

Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor

Manfred Euler, IPN, Kiel

Schülerlabore: Wissenschaft zum Anfassen und Erleben

Während Neugier, Originalität und ein hohes Maß an Kreativität Forschungsprozesse in Naturwissenschaften und Technik prägen, vermitteln die entsprechenden Schulfächer zuweilen ein eher gegenteiliges Bild. Insbesondere Physik gilt nicht nur als schwierig, sondern auch als langweilig und wenig attraktiv. Das Fach lädt kaum zur Beteiligung und zur kreativen Entfaltung ein [1,2]. Zwar lässt das Schülerinteresse im Verlauf der Sekundarstufe I generell nach, doch von dem Abwärtstrend sind die „harten“ Naturwissenschaften Physik und Chemie besonders stark betroffen. Dies gilt vor allem für die Entwicklung des Interesses bei den Mädchen. Die Bereitschaft, diese Fächer zu studieren oder einen damit zusammenhängenden Beruf zu ergreifen, ist besorgniserregend gering.

Angesichts des Zustands der Bildung in Deutschland gibt es intensive Bemühungen, die naturwissenschaftliche Grundbildung im Rahmen von verschiedenen Programmen zur schulischen Qualitätsentwicklung zu verbessern [3]. Komplementär zu diesen inner-schulischen Initiativen ist ein breites Spektrum an außerschulischen Bildungsangeboten entstanden - nicht zuletzt aus Sorge um qualifizierten naturwissenschaftlichen Nachwuchs. So genannte Schülerlabore, die von Forschungseinrichtungen, Universitäten und Industrie 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 authentischer Naturwissenschaft und Technik in eigens dafür geschaffenen Laboren ermöglichen.

Bemerkenswert sind der Ideenreichtum der Projekte, die Originalität der konzeptionellen 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 unterschiedlicher Entstehungsgeschichte und Schwerpunktsetzung verfolgen die Schülerlabore gemeinsame Ziele:

- Förderung von Interesse und Aufgeschlossenheit der Jugendlichen für Naturwissenschaften und Technik.
- Selbständige Auseinandersetzung mit authentischen Forschungs- und Entwicklungszusammenhängen und Arbeitsweisen im Rahmen aktivierender Lernformen.
- Vermittlung eines zeitgemäßen Bildes von Naturwissenschaften und Technik und ihrer Bedeutung für unsere Gesellschaft.
- Gelegenheiten bieten, Tätigkeitsfelder und Berufsbilder im naturwissenschaftlich-technischen Bereich kennen zu lernen.
- Schaffung von Möglichkeiten des Dialogs und der Auseinandersetzung mit aktuellen, z.T. kontrovers diskutierten Themen naturwissenschaftlicher Forschung

Nach zaghaften Anfängen [4] haben diese außerschulischen Lernorte in den vergangenen fünf Jahren einen bemerkenswerten Aufschwung genommen. Welche neuen Lernerfahrungen bietet dieses junge Feld? Wie lässt sich das „formelle“ schulische Lernen mit dem „informellen“ Wissenserwerb im Lernort Labor verbinden? Wie kann der Physikunterricht von den Schülerlaboren profitieren? Welche Synergien lassen sich erzielen? Geben die

Labore Anstöße für weiter führende experimentelle Unterrichtsprojekte? Lassen sich Erfahrungen des kontextbasierten Lernens und des authentischen Lernens in die Unterrichtspraxis übertragen?

Das Themenheft greift diese Fragen auf und regt dazu an, das Angebot der Schülerlabore in den Unterricht systematisch einzubeziehen. Ziel des Heftes ist es aber auch, aus den positiven Erfahrungen der Labore zu lernen und die Kultur des naturwissenschaftlichen Arbeitens, des Lernens durch Modellieren und Experimentieren, im Physikunterricht besser umzusetzen und weiterzuentwickeln. Im Zentrum steht die Vorstellung des Angebots von forschungsnahen Schülerlaboren. Die dort durchgeführten Experimente unterscheiden sich in ihrer problembezogenen Konzeption, der komplexen Anlage und in ihrem authentischen Charakter stark von den häufig sehr eng geführten physikalischen Schulversuchen. Eine Einbeziehung von Museen und Science Centers ist aus Platzgründen unterblieben.

Der vorliegende Basisartikel gibt zunächst eine zusammenfassende Darstellung von Konzepten der noch jungen, aber auch im internationalen Vergleich höchst bemerkenswerten Schülerlaborszene in Deutschland sowie von empirischen Wirkungsstudien. Dabei wird auch auf die Rolle des Experimentierens und auf wirksame Gestaltungsmerkmale aktivierender experimenteller Lernumgebungen eingegangen. Eine Übersicht über die exemplarisch vorgestellten Labore und eine Begründung der getroffenen Auswahl erfolgt im letzten Abschnitt.

Erfolgsrezept: Authentische, herausfordernde Experimente

Um ihre Besucher zu motivieren und für das „Unternehmen Wissenschaft“ aufzuschließen, setzen die Schülerlabore auf mehrere Faktoren. Zum einen auf die Überzeugungskraft des unmittelbaren Erlebens und der praktischen Tätigkeit: Die interaktive Auseinandersetzung im Rahmen von experimentellen Projekten steht im Zentrum des Laborbesuchs. Zum anderen ist es das Potenzial des Kontakts mit authentischer Forschung durch die persönliche Begegnung mit aktiven Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Die Laborbesucher erfahren so aus erster Hand etwas von der Faszination, der Herausforderung und der Bedeutung von Forschung. Abstrakte Wissenschaft wird konkret und verliert dadurch ihren für Außenstehende häufig kalten, unzugänglichen und sterilen „Geschmack“.

Die Lernumgebung Schülerlabor ist komplex. Sie bettet die praktische Arbeit in interessante thematische und methodische Kontexte ein und fordert die Lernenden heraus, selbst aktiv zu werden. Unterschiedlich umfangreiche, den Erfordernissen der Zielgruppe angepasste Aufgabenstellungen werden dazu angeboten. Im Fokus steht die so weit als möglich selbständige Bearbeitung von authentischen Problemen, die für das Forschungsprofil der anbietenden Institution typisch sind oder die ihm nahe stehen. Arbeiten in Gruppen und praktische Erfahrungen sollen nachhaltige Eindrücke von der Arbeit in Laboren und von der Faszination und der Bedeutung von Forschung vermitteln. Neben Authentizität und Forschungsbezug stellen die Aufgaben für die Lernenden eine Herausforderung dar, die unter Nutzung geeigneter Werkzeuge zumeist kooperativ zu lösen sind. Je nach Zielgruppe variieren die Aufgaben in Schwierigkeit, Offenheit und Unterstützung durch die Betreuenden.

Die Labore sind darauf angewiesen, ihr Angebot stark zu fokussieren. Die meisten Initiativen bieten ganze oder halbe Schülerexperimentiertage an. An einem solchen Tag hat eine komplette Schulklasse die Möglichkeit, Laboratmosphäre zu schnuppern. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (z.T. noch im Studium befindlich) oder abgeordnete Lehrkräfte 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

Schülerinnen und Schülern und den Lehrkräften angenommen. So sind die meisten Labore über Monate im voraus ausgebucht.

Auch die beteiligten Wissenschaftler schätzen Kontakte und Dialoge mit Kindern und Jugendlichen. Sie stellen eine zumeist willkommene und positiv erlebte Erfahrung in Wissenskommunikation dar. Auch für die Wissenschaftler ist somit trotz des zusätzlichen Aufwands eine Win-Win-Situation gegeben: Sie gewinnen im Kommunikationsprozess durchaus neue Perspektiven auf die Bedeutung der eigenen Arbeit sowie auf Möglichkeiten und Grenzen ihrer Vermittlung und Darstellung.

