck bekommen, wie Forschung funktioniert. Die Ziele naturwissenschaftlicher

Forschung sind mir nähergekommen.“

► „Ich habe gelernt, dass physikalische Forschung eine sehr praktische Anwendung im Alltag hat.“

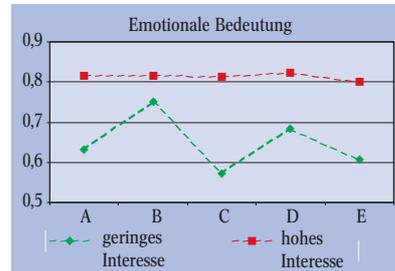
► „Obwohl mich Physik nicht interessiert, haben die vielen Versuche viel Spaß gemacht.“

### Kein „gender gap“

In den Köpfen der Jugendlichen passiert allerdings erheblich mehr, als dass „nur“ oberflächlich Spaß erzeugt wird. Die Labore wirken tiefer. Das zeigt der Vergleich von Jungen und Mädchen. Anders als im konventionellen Physikunterricht der Schule gelingt es den Laboren, Mädchen und Jungen nahezu gleichermaßen gut anzusprechen. Der berüchtigte „gender gap“ tritt nicht auf. In den verschiedenen Interessendimensionen gibt es nur geringfügige, aber keine signifikanten Unterschiede (Abb. 3). Schülerinnen übertragen ihre eher negativen Bewertungen des Physikunterrichts nicht auf das Lernen im Labor. Der Besuch des Schülerlabors wird von beiden Geschlechtern mit positiven Gefühlen assoziiert. Er wird als persönlich bedeutsam erachtet, und Mädchen und Jungen wollen gleichermaßen mehr über die durchgeführten Experimente erfahren. Beide Gruppen schätzen die Nähe zur authentischen Forschung, sie fühlen sich herausgefordert, zum Nachdenken angeregt, und erleben dies positiv. Von den untersuchten Merkmalen der Lernumgebung „Schülerlabor“ fördern insbesondere die wahrgenommene Authentizität und

Herausforderung das Interesse.

Jungen halten die durchgeführten Experimente signifikant für verständlicher, während Mädchen Herausforderung und Authentizität etwas (aber nicht signifikant) positiver sehen als Jungen. Diese Unterschiede geben Hinweise auf Wirkmecha-



**Abb. 4:** Vergleich der Schülerlabore A-E hinsichtlich der emotionalen Bedeutung des Laborbesuchs für Schülergruppen mit geringem und hohem vorhandenem Interesse an Naturwissenschaften und Technik. Die Skala reicht von 0 bis 1.

nismen der Labore, die von Jungen und Mädchen unterschiedlich wahrgenommen werden. So beruht unseres Erachtens der Erfolg der Labore nicht alleine auf dem Experimentieren, sondern darauf, dass daneben auch das Umfeld und die Einbettung der Experimente stimmen.

### Positive Langzeitwirkungen

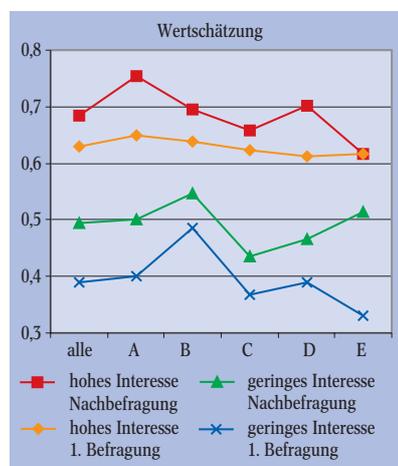
Die Labore wirken – doch die einzelnen Initiativen tun dies auf ganz unterschiedliche Weise. Während die Schülergruppe mit hohem vorhandenem Interesse an Naturwissenschaften und Technik alle Labore gleichermaßen als interessant erlebt, ergeben sich große Differenzen bei der Problemgruppe der weniger Interessierten: So wird z. B. insbesondere das Schülerlabor B<sup>2)</sup> von den Schülerinnen und Schülern mit geringem Interesse emotional besonders positiv gesehen (Abb. 4). Ge-

2) Die untersuchten Schülerlabore werden bei der Vorstellung der Ergebnisse „anonymisiert“.

rade für diese Schülergruppe ist es wichtig, dass sie sich den Aufgaben gewachsen fühlt. Labor B bietet im Unterschied zu den anderen stärker angeleitete Experimente an.

