

Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht

Empirische Untersuchung zu kognitiven und motivationalen Wirkungen
eines naturwissenschaftlichen Lehr-Lernarrangements

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Eberhard Karls Universität Tübingen

vorgelegt von
Heike Itzek-Greulich
aus Heidelberg

Tübingen

2014

Tag der mündlichen Prüfung:

19.12.2014

Dekan:

Professor Dr. rer. soc. Josef Schmid

1. Gutachter:

Prof. Dr. Ulrich Trautwein

2. Gutachter:

Prof. Dr. Markus Rehm

Danksagung

Zahlreiche Personen haben auf unterschiedliche Weise diese Arbeit ermöglicht, begleitet und gefördert. Dieser Vielzahl an Wegbegleiterinnen und -begleitern möchte ich meinen Dank aussprechen.

In diesem Zusammenhang gilt mein größter Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Ulrich Trautwein, Universität Tübingen, der mir die Möglichkeit gegeben hat, in einem überaus anregenden Umfeld zu arbeiten, mich methodisch und fachlich weiter zu entwickeln, zu lernen und zu promovieren. Mein Dank gilt Prof. Dr. Markus Rehm (Pädagogische Hochschule Heidelberg), der es mir ermöglicht hat, mich in einem spannenden und höchst inspirierenden Forschungsumfeld zu bewegen.

Auch Dr. Barbara Flunger und Prof. Dr. Benjamin Nagengast, Universität Tübingen, waren für mich vor allem methodisch stets wertvolle Ansprechpartner, haben mich inspiriert und motiviert.

Für die Kollegialität und seine Vorschläge sowie für die gemeinsame und verlässliche Zusammenarbeit danke ich herzlich Prof. Dr. Christian Vollmer, Pädagogische Hochschule Heidelberg. Zu großem Dank verpflichtet bin ich den Lehrpersonen und Schülerinnen und Schülern der beteiligten Schulen, an denen die Studie stattfand. Insbesondere Herrn Michael Scheurer, Helene Lange Realschule Heilbronn, für die praktischen Ideen, Frau Kern-Manschott, Realschule Walldorf und Herrn Kaiser, Realschule Güglingen, welche konstruktive Rückmeldungen während der Pilotphase gaben und zum Erfolg der Überarbeitung beigetragen haben.

Im Rahmen des kooperativen Promotionskollegs „Effektive Lehr-/Lernarrangements: Empirische Evaluation und Intervention in der Pädagogischen Praxis“ (Universität Tübingen und Pädagogische Hochschule Ludwigsburg) wurde mir durch die finanzielle, infrastrukturelle und organisatorische Unterstützung die Möglichkeit gegeben, diese Dissertation anzufertigen.

Dank gilt auch der finanziellen Unterstützung durch Drittmittelgeber: An den Schulen konnte das Lehr-Lernarrangement durch die finanzielle Unterstützung des Fonds der chemischen Industrie realisiert werden. Das Lehr-Lernarrangement am Schülerlabor wurde durch die finanzielle Unterstützung der experimenta gGmbH, Heilbronn gewährleistet. Dem pädagogischen Leiter der experimenta, Heilbronn, Dr. Thomas Wendt, danke ich dafür, dass er sich auf das „Wagnis“ einer empirischen Studie eingelassen hat. Neben den Projektmitteln des Kooperativen Promotionskollegs wurde diese Studie noch durch die Forschungsförderung der PH Ludwigsburg finanziell unterstützt.

Die Motivation zum wissenschaftlichen Arbeiten, die Entstehung dieser Forschungsfrage und die Anfertigung dieser Dissertation entstammt einem längeren wissenschaftlichen Sozialisationsprozess, welcher 2007 mit dem Einstieg als Projektkoordination eines Schülerlabors an der PH Heidelberg begann.

Für die Unterstützung im Prozess der Datenerhebung danke ich den zahlreichen studentischen Hilfskräften, hier möchte ich namentlich Isabell Fertig nennen sowie für die Mitarbeit bei der Datenauswertung Nadine Merkle und Frederik Treger. Für die Unterstützung im Prozess der Konzeption des Lehr-Lernarrangements danke ich Thomas Seilnacht.

Grundvoraussetzung für die Anfertigung dieser Arbeit war mein Mann Stefan Greulich, der mich in höchstem Maße familiär kontinuierlich dabei unterstützte, mein eigenes Potenzial zu entfalten.

Zusammenfassung

In Bezug auf die vorliegende publikationsbasierte Dissertation „Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht“ vollzog sich die Forschungstätigkeit im Rahmen des Kooperativen Promotionskolleg „Effektive Lehr-Lernarrangements: Empirische Evaluation und Intervention in der Pädagogischen Praxis“ der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg und der Universität Tübingen. Gefördert wurde dieses Kolleg vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg. Aufgrund der Forschungsfragen beinhalten diese drei Aufsätze, welche entweder bereits veröffentlicht sind oder in Peer-Review-Verfahren begutachtet werden. Diese drei thematisch verwandten Manuskripte werden von einer Einführung und einer Gesamtdiskussion eingerahmt.