Authentizität ist durch die zumeist forschungsnahen Experimente gegeben. Neben der Besichtigung der anbietenden Institution und der Präsenz von „richtigen“ Wissenschaftlern wird die authentische Atmosphäre auf ganz verschiedenen Weisen zusätzlich „inszeniert“. So werden am DLR in Göttingen an verschiedenen Experimentierstationen Strömungen untersucht, zum Beispiel an einem Nachbau des historischen Prandtl-Strömungskanals oder an einem Seifenfilmkanal - ein Experiment, das nicht nur eine interessante optische Meßmethode vermittelt, sondern auch höchst ästhetische Bilder von Strömungsphänomenen liefert (Bild 1). Die besondere authentische Atmosphäre des Forschungsinstituts, der „Genius Loci“, wirkt sowohl in den einzelnen Lernstationen, als auch durch die beeindruckende Umgebung: Das Labor ist in einer großen Windkanal-Halle untergebracht. Das GKSS-Schülerlabor in Geesthacht ist nach einem anderen Design konzipiert: Hier führen alle Schüler parallel in einer relativ schulnahen Lernsituation die gleichen Experimente mit Brennstoffzellen durch (Bild 2).

Wann gelingt Lernen durch Experimentieren?

In der deutschen Bildungstradition wird dem erfahrungsbasierten Wissenserwerb zu wenig Bedeutung beigemessen. Wissensformen, die aus einer praktischen Auseinandersetzung mit Natur und Technik resultieren, werden gegenüber theoretisch vermitteltem Wissen eher gering geschätzt. Hier setzen Schülerlabore an: 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 um Lernprozesse und Einsichten zu fördern.

Freilich weiß man aus vielen empirischen Studien der letzten Dekaden, dass das Lernen durch Experimentieren keinesfalls ein „Selbstgänger“ ist [5-7]. Die Durchführung von Experimenten im Schulunterricht hat nicht unbedingt die lern- und motivationsfördernde Funktion, die man gewöhnlich unterstellt. In der Unterrichtspraxis dominieren häufig stark geführte Experimente. Die dabei vorherrschende rezeptartige Vorgehensweise vermittelt den Lernenden implizit oder explizit ein unzulängliches induktives Bild von Wissenschaft, das geradlinig von Beobachtungen und Experimenten zu der Formulierung von Gesetzen fortschreitet. Werden Schülerexperimente durchgeführt, so ist ihre Funktion den Ausführenden häufig nicht transparent. Entgegen der weit verbreiteten Annahme fördern rein nachahmende, rezeptartig betriebene Laboraktivitäten keine wissenschaftlichen Arbeitsweisen. Die Problembereiche praktischer Schüleraktivitäten im Physikunterricht (sofern sie überhaupt stattfinden) lassen sich folgendermaßen charakterisieren:

- Schülerinnen und Schüler arbeiten nur Anleitungen ab; sie halten das Befolgen von „Rezepten“ für die naturwissenschaftliche Arbeitsweise.
- Schülerexperimente führen häufig zu (empiristischen) Fehlvorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden.

- Beim Experimentieren findet kaum eine eigenständige Planung und eine Reflexion der Aktivitäten statt.
- Viele der Schülerversuche sind trivial und oft mit starken didaktischen Reduktionen verbunden. Sie schaffen eine artifizielle Lernumgebung; der Bezug zum Alltag und zur Lebenswelt ist häufig kaum erkennbar.

Die Gestaltung einer experimentellen Lernumgebung setzt klare Vorstellungen darüber voraus, was gelernt werden soll und wie das Design der Lernumgebung die Lernprozesse sowie die Kooperation und Kommunikation der Lernenden beeinflusst. Schülerexperimente sind wichtig, doch nicht für alle Lernziele gleich gut geeignet. Formuliert man die Defizite als Desiderate so ergeben sich für den effektiven Einsatz von Schülerversuchen, die sowohl in motivationaler als auch kognitiver Hinsicht stimulierend wirken, die in Kasten 1 zusammengestellten Forderungen. Die Schülerlabore erfüllen die meisten dieser Kriterien; der Unterricht ist herausgefordert, sie besser zu erfüllen.

Das produktive Wechselspiel von Experimentieren und Modellieren

In der deutschen fachdidaktischen Tradition wird zuweilen begrifflich zwischen Versuch (mit geringem Theoriebezug) und dem systematischen Experiment unterschieden, doch das macht angesichts des Kontinuums möglicher Übergangsformen kaum Sinn. Für die Gestaltung von Unterricht ist es erforderlich, sich der vielfältigen Funktionen von Experimenten in den Lehr-, Lern- und Erkenntnisprozessen bewusst zu sein und die Lernumgebung entsprechend den jeweiligen Erfahrungskontexten und Zielen zu konzipieren. Das Experiment ist immer in enger Verknüpfung mit theoretischer Modellbildung zu sehen: Physikalisches Wissen wird im Wechselspiel von Theorie und Experiment generiert. Beide bedingen einander; eine Theorie ohne Experiment ist blind, ein Experiment ohne Theorie leer. Es gibt, wie Einstein immer wieder betont hat, keinen logischen Weg von der Erfahrungswelt zur Modellwelt [8]. Beide Welten sind voneinander getrennt, angedeutet durch die Trennlinie in Bild 3, den so genannten epistemischen Schnitt, den man sich zur klaren konzeptuellen Trennung beider Bereiche und zur Strukturierung der eigenen Lern- und Erkenntnisprozesse immer bewusst machen muss.

Produktive geistige Prozesse sind nötig, um zwischen diesen verschiedenen Ebenen hin und her zu springen und eine sinnvolle Korrespondenz herzustellen. In der einen Richtung ist es der kreative Sprung von der Ebene der Erfahrung zu Modellen der Wirklichkeit, zu Vereinfachungen, Verallgemeinerungen, Interpretationen und Abstraktionen. Um die Vielfalt und Veränderung in der Wirklichkeit verstehbar zu machen, bedarf es der Einsicht in Strukturen, Invarianten und Gesetze. In der umgekehrten Richtung sind zur Überprüfung von Modellen und zur Bewertung der Tragfähigkeit von Theorien zielgerichtete Beobachtungen und experimentelle Tests in der Erfahrungswelt nötig. Hier ist letztlich die Kunst des Experimentierens gefordert: Es werden konkrete, theoriegeleitete Fragen an die Wirklichkeit gestellt und im Experiment untersucht, und zwar unter Einbeziehung geeigneter Werkzeuge zur Herstellung reproduzierbarer Bedingungen sowie zur Beobachtung und Auswertung.

Um das „Interface“ zwischen Modell- und Erfahrungswelt beim naturwissenschaftlichen Arbeiten zu durchdringen, sind in beiden Richtungen kreative Prozesse erforderlich, die sich nicht in starre algorithmische Schemata pressen lassen: das Anknüpfen an Alltagserfahrungen („Sehen, was jeder sieht“), die theoriegeleitete Verallgemeinerung („Erkennen, was unsichtbar, aber allgemein gültig ist“) und schließlich die Überprüfung der Vorhersagen. In der Technik kommt die konstruktive Umsetzung in Produkte hinzu sowie deren Weiterentwicklung und Optimierung nach den unterschiedlichsten Kriterien. Man kann davon ausgehen, dass naturwissenschaftliche Kreativität aus ähnlichen mentalen Ressourcen und Antrieben gespeist wird wie künstlerische Kreativität. Wissenschaft und Technik leben vom

produktiven Wechselspiel von Intuition und Imagination mit Rationalität, Logik und Erfahrung. Wie in der Kunst geht es um kreative Interpretationen und Transformationen von Wirklichkeit. Darüber hinaus ist in Wissenschaft und Technik die Tragfähigkeit der Imagination entscheidend, die Passung an die Wirklichkeit und die empirische Bewährung der Modelle und Produkte.