Schülerlabore können somit durchaus auch „Problemgruppen“ ansprechen und anregen. Für Schüler, die nur geringes Interesse an Naturwissenschaften und Technik mitbringen, hängt die Bedeutung des Laborbesuchs jedoch entscheidend davon ab, dass sie sich nicht überfordert fühlen. Die Labore benötigen daher ein abgestuftes Angebot, das eine intelligente Balance zwischen Fordern (Authentizität, Herausforderung) und Fördern (Verständlichkeit, Lernunterstützung) hält. Der Befund zeigt auch die Notwendig-

**Abb. 5:** Mittelfristige Entwicklung der Wertschätzung des Laborbesuchs für die Schülerlabore A-E, differenziert nach Schülergruppen mit geringem und hohem vorhandenem Interesse an Naturwissenschaften und Technik. Zwischen der ersten und der zweiten Befragung sind 3 Monate vergangen (Skala von 0 bis 1).



keit, die Funktion der Labore vor dem Hintergrund von Breiten- und Spitzenförderung zu klären. Hier besteht sicher noch Diskussionsbedarf und Spielraum für Optimierung.

Bereits ein einmaliger Besuch wirkt über einen längeren Zeitraum nach. Bei der Befragung der Jugendlichen nach einem Vierteljahr wird ein überraschend starker positiver Langzeiteffekt festgestellt. Das Ausmaß der Wertschätzung steigt retrospektiv bei allen Laboren signifikant an. Dies gilt auch für die Problemgruppe mit geringem anfänglichem Interesse (Abb. 5). Dies ist umso erstaunlicher, als der Besuch des Labors in den meisten Fällen im Unterricht keine Nachbereitung erfahren hat. Trotzdem wirkt das Ereignis in der Zwischenzeit weiter und setzt Prozesse in Gang, welche die Sichtweisen der Jugendlichen verändern. Angesichts der Wirkungslosigkeit vieler schulischer Bemühungen, das Interesse an Naturwissenschaften zu fördern, stimmt dieser Befund durchaus optimistisch.

Freilich zeigt sich daran auch,

dass das Potenzial des Lernorts Labor bislang noch nicht optimal genutzt wird: So geben fast 90 % der Schülerinnen und Schüler an, auf den Besuch gar nicht oder nur wenig vorbereitet worden zu sein. Ähnliches gilt für die Nachbereitung. Unsere Daten liefern Hinweise darauf, dass durch eine bessere Einbettung in den Unterricht die Wirkung vom „Erlebnis Schülerlabor“ noch gesteigert werden kann: Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die angeben, den Laborbesuch ausführlich vorbereitet zu haben, sprechen ihm auch eine signifikant höhere persönliche Bedeutung zu.

### Außerschulische Lernorte

Die Ergebnisse der Studie belegen, dass die Labore die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen. Nicht zuletzt das gestiegene Interesse von Mädchen und jungen Frauen zeigt, dass die vielfältigen positiven Erfahrungen der Labore in geeigneter Weise in die Unterrichtspraxis zurückgekoppelt werden sollten.

Für die Weiterentwicklung des Physikunterrichts lohnt es, die Herausforderungen einer besseren Balance zwischen Instruktion und Konstruktion, zwischen passiver Vermittlung und aktivem Lernen, anzunehmen. Folgende Aspekte werden als vordringlich erachtet für eine wirkungsvollere Verschränkung der Labore mit dem konventionellen Unterricht:

► Angebotsspektrum für alle Schularten und Altersstufen. Bislang zielen Labore häufig nur auf die gymnasiale Oberstufe. Insbesondere im Hinblick auf die frühe Förderung des Interesses ist es sinnvoll, die Primarstufe und die Sekundarstufe I stärker anzusprechen.