Außerschulische Lernorte wie Schülerlabore bieten gegenüber der Schule veränderte institutionelle Rahmenbedingungen. Diese zeigen sich bspw. in der Ausstattung (moderne Experimentiergeräte, Laborräume), dem Personal (oft wissenschaftliche Mitarbeiter), den Themen (vielfach forschungsorientiert) und dem Projektcharakter (mehrstündige Experimentiertage). Damit sind vielfältige Hoffnungen verbunden, wie z.B. der Steigerung des Interesses und der Stärkung des Fähigkeitsselbstkonzepts sowie des Gewinnens eines Einblicks in Berufsfelder. Verschiedene Forschungsarbeiten widmen sich vor diesem Hintergrund der Wirksamkeit von Schülerlaboren (im Überblick deutscher Studien z.B. Priemer & Pawek, 2014). Dabei ist zu beachten, dass eine übersichtliche Anzahl an deutschen Studien vorliegt, wobei diese aber auch eine hohe Diversität aufweisen (Guderian & Priemer, 2008). Dies erschwert eine strenge systematische Metaanalyse und den Vergleich zu den bereits abgeschlossenen Studien. Auch Effekte der Einbindung eines Schülerlaborbesuchs in den naturwissenschaftlichen Unterricht im Vergleich zu anderen Lerngruppen (nur Schülerlaborbesuch, nur Schulunterricht) in Bezug auf Motivation, Lernemotionen und Lernleistung sind noch nicht hinreichend erforscht und beschrieben. Bisherige Studien zu Effekten von Schülerlaborbesuchen sind zudem mit methodischen Schwächen wie der Missachtung der Mehrebenenstruktur behaftet, was verlässliche Schlüsse erschwert.

Die WiSS-Studie (WiSS, Wirksamkeit Schule-Schülerlabor, Kapitel 2) untersuchte Effekte eines außerschulischen Lernorts (Schülerlabor; engl.: Science Center Outreach Lab, *SCOL*) auf die Leistungsmotivation, Lernemotionen und Lernleistung von Schülerinnen und Schülern im naturwissenschaftlichen Schulunterricht in drei Lehr-Lernarrangements als Treatmentgruppen (1) Schule (*School only*), (2) Labor (*SCOL only*) und (3) Schule+Labor (Einbindung, *SCOL & school*) und einer Kontrollgruppe (*control group*) mit Pre- und Post-Erhebungen und mittels Kurzfragebögen während des Lerngeschehens. Die Intervention hatte die Unterrichtseinheit „Starke Stärke“ (Kapitel 2.5) aus der organischen Chemie zum Thema. Die Fragestellung der Studie lautete: Welche Effekte haben die unterschiedlichen Lehr-Lernarrangements auf die Lernleistung und die Motivation (State und Trait-Maße) von Schülern? Die über die Treatmentgruppen randomisierte Stichprobe (68 neunte Realschulklassen) wurde mit quantitativen Fragebögen und Leistungstests befragt.

Zur Erklärung dieser offenen Fragen wurden in der vorliegenden Arbeit Vorgängerstudien herangezogen und drei empirische Studien (Kapitel 3) durchgeführt. Diese wurden unter Berücksichtigung der vorliegenden Mehrebenenstruktur ausgewertet.

Studie 1 stellt zunächst kurz bisherige „Schülerlaborforschung“ auf internationaler Ebene vor. Nach der Erläuterung der Methoden, des experimentellen Designs folgt die Darstellung und Erläuterung des Lehr-Lernarrangements „Starke Stärke“. Der Ergebnisteil führt eine Skala zur Er-

fassung der Lernleistung und deren deskriptive Befunde auf. Im Anschluss daran folgt eine Diskussion über diese Leistungsdaten.

Studie 2 untersuchte die Effektivität (Lernzuwachs) eines Schülerlabors in einem Science Center (SCOL) zu einem Thema der organischen Chemie namens „Starke Stärke“ mit einem Pre-Post-Design. Hier wurden 68 Realschulklassen (n = 1287) des neunten Schuljahres zufällig vier Lerngruppen zugewiesen. Eine Mehrebenen-Analyse ermittelte die Leistungsunterschiede mit Treatmentgruppen als Prädiktoren auf Klassenebene und Geschlecht und Vorwissen als Prädiktoren auf Schülerebene. Auch wenn die Intervention in allen drei Bedingungen effektiv war (höhere Leistung im Vergleich zur Kontrollgruppe), deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Schüler in der Bedingung des Lernens im Klassenraum (*School only*) und in der kombinierten Bedingung (*SCOL & school*) mehr in Bezug auf den Lernleistungstest „Starke Stärke“ (aV: „Carbohydrate Specific Knowledge“, „Chemical Terms“, „Experimental Specific Knowledge“, „Declarative Knowledge“) gelernt haben als die Schüler in der *SCOL only*-Bedingung.