Greift man die Vorstellungen, Vermutungen und Fragen der Lernenden auf, entwickelt sie interaktiv entsprechend dem Theorie-Experiment Zyklus produktiv weiter und fokussiert diese so, dass sie einer experimentellen Überprüfung unterzogen werden können, dann besteht kein grundsätzlicher, sondern nur ein gradueller Unterschied zwischen der Funktion von Experimenten im fachlichen Erkenntnisprozess und ihrer Rolle in Lehr-Lern-Prozessen. Allerdings ist das subtile, schillernde, kreative Zusammenwirken von konkreten Erfahrungen und abstrakter Modellbildung nicht rezeptartig und schematisch vermittelbar. Es muss in interaktiver Auseinandersetzung selbständig erfahren und erarbeitet werden. Forschend zu lernen ist ein ebenso natürlicher wie authentischer Zugang zu Naturwissenschaften, der ein vielfältiges, offenes, aber ebenso systematisch strukturiertes Lernumfeld erfordert. In den Lernumgebungen der Schülerlabore gelingt das, wie empirische Studien zeigen, sehr gut. Bei der Förderung forschender und kreativer Zugänge ist der Unterricht in besonderer Weise herausgefordert, aber auch die Bildungspolitik, die einen entsprechenden Rahmen schaffen muss, der zur Produktivität anregt und sie nicht behindert.

Werk- und ‚Denkzeuge‘: Das kreative Eigenleben von Experimenten

Die Rolle von Experimenten zur Erkenntnisgewinnung erschöpft sich nicht allein in ihrer idealtypischen Einbindung in den Theorie-Experiment-Zyklus. Jenseits dieses methodischen Standardmodells entwickeln Experimente ein „kreatives“ Eigenleben ohne einen immer klar erkennbaren, expliziten Theoriebezug (Bild 4). Das gilt im Kontext wissenschaftlicher Entdeckung ebenso wie in der Vermittlung. Spielerische Experimente, Versuche mit überraschendem Ausgang, kontraintuitive Phänomene, scheinbare Zaubereien mit naturwissenschaftlichem Kern ziehen die Beobachter in den Bann, fesseln ihre Aufmerksamkeit und regen zum Nachdenken an. Die Geschichte der Naturwissenschaft ist reich an explorativen Experimenten, die mit einem diffusen vorthoretischen Rahmen einen Bereich allmählich erschlossen haben (vgl. dazu [9]).

Wie diese Beispiele zeigen sind Experimente nicht nur rationale Werkzeuge der Erschließung und der Gestaltung von Wirklichkeit. Als „Denkzeuge“ entwickeln sie darüber hinaus unerwartete produktive und ästhetische Momente. Schöne Experimente haben einen festen Stellenwert in der Kulturgeschichte der Wissenschaft. Obwohl Schönheit im Auge des Beobachters liegt, so gibt es doch bemerkenswerte Übereinstimmungen darüber, welche Experimente ästhetische Kriterien erfüllen. Es handelt sich zumeist um besonders klare konzeptuelle Schlüsselexperimente, die in relativ herausragender Weise das Denken herausfordern und verändern, die für veränderte Sichtweisen stehen oder neue Ideen verdeutlichen und abstrakte oder komplexe Konzepte auf möglichst einfache Weise in der Erfahrung verankern. Beispiele sind das Eratosthenes-Experiment der Antike, Newtons Zerlegung des Sonnenlichts mit dem Prisma, die Drehwaage von Cavendish oder das Foucault-Pendel [10].

Experimente sind immer theoriegeleitet, doch die theoretische Tiefe kann in Abhängigkeit von den jeweiligen Umständen und Zielen variieren. Entsprechend vermitteln schöne Experimente auf minimalistische Weise zwischen Erfahrung und Theorie. Sie können dazu führen, dass man Erfahrungsbereiche in einem völlig neuen Licht sieht. Das zeigt ein Experiment besonders klar, das zu den Top-Ten der schönsten physikalischen Versuche gehört. Das Doppelspaltexperiment, sei es mit Licht, mit Elektronen oder mit anderen Quantenobjekten, demonstriert die Unvereinbarkeit der Quantenwelt mit klassisch-dualistischen Welle-Teilchen-Modellen. Bereits bei rudimentärer theoretischer Einbettung

vermittelt dieser Prototyp eines Zwei-Wege-Experiments, das zwei klassisch ausgeschlossene Möglichkeiten kombiniert, eine Intuition von der Seltsamkeit und Ganzheit der Quantenphänomene.

Man erkennt an diesem Beispiel, dass vieles, was die moderne Physik an kontraintuitiven Einsichten zu bieten hat, nur unzulänglich beschrieben werden kann, wenn man sich alleine auf den sprachlichen Vermittlungsmodus beschränkt, gleichgültig ob es sich dabei um die Alltagssprache oder die formale Sprache der Mathematik handelt. Experimente und Bilder sind komplementäre Ergänzungen. Sie repräsentieren Kontexte und Prozesse, die notwendig sind, um der formalen Beschreibung eine Bedeutung in der Erfahrungswelt zu geben. Ein Verständnis des Trägheitsprinzips setzt beispielsweise voraus, dass man Erfahrungen von Trägheit im Blick hat und ihre physikalische Bedeutung in unterschiedlichen experimentellen Situationen und Randbedingungen entfalten kann (Ruhe, gleichförmige Bewegung, Bewegungsänderung). Die abstrakten Prinzipien der Physik lassen sich nur dann sinnvoll denken, wenn man zugleich potentielle Realisationsmöglichkeiten in der Erfahrungswelt assoziiert. Real- und Gedankenexperimente verbinden Objekte der Theorie mit Prozessen der Erfahrungswelt. Im Kontext von bestimmten zentralen Basisexperimenten lässt sich der jeweilige Theorierahmen entfalten. Der konkrete experimentell realisierbare Vorgang wird auf abstrakter Ebene zu einem Werkzeug der Imagination und erschließt neue Bereiche für das Vorstellungsvermögen.

Mentale Modelle: Verschränkung von Denken und Handeln

In diesem Zusammenhang werden die engen Verbindungen zwischen fachlichen und kognitiven Funktionen des Experimentierens deutlich sowie mögliche Brückenfunktionen zu kreativen Prozessen. Experimentelle Erfahrungen stellen eine konkrete Verkörperlichung physikalischer Erkenntniszusammenhänge dar. Sie verbinden mehr oder weniger abstrakte Begriffe der Modellwelt mit konkreten Vorgängen der Erfahrungswelt. In dieser Verschränkung von Objekten und Prozessen ergeben sich enge Parallelen zu neueren Modellen biologischer Informationsverarbeitung, vor allem in Bezug auf die interne Repräsentation von Bedeutung. Unser Gehirn arbeitet anders als ein Computer: Objekte der Außenwelt werden nicht symbolisch quasi als statische Muster repräsentiert. Man weiß vielmehr aus kognitionspsychologischen und neurobiologischen Studien, dass mit der Aktivierung mentaler Objekte zugleich die Aktivierung potentieller Handlungsschemata verbunden ist [11]. In mentalen Repräsentationen sind Objekte und Prozesse auf weitgehend unbewusste Weise miteinander verwoben.

Beispielsweise löst die Präsentation einer Tasse unbewusste potentielle Handlungsmuster aus (z.B. Greifen, Trinken, Füllen, Leeren). Diese Muster werden auch aktiviert, wenn man an das Objekt denkt oder wenn man andere mit diesem Objekt in Interaktion sieht. Die tatsächliche Ausführung dieser potentiellen Handlungen unterbleibt jedoch im Imaginationmodus. In inneren Repräsentationen der Außenwelt verbindet unser Gehirn offensichtlich sensorische und motorische Aspekte. Man kann daher vermuten, dass die Bedeutung von Begriffen in mentalen Prozessen ganz wesentlich auch motorisch repräsentiert ist. In diesem Sinne haben geistige Prozesse, auch scheinbar völlig abstrakte, eine konkrete, in der Erfahrung verankerte Wurzel. Man sagt, die kognitiven Prozesse sind „verkörperlicht“ [12].