► Vernetzung und Erfahrungsaustausch der Labore, Dokumentation, Evaluation und systematische Qualitätsentwicklung; Transfer von Innovationen, Austausch von Beispielen guter Praxis.

► Klärung der Rolle des jeweiligen Laborangebots: (Balance von Breiten- und Spitzenförderung; enger oder weiter u. U. komplementärer Bezug zu Lehrplänen.) Auf welche Angebote sollten Labore fokussieren? Welche Experimente sollten dem Unterricht vorbehalten bleiben? Wie lassen sich Konkurrenzsituationen vermeiden und Synergien schaffen?

► Stärkere systematische Verknüpfung der Labore mit Aus- und Fortbildung von Lehrkräften.

► Förderung eines Austauschprogramms für Lehrkräfte zur Weiterbildung, zur Entwicklung neuer Lehr-Lern-Formen und zur Stärkung von Praxisbezügen (Sabbaticals, projektbezogene Förderung, Partnerschaften von Laboren und Schulen).

Durch diese und weitere Maßnahmen<sup>3)</sup> sowie durch Konzepte für einen dauerhaften Betrieb der Labore könnten sich die außerschulischen Lernorte zu einer verlässlichen Säule in unserem Bildungssystem entwickeln und authentische Erfahrungen aus Forschung und Arbeitswelt in den Unterricht rückkoppeln. Eine qualitative Erneuerung des Physikunterrichts bedarf einer durchgängigen Entwicklung und Förderung des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens. Lernen durch Experimentieren spielt dabei eine zentrale Rolle. Die Labore demonstrieren, dass diese Forderung keine Utopie zu sein braucht. Freilich wird eine Qualitätsverbesserung nur gelingen, wenn bei uns Bildung und Lernen insgesamt einen höheren Stellenwert erhalten. Der frühe Kontakt mit authentischer Wissenschaft und kreative Entfaltungsmöglichkeiten beim Experimentieren und Konstruieren könnten die Potenziale und Talente bei den Jugendlichen fördern, die unsere Gesellschaft so dringend benötigt, um Innovationen voranzutreiben.

### Literatur

- [1] U. Ringelband, M. Euler und M. Prenzel (Hrsg.), Lernort Labor, IPN, Kiel (2001)
- [2] H. Jenett und K. Kohse-Höinghaus, Nachrichten aus der Chemie **51**, 144 (2003)
- [3] P. Heinzerling und G. Latzel, Praxis der Naturwissenschaften: Chemie **51**, Heft 8 (2002)
- [4] D. Hodson, Studies in Science Education **22**, 85 (1993)
- [5] W. Harlen, Effective teaching of science – a review of research, SCRE, Edinburgh (1999)
- [6] M. Euler, Proc. Int. School of Physics „Enrico Fermi“, Course CLVI, Varenna, SIF, 2004, S. 175
- [7] T. Seidel et al., Unterrichtswissenschaft **30**, 52 (2002)
- [8] M. Tesch und R. Duit, ZfDN, im Druck
- [9] J. Gerstenmaier und H. Mandl, Z. Pädagogik **41**, 867 (1995)
- [10] K. Klauer, Z. Päd. Psych. **13(3)**, 117 (1999)
- [11] K. Engeln, Schülerlabors: Authentische und aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken, Logos-Verlag, Berlin (2004)

3) Vgl. auch den Erfahrungsbericht des NaT-Working Projekts der Robert-Bosch-Stiftung: NaT-Working. So kommt Wissenschaft in die Schule: Beispiele aus der Praxis. Hrsg. Robert-Bosch-Stiftung, Stuttgart, 2003