Studie 3 untersuchte zum einen, ob sich Unterschiede im generellen Interesse bezüglich außerschulischer Lernorte auch während des Schülerlaborbesuchs (State-Maße) widerspiegeln und ob sich motivationale Unterschiede vor und nach der Intervention feststellen lassen (Trait-Maße). Selbstbeurteilungsdaten zu Leistungsempfinden und Wertvorstellungen wurden während und nach der Intervention von 1415 deutschen Schülern der weiterführenden Realschule (9. Schuljahr; Durchschnittsalter = 15,33) in 52 Klassen gesammelt. Untersucht wurde die motivationale Wirkung der Lernarrangements (Experimentalgruppen: *SCOL only*, *SCOL & School*, *School only*) vor, und während [nach dem Theorieteil (4 Schulstunden) und nach dem Praxisteil (4 Schulstunden)] der Intervention, analog wurden die Testungen in der *control*-Gruppe durchgeführt. Eine Mehrebenenanalyse zeigte Unterschiede in den Wertvorstellungen auf Schülerebene. Auch wenn die Intervention in allen drei Experimentalgruppen effektiv war – größere Kompetenz beim Leistungsempfinden, mehr Freude, mehr aktuelles Interesse und weniger Langeweile im Vergleich zur Kontrollgruppe – zeigten die Schüler in der Bedingung Schülerlabor (*SCOL*) und in der Einbindungsgruppe (*SCOL & school*) geringeren Aufwand (Wertkomponenten cost) und ein höheres Kompetenzerleben. Insgesamt wurden in allen Lernarrangements hinweg stärkere Effekte während der Praxisphase der Intervention als während des Theorieteils evident. Das könnte darauf hindeuten, dass praktische Laborarbeit für Schülerinnen und Schüler motivierend ist, und dem Lernort dafür eventuell weniger starke Bedeutung zukommt.

Die Dissertation schließt mit einer Gesamtdiskussion, die Bezug auf die Forschungsergebnisse nimmt. Darin werden die zentralen Befunde zusammengefasst (Kapitel 4.1), die studienübergreifenden Stärken und Grenzen benannt, Implikationen für die zukünftige Forschung und die Praxis abgeleitet sowie ein Fazit gezogen (Kapitel 5).

Im Anhang finden sich zahlreiche zusätzlich eingesetzte Materialien wie z.B. das an den Schulen eingesetzte Schülerarbeitsheft „Starke Stärke“.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und theoretischer Rahmen der Arbeit.....	8
1.1	Ausgangslage	9
1.1.1	Naturwissenschaftliche Grundbildung.....	10
1.1.2	Interessensabnahme	11
1.2	Schülerlabore: Außerschulische Lernorte im MINT-Bereich	14
1.2.1	Begriffsschärfung Schülerlabor und Beispiele	14
1.2.2	Implementation von Schülerlaboren.....	15
1.2.3	Überprüfung von Zielen der Schülerlabore	15
1.3	Stand der Forschung.....	17
1.3.1	Forschungslücke	22
1.3.2	Forschungsfragen	26
2	Die Studie WiSS (Wirksamkeit Schule-Schülerlabor).....	27
2.1	Durchführung der WiSS-Studie.....	28
2.1.1	Forschungsfeld „experimenta“ Heilbronn.....	28
2.2	Forschungsdesign	28
2.3	Datenstruktur	30
2.3.1	Mehrebenenanalyse	30
2.4	Motivation, Lernemotionen und Lernleistung.....	31
2.5	Das Lehr-Lernarrangement „Starke Stärke“	34
3	Studien 1-3	38
3.1	STUDY 1: The Impact of a Science Center Outreach Lab Workshop On German 9th Graders' Achievement in Science.....	39
3.2	STUDY 2: Effects of a Science Center Outreach Lab on School Students' Achievement – Are Student Lab Visits Needed When They Teach What Students can Learn at School? ..	50
3.3	STUDY 3: Are Science Labs More Motivating Than Regular School Lessons? A Cluster Randomized Field Trial.....	69
4	Zusammenfassung	90
4.1	Überblick über die Publikationen	90
4.1.1	Studie 1	90
4.1.2	Studie 2	91
4.1.3	Studie 3	92
4.2	Möglichkeiten und Grenzen der derzeitigen Forschung	95