Die mit tatsächlichen oder vorgestellten Objekten der Außenwelt verbundenen Aktionsmuster sind für die Modellierung unserer physischen und sozialen Umgebung wichtig, um künftige Ereignisse antizipieren und Handlungen planen zu können. Ein zentrales damit zusammenhängendes Merkmal ist „Empathie“, das Hineinversetzen in Personen ebenso wie in Situationen und komplexe Handlungsabläufe [13]. Es liegt nahe, diese Prozesse der mentalen Modellierung in engem Zusammenhang mit der physikalischen Modellbildung zu sehen. Die Fähigkeit, in Gedanken in „die Zukunft zu blicken“ und Szenarien für mögliches und

sinnvolles Verhalten zu entwerfen ist für unser biologisches Überleben zentral. Sich in ein physikalisches System hineinzusetzen und Gedankenexperimente durchzuführen, die das Verhalten des Systems zutreffend modellieren, ist eines der Merkmale physikalischer Kreativität. In der mentalen Modellbildung sind innere Bilder und potentielle Handlungen eng miteinander verschränkt. Sprachliche Prozesse sind offenbar von eher untergeordneter Bedeutung. Es spricht einiges dafür, dass in dieser reflexiven Verschränkung von Imagination mit (potenzieller) Aktion eine der Wurzeln wissenschaftlicher und technischer Kreativität liegt (vgl. [14,15]).

Die neurobiologischen Evidenzen unterstreichen darüber hinaus die Bedeutung konkreter Handlungen. Man kann annehmen, dass die Aktivierung physikalischer Konzepte (z.B. Masse, Trägheit) um so besser gelingt, je breiter ihre Bedeutung in der Erfahrung verankert ist. Aus konkreten Handlungsschemata entwickeln sich in reflexiver Ausschärfung schließlich zunehmend komplexere und abstraktere mentale Modelle. Abstraktions- und Problemlöseprozesse gelingen um so besser, je reichhaltiger und strukturierter der Erfahrungshintergrund ist, auf dem sie aufbauen.

Experimente haben also insofern eine eigenständige Funktion, indem sie den Beobachter interaktiv einbinden und „Hands-On“ sowie mit allen Sinnen auf einer intuitiven Ebene wichtige Primärerfahrungen ermöglichen. Insoweit ist der Anspruch berechtigt, dass Experimente für sich sprechen. Experimente weisen jedoch über die unmittelbare Erfahrung hinaus. Jenseits dieses intuitiven Zugangs können Experimente aber nur dann weiter gehende Wirkung entfalten, wenn sie auf einen „vorbereiteten“ Geist treffen. Sie wirken nur vor einem hinreichend strukturierten theoretischen Hintergrund. Die enge Verbindung von Hands-On und Minds-On im Lernen von Naturwissenschaften weiterzuentwickeln bleibt eine zentrale Herausforderung für die praxisnahe didaktische Forschung der Zukunft.

Formelles und informelles Lernen: ein produktives Spannungsfeld

Schülerlabore sind nicht an die Vorgaben eines Lehrplans, an die Anforderungen zentraler Prüfungen oder an den 45 Minuten Takt gebunden. Im Vergleich zum herkömmlichen Unterricht verfügen sie über größere Freiheiten in der Gestaltung des Lernumfelds, um die Lernenden herauszufordern, selbst aktiv zu werden. Das Lernen durch Experimentieren in spielerisch-erkundenden Situationen sowie in offenen, projekt- und problembezogenen Lernumgebungen erfolgt anders als das formale Lernen im Unterricht. Es steht nicht abfragbares Wissen im Zentrum; vielmehr wird eher „en passant“ gelernt. Trotz seines eher oberflächlich scheinenden Charakters ermöglicht das informelle Lernen die Gewinnung wichtiger fachlicher ebenso wie sozialer Erfahrungen und Orientierungen. Anders als das formale Wissen lässt sich dieses nebenher erworbene informelle Wissen relativ schwer operational fassen und in standardisierten Tests überprüfen. Im angelsächsischen Sprachraum hat man schon länger das Potenzial des informellen Lernens erkannt (vgl. z.B. [16]). Einerseits ist der vorwiegend informelle Lernmodus für die frühe Auseinandersetzung mit Naturwissenschaft und Technik entscheidend, für den Erwerb primärer Erfahrungen und eher intuitiver Orientierungen. Aber nicht nur dort, sondern schulbegleitend sowie vor allem auch im Bereich des lebenslangen Lernens gewinnen die nicht formalen Zugänge immer mehr an Bedeutung.

Die positiven Erfahrungen der Schülerlabore im Bereich des informellen Lernens (s.u.) spitzen die Herausforderung an eine Neuorientierung des Physikunterrichts der Schule zu. Es muss eine bessere Ausgewogenheit und Verknüpfung zwischen formellen und informellen Lernprozessen gelingen. In der Gestaltung des Lernumfelds erfordert dies eine subtile Balance komplementärer Gegenpole, wie in Bild 5 dargestellt. Insgesamt ist eine stärkere Methodenvielfalt anzustreben, die ein reflektiertes Verhältnis von Instruktion durch die Lehrkraft (angeleitetes Lernen, gezielte Vermittlung von konzeptuellen Zusammenhängen)

und autonomer Konstruktion durch die Lernenden ermöglicht (Exploration, Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten, Darstellung, Diskussion und Präsentation der Ergebnisse).

Die Schülerlabore setzen auf stärker informelle Zugänge. Gleichzeitig erfüllen sie viele derjenigen Kriterien, die unter lerntheoretischer Perspektive als relevant für eine aktive Wissenskonsstruktion durch die Lernenden angesehen werden, wie z.B. Lernen in authentischen Kontexten, Anknüpfen an Alltagsvorstellungen und Lebenswelt, Verknüpfung von Wissenserwerb mit Anwendungszusammenhängen, kooperatives Problemlösen sowie Gelegenheiten zum Verfolgen eigener Ansätze (vgl. dazu [17]). 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 [18]. Insofern ist es nötig, sich der Qualität und der Wirksamkeit der Laborangebote zu vergewissern. Dauer und Einmaligkeit des Laborbesuchs machen nachhaltige Wirkungen dieser Intervention eher unwahrscheinlich. Erfüllen die Labore dennoch die in sie gesetzten Erwartungen?

Erfüllen Schülerlabore die hoch gesteckten Ziele?

In einer Pilotstudie an fünf verschiedenen Schülerlaboren mit vorwiegend physikalischem Schwerpunkt konnte gezeigt werden, dass Schülerlabore tatsächlich die Aufgeschlossenheit für Naturwissenschaften nachhaltig fördern [19,20]. Pro Labor sind drei Klassen der Stufen 9 und 10 untersucht worden, um die Meinungen von Jugendlichen zu erheben, die bezüglich der fachlichen Orientierung noch offen sind. Da man annehmen kann, dass die Labore nicht für alle Schülergruppen in gleicher Weise wirken, ist die Studie so angelegt, dass sie die Wechselwirkungen zwischen schülerbezogenen und laborbezogenen Merkmalen erfasst. Zu den schülerbezogenen Merkmalen gehören die Einstellungen zu den Schulfächern, das vorhandene (dispositionale) Interesse sowie das Selbstkonzept in Physik. Die laborbezogenen Variablen umfassen wahrgenommene Authentizität, Instruktionsqualität, kognitive Herausforderung sowie Autonomie- und Kompetenzunterstützung. Als Erfolgskriterium wird das (situative) Interesse der Schülerinnen und Schüler am Laborbesuch angesehen, aufgegliedert in drei Komponenten:

- Emotionales Interesse: Hat die Labortätigkeit Spaß gemacht?
- Wertbezogenes Interesse: Wie wichtig war der Besuch?
- Epistemisches Interesse: Wurde der Wunsch geweckt, noch mehr zu erfahren?

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 dem Tag kein regulärer Unterricht stattfindet, sondern weil das Experimentieren offensichtlich Freude bereitet hat und zumindest bei einigen der Funke überspringt, wie freie Schüleräußerungen zeigen.

Der kleine Unterschied: Kein „gender gap“ bei Schülerlaboren

In den Köpfen der Jugendlichen passiert allerdings erheblich mehr, als dass 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. Es tritt nicht der berüchtigte „gender gap“ des normalen Physikunterrichts auf. Dieser polarisiert bekanntlich sehr stark nach Geschlecht: Für eine große Zahl von Jungen gehört Physik zu den Lieblingsfächern, für viele Mädchen ist es dagegen ein absolutes „Hassfach“.

In den verschiedenen Interessendimensionen gibt es nur geringfügige, aber keine signifikanten Unterschiede (Bild 6). 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.

Jungen halten die durchgeführten Experimente signifikant für verständlicher, während Mädchen Herausforderung und Authentizität tendenziell (jedoch nicht signifikant) positiver sehen als Jungen. Diese Unterschiede verweisen auf unterschiedliche Wirkmechanismen des Laborbesuchs bei Jungen und Mädchen. Entsprechend ergeben sich zum Teil sehr deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede aus einer Analyse der freien Antworten auf die Frage „Was hat dir heute am besten gefallen?“ Jungen begeistern sich eher für das Material und die Ausstattung der Labore, Mädchen eher für die Selbstständigkeit beim Experimentieren, den Wissenserwerb und die Zusammenarbeit untereinander (Bild 7).

Es ist demnach eine statistisch abgesicherte geschlechterspezifische Verschiebung des Interessespektrums erkennbar. Auf der einen Seite steht die relativ geradlinige praktische Tätigkeit an sich, welche die Jungen begeistert. Auf der anderen Seite aktiviert die breite problem- und kontextbezogene Einbettung der Experimente vor allem die Mädchen. Das annähernd gleiche Interesse der Schülerinnen und Schüler am Besuch des Schülerlabors kommt somit je nach Geschlecht auf unterschiedlichen Wegen zustande. Der Erfolg der Schülerlabore beruht nicht alleine auf dem Experimentieren an sich, sondern ganz wesentlich auch auf dem stimmigen Kontext der Projekte. Die komplexe Lernumgebung der Schülerlabore bietet hinreichend Freiräume für eine adäquate Entfaltung vielfältiger Interessen und Zugangsmöglichkeiten. Es erfolgt eine Aktivierung aus unterschiedlichen Perspektiven, die für Jungen wie Mädchen die Laborerfahrung zu einem bedeutsamen Erlebnis werden lässt.

Förderung von Problemgruppen und nachhaltige Wirkungen

Die Jugendlichen sind von dem Laborbesuch dann besonders angetan, wenn die aus den Antworten errechneten Variablen "kognitive Herausforderung" und "wahrgenommene Authentizität" hohe Werte aufweisen. Je höher sie die "Verständlichkeit" der Veranstaltung einschätzen, desto fähiger fühlen sie sich, die Anforderungen des Laborprojekts zu bewältigen und desto zufriedener sind sie, wenn ihnen das gelungen ist. Die Bedeutung des Laborbesuchs hängt entscheidend von der Balance zwischen Herausforderung und Lernunterstützung ab. Das gilt insbesondere für die Schülergruppe mit geringem Interesse an Naturwissenschaften, in deren schulischem Alltag Erfolgserlebnisse eher selten sind. Diese Gruppe profitiert besonders von stärker angeleiteten Experimenten (Bild 8). Die Offenheit der Schüleraktivität ist demnach kein pädagogisches Allheilmittel. Es sind geeignete Unterstützungsmaßnahmen erforderlich, die je nach Zielgruppe Zugänge und Lernerfolge auf ganz unterschiedlichen Ebenen ermöglichen.

Kritiker haben anfänglich den Schülerlaboren vorgeworfen, dass ihr Angebot (High-Tech-Ausstattung, forschungsnahe Experimente) vor allen auf die Spitzengruppe abzielt. Sicher profitiert diese Gruppe besonders, so wie sie von jeder zusätzlichen Lerngelegenheit profitiert. Doch mit ihrem abgestuften Unterstützungskonzept gelingt es den meisten Laboren auch, in die Breite zu wirken. In diesem Zusammenhang berichten die begleitenden Lehrkräfte öfter von bemerkenswerten Beobachtungen: Sie sind überrascht, dass sich in der neuen Lernumgebung verhaltensauffällige oder auch lernschwache Schüler ausgesprochen positiv entfalten. Dieser Effekt ist in unseren Untersuchungen bislang eher nebenher aufgetaucht und bedarf noch der systematischen Klärung. Wie, aufbauend auf den Laborerfahrungen, eine bessere

Integration von „Problemschülern“ auch im normalen Unterricht gelingen kann, bleibt eine wichtige Herausforderung.

Die Schülerinnen und Schüler messen ihrem Laborbesuch aus dem zeitlichen Abstand von einem Vierteljahr signifikant mehr persönliche Bedeutung zu als unmittelbar danach. Dies ist um so 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. Der retrospektive Anstieg der Wertschätzung ist in allen betrachteten Untergruppen zu beobachten. Er zeigt sich auch bei der Problemgruppe mit geringem Eingangsinteresse (Bild 9). Es muss überraschen, dass bereits ein einmaliger Besuch derart starke und nachhaltige Wirkungen hat, doch der Effekt ist mittlerweile in mehreren Anschlussuntersuchungen bestätigt worden.

Freilich zeigen die Ergebnisse auch, dass die Möglichkeiten des Lernorts Labor bislang noch nicht optimal ausgeschöpft werden: 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.

Lernort Labor: Eine neue Säule im Bildungssystem

Die Ergebnisse der durchgeführten Studie belegen, dass die Schülerlabore die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen. Offensichtlich treffen sie einen Nerv und setzen einen komplementären Gegenpol zu den eingefahrenen, verschulden Bahnen der formalen Bildung. Es gelingt ihnen, die Lernenden persönlich anzusprechen, zu aktivieren und das oben beschriebene kreative Wechselspiel von Experimentieren, Modellieren und Konstruieren (zumindest in Ansätzen) begreifbar zu machen, das im Zentrum naturwissenschaftlich-technischer Arbeitsweisen steht. Im Herstellen authentischer Bezüge zur Arbeitswelt und zu Forschungsprozessen haben die außerschulischen Lernorte das Potenzial, sowohl in die Breite, als auch in die Tiefe zu wirken.

Die vielfältigen positiven Ergebnisse des informellen, erfahrungsbasierten Wissenserwerbs in Schülerlaboren sollten aufgegriffen werden und in eine neue Kultur des Lehrens und Lernens im Unterricht einfließen, die zum eigenständigen Denken und Handeln herausfordert und die Kooperation und Kommunikation fördert. Diese Neuorientierung schließt einen frühen Beginn der Naturwissenschaften und das naturwissenschaftliche Arbeiten von Anfang an ein [21]. Für die Weiterentwicklung des Physikunterrichts lohnt es, die Herausforderungen einer besseren Balance zwischen formellem und informellem Lernen anzunehmen. Die Didaktik ist gefordert, die Lehrkräfte dabei durch theoretisch fundierte und empirisch abgesicherte Konzepte zu unterstützen.