5 Fazit und Ausblick	98
5.1 Vorschlag für Folgestudie.....	99
5.1.1 Experimenteller Fähigkeiterwerb (Practical Skills).....	99
5.1.2 Effektive Lehrerfortbildung für außerschulische Lernorte des naturwissenschaftlichen Unterrichts?	101
Literaturverzeichnis	102
Anhang	122
Anhang 1: Faltblatt WiSS Studie	123
Anhang 2: Ausschreibungen regionale Lehrerfortbildungen	125
Anhang 3: Schülerarbeitsheft „Starke Stärke“	127
Anhang 4: Gefährdungsbeurteilungen	155
Anhang 5: Digitale Folien „Starke Stärke-Kohlenhydrate“	161
Anhang 6: Materialliste Experimentierkiste.....	163
Anhang 7: Experimentierkisten, Schülerinnen beim Experimentieren	164
Anhang 8: Fragebogen „Starke Stärke“	165

1. Einleitung und theoretischer Rahmen der Arbeit

„Seit der ersten PISA-Erhebung im Jahr 2000 haben sich im Bereich der naturwissenschaftlichen Kompetenz in Deutschland bedeutsame Veränderungen ergeben. Bei PISA 2000 lag die mittlere naturwissenschaftliche Kompetenz der Schülerinnen und Schüler in Deutschland signifikant unterhalb des OECD-Durchschnitts. PISA bekräftigte so die Ergebnisse der Third International Mathematics and Science Study TIMSS, [...] die bereits auf Schwächen in der Mathematik und in den Naturwissenschaften hingewiesen und erste Maßnahmen zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ausgelöst hatte. Die nachfolgenden PISA-Erhebungen in den Jahren 2003 und 2006 lieferten erste Hinweise darauf, dass die Anstrengungen und Maßnahmen zu wirken begonnen haben. [...] Bei PISA 2006, als die Naturwissenschaften zum ersten Mal den Schwerpunkt der Erhebung bildeten, lagen die mittleren Kompetenzwerte für Deutschland [...] erstmals signifikant oberhalb des OECD-Mittelwertes. Wie stellen sich die Befunde im Jahr 2009 – neun Jahre nach der ersten PISA-Erhebung – dar? Die mittlere naturwissenschaftliche Kompetenz der fünfzehnjährigen Schülerinnen und Schüler in Deutschland liegt [...] signifikant oberhalb des OECD-Durchschnitts.“ (Klieme et al., 2010, p. 193).

Dieses Zitat aus der PISA-Studie 2009 (Programme for International Student Assessment – internationale OECD-Schulvergleichsstudien) für Deutschland belegt, dass die Naturwissenschaften im Unterricht zunehmend an Relevanz gewinnen. Damit folgen die Schulen einem gesellschaftlichen Trend: Technik und Naturwissenschaften werden auch im Alltag immer wichtiger. Um die neuen Herausforderungen meistern zu können, die z.B. durch die neuen Medien und Technologien entstanden sind, bedarf es eines Mindestmaßes an naturwissenschaftlicher Grundbildung (Baumert et al., 2001; vgl. Dubs, 2002; Osborne & Dillon, 2008a). Bereits Kinder und Jugendliche, aber auch Erwachsene, sollen durch eine entsprechende Qualifizierung befähigt werden, an den zunehmenden Veränderungen und schnellen Entwicklungen teilzuhaben sowie naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Diskussionen einordnen und bewerten können. Trotz der anwachsenden Wichtigkeit von Naturwissenschaften im Allgemeinen und technischer Kompetenz im Besonderen fehlen noch immer Nachwuchskräfte in diesen Bereichen, insbesondere in den Ingenieurwissenschaften (vgl. Euler & Thim, 2009; Zwick & Renn, 2000). Als ein Grund für diesen Mangel wird in den Fachdiskussionen die im Vergleich zu anderen Ländern geringe Affinität der deutschen Schülerinnen und Schülern (Schreiner & Sjøberg, 2004) zu den sogenannten MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) genannt (Hofheinz, 2008). Dieses Desinteresse zeigt sich auch in den Ergebnissen internationaler Vergleichsstudien: Bei vielen Kindern und Jugendlichen nimmt im Verlauf der Schulzeit die Wissbegierde bezüglich den Naturwissenschaften stark ab. Lediglich 43 % der untersuchten deutschen Schülerinnen und Schüler können als naturwissenschaftlich kompetent bezeichnet werden (vgl. Prenzel, 2007a). Der Anteil der jungen Menschen, die sich wenig oder gar nicht für die zugehörigen Fächer interessieren, ist dabei mit einem Anteil von 12,2 % im internationalen Vergleich sehr groß (vgl. Prenzel, 2007a). Die Mehrheit der leistungsstarken Schülerinnen und Schüler interessiert sich nicht für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Ihren Aussagen zufolge sind die Unterrichtsinhalte in diesen Fächern nicht nur komplex und schwer fassbar, sondern schlicht nicht interessant genug (vgl. Prenzel, 2005). Oft müssen Sachverhalte nur theoretisch nachvollzogen oder abgearbeitet werden. Nicht gefragt sind in der Regel hingegen eigene Gedanken, selbstständiges Lernen und Kreativität (vgl. Prenzel et al., 2010).

Insgesamt initiieren drei Defizite (Abschneiden bei internationalen Vergleichsstudien, Interessensabnahme, Fachkräftemangel) in verschiedenen europäischen Ländern diverse innerschulische und außerschulische Maßnahmen. Dazu gehört auch der Einbezug außerschulischer Lernorte und die Nutzung speziell für Schulklassen eingerichteter Programme wie bspw. Schülerlabore (Engeln & Vorst, 2007) und Science Center, die in besonderem Maße die MINT-Förderung begünstigen sollen.

Mit der Gründung von Schülerlaboren in Deutschland vor mehr als 10 Jahren begannen auch die ersten empirischen Wirksamkeitsuntersuchungen. Der Schwerpunkt lag hierbei auf der Interessensentwicklung der Schülerinnen und Schüler an den Naturwissenschaften während eines Labortages. Dabei konnte eine kurze bis mittelfristige Interessenszunahme festgestellt werden (u.a. Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009). Auch nach den Analysen des Nachwuchsbarometers sind diese vorhandenen PUSH-Konzepte motivationsfördernd (acatech, 2009, p. 62). Sie haben allerdings nur dann einen nachhaltigen Einfluss auf das Interesse, wenn die Schülerinnen und Schüler mit ihrer Motivation und Neugierde dann auch in der Schule „abgeholt“ werden und sie das Anfangsinteresse weiter pflegen können (acatech, 2009).

1.1. Ausgangslage

Wie das Zitat am Anfang der Einleitung zeigt, deuten bereits die Befunde von PISA 2003 an, dass die eingeleiteten schulischen Maßnahmen zur Förderung der Naturwissenschaften eine Wirkung zeigen konnten: Während Deutschland im Jahr 2000 noch unter dem OECD Durchschnitt lag, lässt sich mittlerweile eine Stabilisierung feststellen (vgl. Roth, Walter, & Carstensen, 2004). In der PISA-Studie aus dem Jahr 2006 konnte eine Fortsetzung dieser positiven Entwicklung festgestellt werden (vgl. Prenzel, 2007b). Erstmals schnitten die deutschen Jugendlichen signifikant besser ab als der Durchschnitt der OECD-Staaten. Bei PISA 2009 stabilisierten sich die Ergebnisse auf diesem hohen Niveau (vgl. Rönnebeck, Schöps, Prenzel, Mildner, & Hochweber, 2010). Die Ergebnisse der PISA-Studie aus dem Jahr 2012 zeigten, dass sich dieser positive Entwicklungstrend fortsetzt: So sind die Mittelwerte seit PISA 2006 um weitere 9 Punkte gestiegen. Damit haben sich die Leistungen in den Naturwissenschaften auf einem im internationalen Vergleich hohen Niveau stabilisiert (vgl. Prenzel, 2013). Deutschland konnte, wie bisher kein anderer OECD-Staat, eine vergleichbar positive Entwicklung der naturwissenschaftlichen Kompetenz verzeichnen (Prenzel, 2013, p. 191).

Zu ähnlichen Ergebnissen kam die „Third International Mathematics and Science Study“ (TIMSS): Die naturwissenschaftliche Kompetenz von deutschen Schülerinnen und Schülern liegt im Vergleich zu anderen Staaten nur im mittleren Leistungsbereich (vgl. Baumert & Rainer, 1997; Beaton, 1996). Auch aufgrund dieser Ergebnisse wurden auf breiter Basis angelegte Maßnahmen, z.B. in Form von innerschulischen Modellversuchen wie „SINUS – Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (z.B. Brönstrup, 2007; Prenzel, 2009); Chemie im Kontext (Demuth, 2008) oder BIQUA (Doll & Prenzel, 2001) zur Verbesserung der naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung in Deutschland eingeleitet (vgl. Prenzel, Friedrich, & Stadler, 2009).

Allerdings geschehen Verbesserungen zwar erkennbar, aber nur auf geringem, (zu) niedrigem Niveau. So sind im Zeitraum PISA-Untersuchungen (aus den Jahren 2000 bis 2012) die Anteile der Jugendlichen unter die zweite Kompetenzstufe gesunken (vgl. Prenzel, Sälzer, Klieme, & Köller, 2013). Für eine Informations- und Kommunikationsgesellschaft wie Deutschland sind die Felder „Naturwissenschaft“ und „Technik“ wichtige Innovationsquellen für den ökonomischen

Erfolg einer hoch entwickelten Volkswirtschaft. Benötigt werden hochqualifizierte Fachleute aus den MINT-Bereichen. Ohne diese Spezialisten ist mittelfristig auch der allgemeine Wohlstand und die soziale Sicherheit der deutschen Wissensgesellschaft bedroht (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2010, p. 15).