Schülerlabore bieten nicht nur ein Angebot für Schüler; sie bieten ein erhebliches, noch weitgehend unerschlossenes Potenzial für Lehrerbildung. Diese Möglichkeiten systematisch zu nutzen und weiter auszubauen ist eine Herausforderung für die Zukunft. Wenn wir Stellenwert und Image von Naturwissenschaft und Technik verbessern wollen, müssen sich Aus- und Fortbildung von Lehrkräften grundlegend erneuern. Eine thematische und methodische Erneuerung des Physikunterrichts erfordert, dass wir autonomen Lern- und authentischen Arbeitsformen in der Lehrerbildung mehr Platz einräumen. Auch das Studium ist herausgefordert, von seiner methodischen Monokultur der theoretisch-systematischen Vorlesungen und Übungen abzurücken und stärkere Phasen des projektartigen Arbeitens von Anfang an zu integrieren, und zwar sowohl auf das Fach als auch auf den Lehrerberuf bezogen.

Durch Konzepte für einen dauerhaften Betrieb kann sich der Lernort Labor zu einer verlässlichen Säule in unserem Bildungssystem entwickeln. 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.

Auswahlkriterien und Übersicht der vorgestellten Labore

Eine exemplarische Auswahl von Übersichtsbeiträgen zu Schülerlaboren steht vor dem unauflösbaren Dilemma, dass jedes Labor spezifische Alleinstellungsmerkmale bietet. Die für das vorliegende Themenheft zentralen Auswahlkriterien sind Authentizität und Nähe zu aktuellen Themen von Forschung und Entwicklung. Gleichwohl ist die Auswahl der Beiträge so erfolgt, dass Lehrkräfte nicht nur Anregungen für einen Laborbesuch und dessen Verzahnung mit dem Unterricht erhalten, sondern dass auch Ideen dabei angestoßen werden für neue experimentelle Projekte und deren Einbettung in den schulischen Alltag.

Insofern stehen einerseits die Labore im Blick, die den Aspekt der authentischen Forschung exemplarisch repräsentieren. Dies sind die Labore des Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR_School_Labs) sowie die „Mutter“ aller Schülerlabore, das 1996 gegründete Schülerlabor am DESY in Hamburg. Bei diesen Beispielen kann man sich einen guten Überblick darüber verschaffen, wie verschiedenartig die Labore mit Authentizität umgehen und wie sie die thematische Nähe zum Forschungsprogramm der jeweiligen Institution inszenieren und in Experimente umsetzen.

In der Gruppe der Schülerlabore an Universitäten wurde das C#NaTLab in Bayreuth ausgewählt. Es mag verwundern, warum gerade ein Chemielabor, doch sein Programm zeigt, dass man bei der Planung von Laborbesuchen auch über den Tellerrand schauen sollte. Der Besuch des Chemielabors bietet auch für den Physik- und Technikunterricht höchst interessante Projekte. Das Physiklabor des Teutolab an der Universität Bielefeld wurde ausgewählt, um den wichtigen Aspekt des physikalischen Anfangsunterrichts, für den es zahlreiche Anregungen liefert, exemplarisch abzudecken.

Der Beitrag zur Photovoltaik (Bau und Betrieb einer Grätzel-Zelle) ist am Schülerlabor des HMI in Berlin entstanden. Er zeigt, wie aus einem Schülerlabor-Versuch ein experimentelles Projekt für den Physikunterricht vor Ort entwickelt werden kann, das sehr nahe an Themen aktueller Forschung heranführt. Abschließend wird mit SchulPOOL ein Konzept der Universität Wuppertal vorgestellt, das man fast als ein wanderndes Schülerlabor ansehen kann: Experimentiersätze können von Schulen aus dem Wuppertaler Umfeld angefordert werden und ermöglichen die Durchführung anspruchsvoller Experimente im Unterricht, ein sehr nachahmenswertes Projekt.

Die Beiträge zeigen, dass die Schülerlabor-Szene äußerst rege und aktiv ist und dass Kontakt und Erfahrungsaustausch für die Unterrichtspraxis sich lohnen. Es ist zu hoffen, dass das vorliegende Themenheft zu einer möglichst umfassenden Nutzung der Möglichkeiten der Schülerlabore anregt und zu einer noch stärkeren Wechselwirkung zwischen der Schule und außerschulischen Lernorten beiträgt.

Literatur

1. M. Zwick & O. Renn, Die Attraktivität von technischen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern bei der Studien- und Berufswahl junger Frauen und Männer. Stuttgart. Akademie für Technikfolgenabschätzung (2000)
2. Kessels, U. et al., Physik Journal 1 (11) 2002 65
3. Vorreiter ist das BLK-Sinus-Programm zur Steigerung der Effizienz des math.-nat. Unterrichts. Die BMBF-Kontext-Projekte Chemie im Kontext (www.chemie-im-kontext.de) und Physik im Kontext (www.physik-im-kontext.de) entwickeln und untersuchen Möglichkeiten der Förderung naturwissenschaftlicher

Kompetenzentwicklung durch eine verbesserte kontextuelle Einbindung des Fachunterrichts in Anwendungszusammenhänge und in aktivierende Lernumgebungen.

4. U. Ringelband, M. Euler & M. Prenzel (Hrsg.), Lernort Labor. IPN. Kiel (2001)
5. D. Hodson, *Studies in Science Education* 22 (1993) 85
6. W. Harlen, *Effective teaching of science - a review of research*. SCRE. Edinburgh (1999)
7. M. Euler, *Int. School of Physics "Enrico Fermi", Course CLVI*, IOS Press, Amsterdam (2004) 175
8. G. Holton, *Thematische Analysen der Wissenschaft*, Frankfurt. Suhrkamp (1981)
9. F. Steinle, *Exploratives Experimentieren*. *Physik Journal*, 3(6) (2004) 47
10. R. P. Crease, *The Prism and the Pendulum: The Ten Most Beautiful Experiments in Science*. New York. Random House (2003)
11. F. Garbarini & M. Adenzato, *Brain and Cognition*, 56 (2004) 100
12. F.J. Varela, E. Thompson & E. Rosch, *The embodied mind*, Boston, MIT Press (1991)
13. V. Gallese, *J. Consciousness Studies* 8 No. 5-7 (2001) 33
14. M. Euler, *Praxis der Naturwissenschaften-Physik* 4/49 (2000) 10
15. M. Euler, in: M. Michelini & M. Cobal (Eds.), *Developing formal Thinking in Physics*. Udine. Forum (2002) 13
16. J. Wellington, *Physics Education* 25 (1990) 247
17. J. Gerstenmaier und H. Mandl, *Z. Pädagogik* **41** (1995) 867
18. K. Klauer, *Z. Päd. Psych.* 13(3) (1999) 117
19. K. Engeln, *Schülerlabors: Authentische und aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*, Dissertation, Kiel, Logos-Verlag, Berlin (2004)
20. K. Engeln & M. Euler, *Physik Journal* 3(11) (2004) 45
21. S. Mikelskis-Seifert & M. Euler, *Praxis der Naturwissenschaften-Chemie in der Schule* 4/54 (2005) 15



Bild 1: Am Seifenfilmkanal, einer der Lernstationen des DLR Schülerlabors in Göttingen, werden Strömungsphänomene untersucht mit einer optischen Interferenzmethode untersucht.



Bild 2: Am Schülerlabor des GKSS in Geesthacht führen die Schülerinnen und Schüler einer Klasse parallel die gleichen Experimente mit Brennstoffzellen durch.