1.1.1. Naturwissenschaftliche Grundbildung

Letztlich mangelt es in Deutschland noch immer an einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. Diese als „Scientific Literacy“ bezeichnet, gehört in einer zunehmend durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Gesellschaft zu den unverzichtbaren Komponenten einer zeitgemäßen Allgemeinbildung (Aufschnaiter & Rogge, 2010; Hostenbach, Fischer, Kauertz, & Mayer, 2011). Für diesen angelsächsischen Begriff „Scientific Literacy“ lässt sich keine deckungsgleiche wörtliche deutsche Übersetzung finden. Seit den PISA-Studien wird dieser Ausdruck in der deutschsprachigen Literatur aber überwiegend als „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ übersetzt. Bei den damit verbundenen Anforderungen an eine solche naturwissenschaftlich fundierte Bildung steht die Frage im Fokus, mit welchen konzeptionellen Ansätzen nicht nur potenzielle zukünftige Fachleute qualifiziert werden können, sondern wie im Sinne von „science for all“ (AAAS, 1989; AAAS Project 2061, 1993; National Research Council, 1996; OECD, 2007; Rutherford & Ahlgren, 1990)) eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle zukünftigen Staatsbürger vermittelt werden kann (Osborne, 2007; Osborne & Dillon, 2008b; Roberts, 2007).

Im Rahmen von PISA 2006 wird naturwissenschaftliche Grundbildung definiert als

- das naturwissenschaftliche Wissen einer Person und deren Fähigkeit, dieses Wissen anzuwenden, um Fragestellungen zu identifizieren, neue Erkenntnisse zu erwerben, naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären und auf Beweisen basierende Schlüsse über naturwissenschaftliche Sachverhalte zu ziehen,
- das Verständnis der charakteristischen Eigenschaften der Naturwissenschaften als eine Form menschlichen Wissens und Forschens,
- die Fähigkeit zu erkennen, wie Naturwissenschaften und Technologie unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umgebung prägen und
- die Bereitschaft, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und Ideen als reflektierender Bürger auseinanderzusetzen. (OECD, 2007, pp. 41–42)

„Scientific Literacy“ bezieht sich sowohl auf bestimmte Wissensbestände als auch auf die Methoden der Wissensproduktion, die Struktur dieses Wissens, auf die Wissenschaft und ihre Methoden und Anwendungen sowie deren kritische Reflexion. Die zunehmende Anwendbarkeit naturwissenschaftlicher Kenntnisse und die Entwicklung entsprechender Kompetenzen spielt daher in der Diskussion um „Scientific Literacy“ eine wichtige Rolle (Gräber, 2002; Gräber & Claus Bolte, 1997; Gräber, Nenniger, & Nicolson, 2002). Naturwissenschaftliche Grundbildung wird dabei als ein „Kontinuum“ verstanden, das sich im Laufe des Lebens weiterentwickelt: *„Der Erwerb der jeweils domänenspezifischen Ausprägung dieser Kompetenzen sollte das Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts sein. Bildung im Allgemeinen – und damit auch Scientific Literacy als naturwissenschaftsbezogene Anteile der Bildung eines Menschen – wird hier verstanden als die Voraussetzung für menschliches Verhalten. Abhängig von der jeweiligen Domäne benötigt der Mensch, um agieren und reagieren zu können, eine bestimmte Wissensbasis, bestimmte Handlungsfähigkeiten und bestimmte Bewertungsmöglichkeiten ...“* (Gräber, Nentwig, Koballa, & Evans, 2002, S. 137).

In Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht ergibt sich eine Lösung von der Struktur der jeweiligen Disziplin hin zu einer Orientierung an spezifische gesellschaftliche Anforderungen: *„In einer ersten Phase sollte eine breite Basis mit wissenschaftlichen Konzepten und prozeduralem Wissen gelegt werden, das in einer zweiten, anwendungsbezogenen Phase problemorientiert integriert werden kann.“* (Gräber et al., 2002, S. 13)

Zusammenfassend lässt sich „Scientific Literacy“ als weithin, nicht nur im angelsächsischen Raum, akzeptiertes Ziel für eine naturwissenschaftliche Grundbildung über einen Zusammenschluss fachlicher und überfachlicher Kompetenzen erschließen. Der naturwissenschaftliche Unterricht sollte auf die Förderung von „Scientific Literacy“ abzielen, mit dem besonderen Schwerpunkt auf dem situationsgerechten Anwenden von prozeduralem und konzeptuellem Wissen. Dabei ist das Experimentieren, die Erkenntnisgewinnung sowie das Bewerten und Kommunizieren naturwissenschaftlicher Inhalte ein essenzieller Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung.