Kasten 1: Checkliste für gelingendes Lernen im Schülerlabor

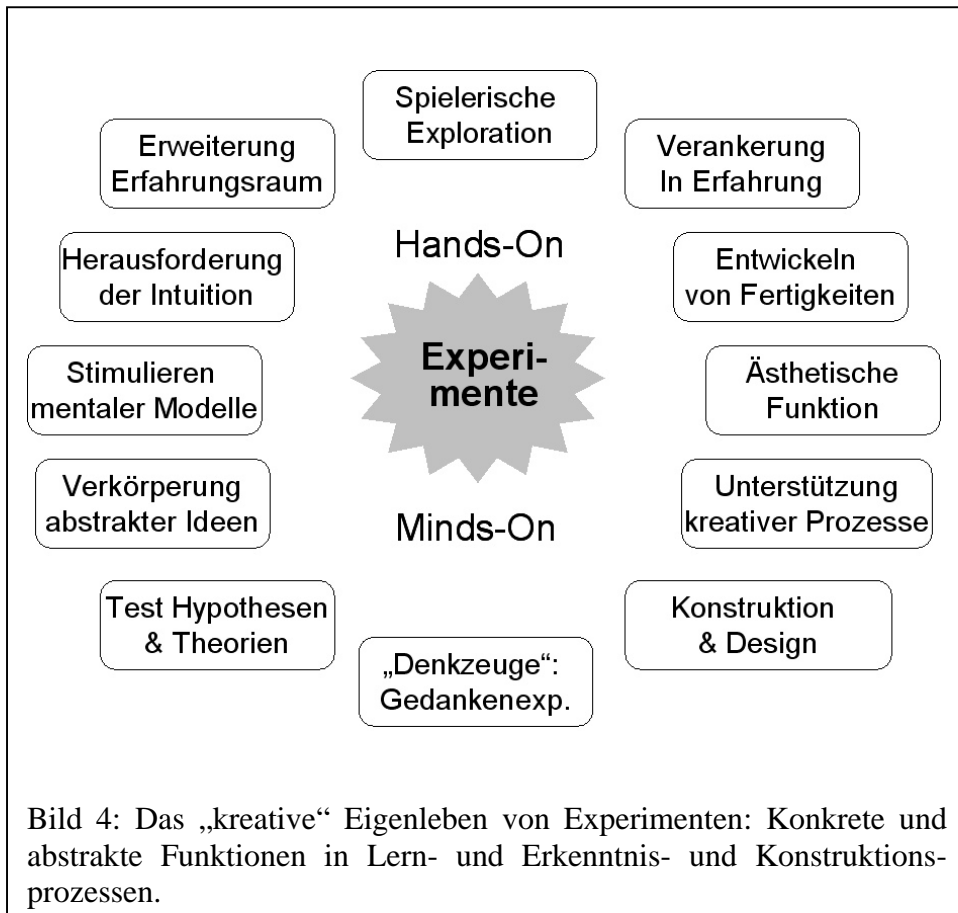
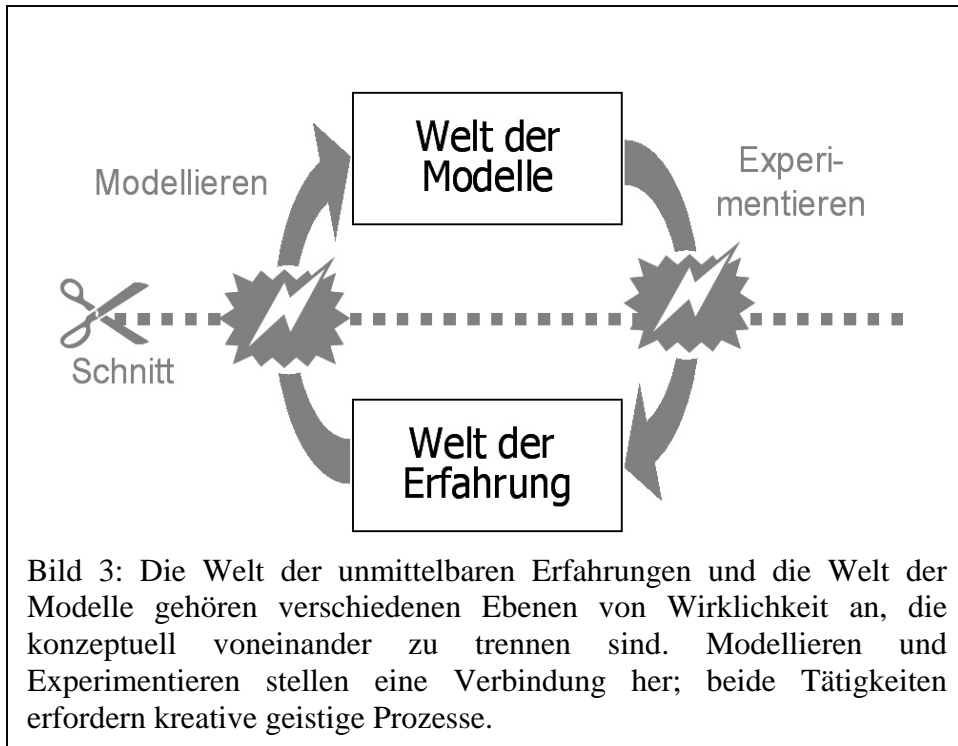
Die Experimente sollen die Lernenden aktivieren, herausfordern und ihre Selbständigkeit sowie Kooperations- und Kommunikationsprozesse fördern.

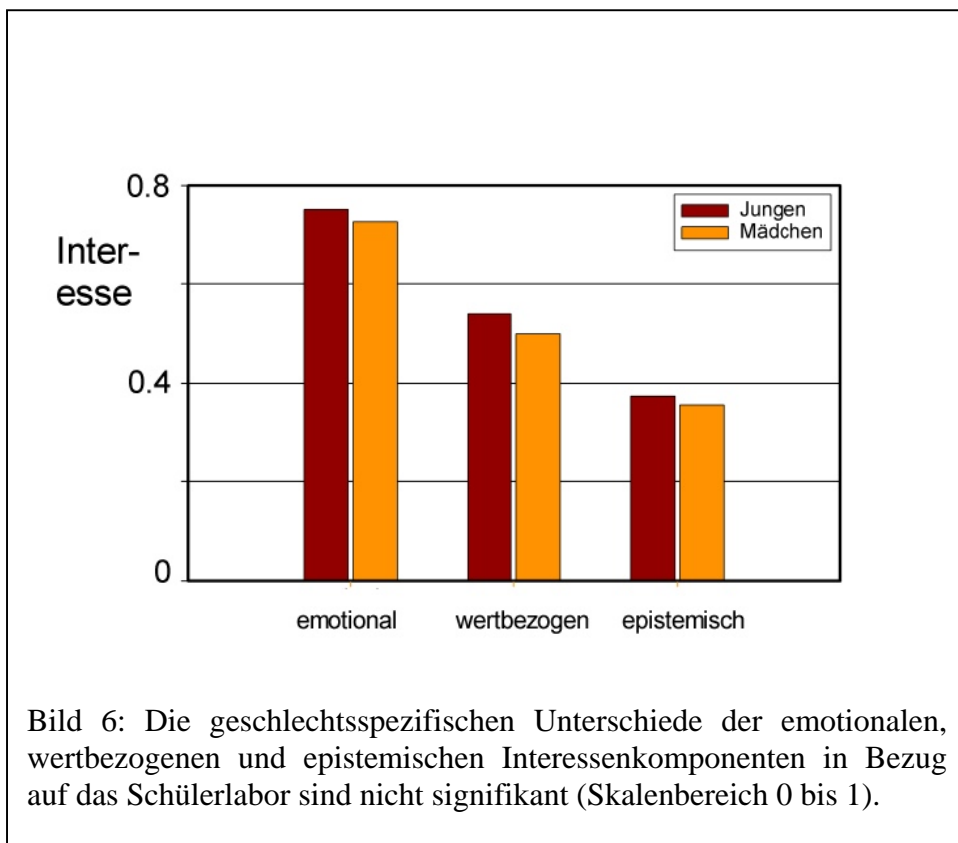
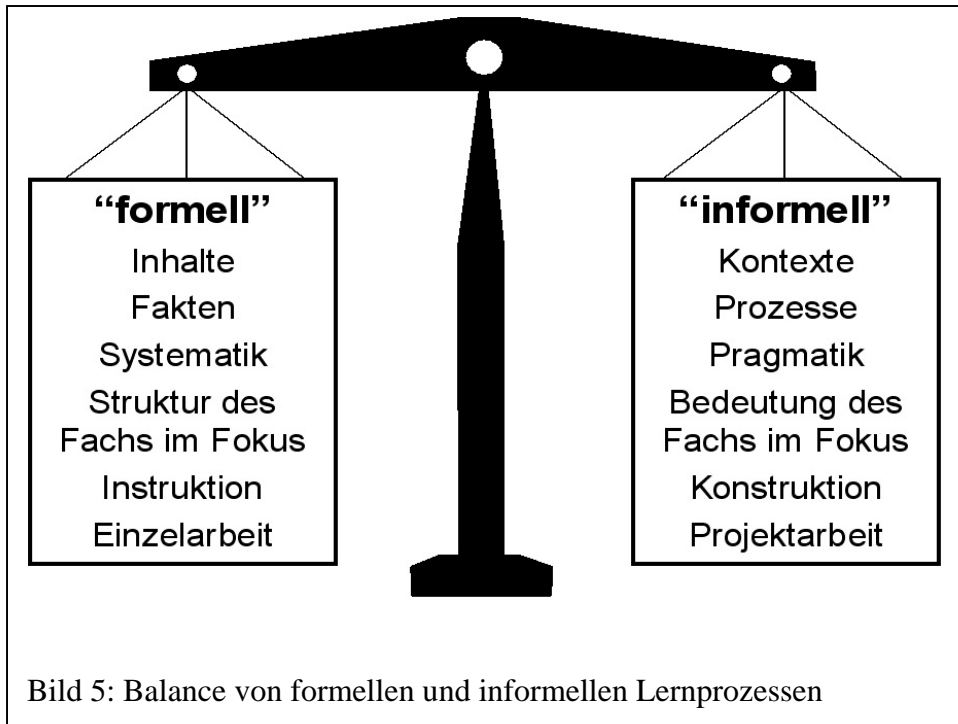
Ziel und Zweck der Experimente müssen einsichtig sein und an dem Vorwissen und den Erfahrungen der Lernenden ansetzen.