1.1.2. Interessensabnahme

Da die MINT-Fächer bei den Schülerinnen und Schülern relativ unbeliebt sind (Kessels & Hannover, 2007; Kessels, Rau, & Hannover, 2006), wirken diese auf der beruflichen Ebene als Ausschlussmechanismen: Tätigkeiten, die mit Mathematik oder Technik zu tun haben, werden von vielen Jugendlichen gemieden. Dies führt dazu, dass naturwissenschaftlich-technische Berufe proportional weniger bei der Berufswahl berücksichtigt werden als andere. Dabei gehören Physik und Chemie zu den unbeliebtesten Fächern (vgl. Merzyn, 2008), wobei sich das Interesse an den Inhalten mit zunehmendem Alter der Lernenden sogar noch verringert (vgl. Häußler & Hoffmann, 1998). So wird Physik bspw. als schwierig, maskulin und fremdbestimmt angesehen (vgl. Kessels et al., 2006). Wenn auch in der Sekundarstufe I generell das Interesse an allen Fächern abnimmt (Daniels, 2008), verlieren doch Chemie und Physik in dieser Zeit am meisten an Attraktivität (Woest, 1997). Hierbei handelt es sich nicht um ein nationales Problem: Die Abnahme des Interesses an den Naturwissenschaften und der Technik bei den jungen Menschen lässt sich auch in weiteren europäischen Ländern feststellen (vgl. European Commission, 2007). In Schweden, England, Ungarn und Italien zählen die Fächer Chemie und Physik zu den unbeliebtesten (vgl. Merzyn, 2008).

Bereits in der Schule macht sich das naturwissenschaftlich-technische „Nachwuchsproblem“ in Bezug auf die Wahl der Leistungskurse bemerkbar: Die „harten“ naturwissenschaftlichen Fächer wie Physik und Chemie sind eher unbeliebt, die Anzahl der Jugendlichen mit einem naturwissenschaftlichen Leistungskurs ist in den letzten Jahren fast auf die Hälfte zurückgegangen (vgl. Zwick & Renn, 2000). Dabei gilt zu beachten, dass die Leistungskurse und Wahlpflichtkurse zum Teil die späteren Berufs- und Studienfachwahlen vorwegnehmen. Dieser Effekt trifft besonders stark bei Mädchen auf (vgl. Kessels & Hannover, 2007; Nagy, Trautwein, Baumert, Köller, & Garrett, 2006; Zwick & Renn, 2000).

Um die im Konzept der „Scientific Literacy“ beschriebenen Ziele für die naturwissenschaftliche Qualifizierung der Bevölkerung im Allgemeinen sowie der Schülerinnen und Schüler im Besonderen erreichen zu können, wurden in Deutschland als Reaktion auf die verschiedenen internationalen Schulvergleichsstudien insbesondere folgende Maßnahmen ergriffen:

Maßnahme A: Einführung von Bildungsstandards

Die Entwicklung und Einführung bundesweit verbindlicher Bildungsstandards war eine wichtige Folgerung nach dem unbefriedigenden Abschneiden bei den internationalen Schulleistungstudien. Mit ihnen erfolgte eine Schwerpunktverschiebung der deutschen Bildungspolitik in Richtung eines angloamerikanisch geprägten Science Literacy-Konzepts weg von der humanistischen Bildung (vgl. Klieme et al., 2003, p. 58). Vorhandene Leitlinien, bei denen es sich eher um ein Fachwissen-Input handelte, wurden um die stärker Output-orientierten Bildungsstandards ergänzt (vgl. z.B. Klieme et al., 2003). Die Veränderungen im deutschen Bildungssystem werden umfassend bei Neumann, Fischer, and Kauertz (2010) dargestellt. Alle Bundesländer übernahmen zu Beginn des Schuljahres 2005/2006 die von der Kultusministerkonferenz (KMK) entwickelten Bildungsstandards. Hierin ist festgelegt, welche fachbezogenen Kompetenzen von den Schülerinnen und Schülern bis zur mittleren Bildungsreife erwartet werden. In diesen für das Unterrichtsfach Chemie festgelegten verbindlichen Bildungsstandards werden die Kompetenzbereiche „Fachwissen“, „Erkenntnisgewinn“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ weiter ausgeführt. Unter Kompetenzen werden die bei Schülerinnen und Schülern verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten verstanden. Sie umfassen darüber hinaus die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können (vgl. Weinert, 2002). In den Bildungsstandards erfolgt eine Untergliederung in prozess- und konzeptbezogene Kompetenzen. Der Kompetenzbereich „Fachwissen“ zählt in Chemie zu den konzept-, die anderen drei (Erkenntnisgewinn, Kommunikation, Bewertung) zu den prozessbezogenen Kompetenzen.