In den Aktivitäten sollen keine kochbuchartigen Rezepte umgesetzt werden; vielmehr sollen bei der Planung von Experimenten die Vorstellungen und Vermutung der Lernenden aufgegriffen und produktiv weiterentwickelt werden.

Hinreichende Kontrolle über die Planung der Arbeit sowie Selbständigkeit bei der Durchführung müssen gegeben sein ohne die Schülerinnen und Schüler zu überfordern. Es sollten Möglichkeiten bestehen, eigene Ideen zu realisieren und reflektieren, Hypothesen zu testen, Anwendungen zu erproben. Experimente müssen insofern „funktionieren“ als sie den Schülerinnen und Schülern Kompetenzerlebnisse vermitteln.

Die Experimente sollten die Nutzung von geeigneten Werkzeugen einbeziehen, und zwar sowohl Werkzeuge, die sich auf das engere naturwissenschaftliche Arbeiten beziehen (Beobachten, Messen, Datenaufnahme und -analyse, Visualisieren, Modellieren) sowie Werkzeuge zur Förderung von Schlüsselqualifikationen (Kooperation, Kommunikation, Präsentation der Ideen, Ergebnisse und Produkte).





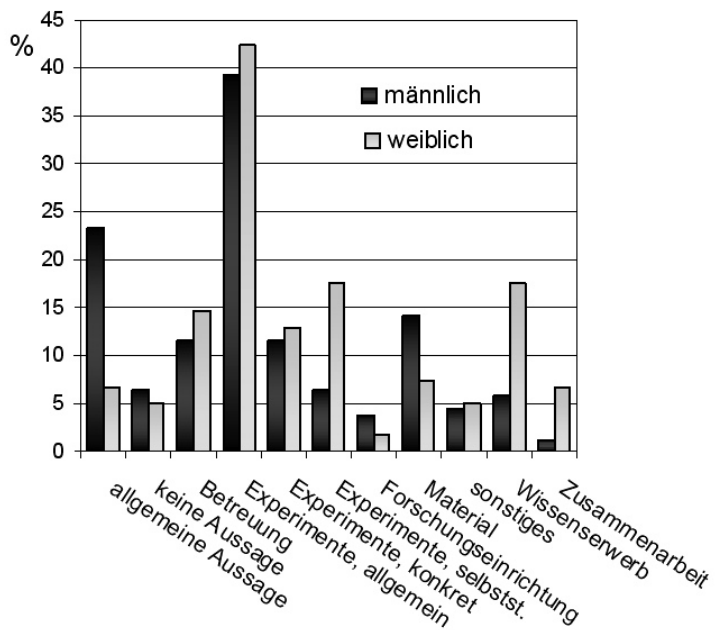


Bild 7: Zuordnung der Antworten auf die offene Frage „Was hat dir beim Laborbesuch am besten gefallen?“ in Abhängigkeit vom Geschlecht.

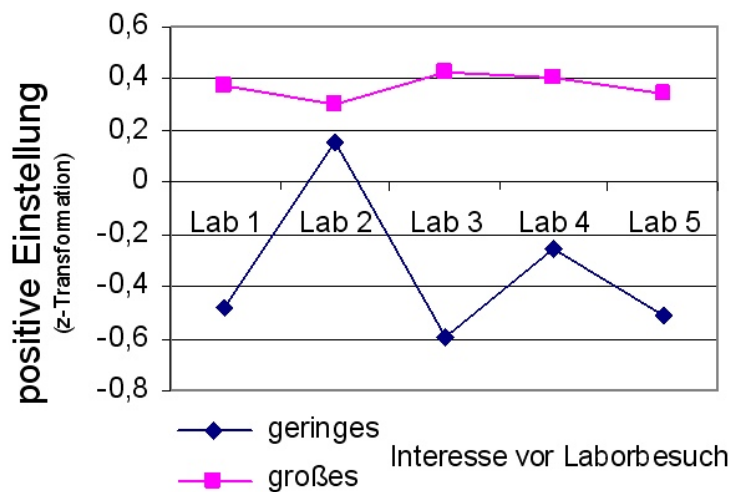


Bild 8: Die Labore wirken auf ganz unterschiedliche Weise. Während alle Labore von der Schülergruppe mit hohem Eingangsinteresse an Naturwissenschaften und Technik gleichermaßen als interessant erlebt werden, ergeben sich große Differenzen bei den weniger Interessierten. Das Labor B, das stärker angeleitete Experimente anbietet, wird von dieser Gruppe besonders positiv bewertet.

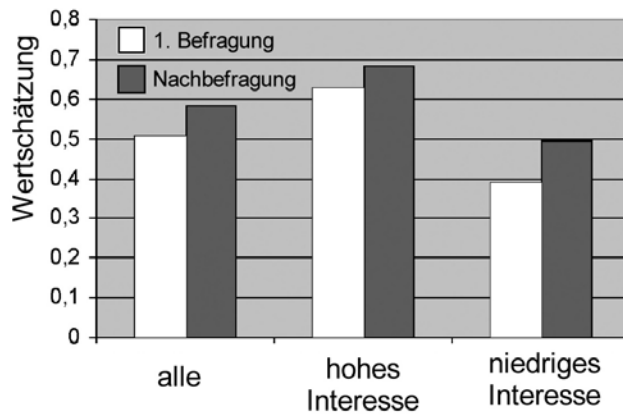


Bild 9: Entwicklung der Wertschätzung des Laborbesuchs differenziert nach Schülergruppen mit hohem und niedrigem Eingangsinteresse. Zwischen der 1. und der 2. Befragung sind drei Monate vergangen.