Die Bildungsstandards beschreiben Kompetenzanforderungen, welche die Qualität des Unterrichts erhöhen und dadurch eine Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler fördern sollen (KMK, 2005). Es handelt sich um abschlussbezogene Regelstandards. Mittlerweile liegen hierzu auch erste empirisch validierte Kompetenzstrukturmodelle für die Bereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ vor (vgl. Pant et al., 2013).

Um das Erreichen der Bildungsstandards messbar zu machen, war eine Präzisierung der Kompetenz- und Anforderungsbereiche der einzelnen Bildungsstandards erforderlich. Dazu mussten gezielt Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeit konstruiert werden (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth, & Walpuski, 2010). Hierfür wurde für alle naturwissenschaftlichen Fächer ein übergreifendes Kompetenzstrukturmodell entwickelt, das eine dreidimensionale Struktur mit den Aspekten „Kompetenzbereiche“, „Komplexität“ und „kognitive Prozesse“ aufweist. Für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ nahm man eine Definition für die drei fächerübergreifenden Teilbereiche „naturwissenschaftliche Untersuchungen“, „naturwissenschaftliche Modellbildung“ und „wissenschaftstheoretische Reflexionen“ vor. (vgl. Wellnitz et al., 2012).

Der Teilbereich „naturwissenschaftliche Untersuchungen“ stellt das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht als eine naturwissenschaftliche Erkenntnismethode in den Mittelpunkt. Im Speziellen fordern die Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss im Fach Chemie (KMK, 2005) „experimentelle und andere Untersuchungsmethoden“ im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinn“ (KMK, 2005, p. 33). Experimentieren als eine Methode der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist ein zentraler Bestandteil des Chemieunterrichts (vgl. Walpuski & Schulz, 2011). Hierbei werden Schülerinnen und Schüler schrittweise an das selbstständige Experimentieren herangeführt, um allein oder in Kleingruppen, eine naturwissenschaftliche Fragestellung zu entwickeln: Ziel des Unterrichts ist, dass Schülerinnen und Schü-

ler selbstständig Hypothesen aufstellen, diese durch die Durchführung von Experimenten überprüfen und die Ergebnisse in Bezug auf ihre Hypothesen interpretieren (Hammann, 2004; vgl. Klahr, 1988; Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007). Ein Experiment besteht somit aus der Durchführung, der Planung, Beobachtung und Auswertung unter Einbezug einer gezielten Fragestellung (vgl. Hofstein, 2004). Dabei dient das Experimentieren im Unterricht sehr unterschiedlichen Zielen (Bader & Schmidkunz, 2002; Hammann, Phan, & Bayrhuber, 2007; Peper, Schmidt, Wilms, Oetken, & Parchmann, 2007); Unterrichtsarrangements zum naturwissenschaftlichen Experimentieren sollten diese Ziele verfolgen (Hodson, 1993; Lunetta, 1998). Im Wesentlichen lassen sich drei Bereiche unterscheiden:

- fachliche Ziele (z.B. experimentelle Fähigkeiten)
- pädagogische Ziele (etwa die Durchführung von Gruppenarbeit) und
- psychologische Ziele (z.B. die Fähigkeit zur Problemlösung)
(vgl. Schulz, 2011, p. 31)

Wichtig für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinn“ ist somit eine Verknüpfung der Handlungsprozesse mit den kognitiven (Lern-)Prozessen (Minner, Levy, & Century, 2010). Dieser Zusammenhang wurde in verschiedenen empirischen Untersuchungen bestätigt (siehe z.B. Hofstein & Lunetta, 1982, 2004; Tesch & Duit, 2004). Dabei konnte auch gezeigt werden, dass sich durch solch ein Vorgehen die Beliebtheit der naturwissenschaftlichen Fächer und die Lernmotivation der Schülerinnen und Schüler steigern ließen (vgl. Hofstein & Lunetta, 1982; Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer, & Leutner, 2008).

Das Erreichen der Bildungsstandards in Deutschland wird in regelmäßigen Abständen vom Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) an der Humboldt-Universität zu Berlin, in Zusammenarbeit mit fachdidaktischen und schulpraktischen Expertinnen und Experten, zentral überprüft. Der erste Ländervergleichsbericht 2012 für die Naturwissenschaften lag im Herbst 2013 vor (vgl. Pant et al., 2013). In diesem Zusammenhang hat das Projekt „Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I“ (vgl. ESNaS; Walpuski et al., 2010) seine Arbeit im Jahr 2007 aufgenommen. Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung von Testaufgaben zur Kompetenzdiagnostik in den Kompetenzbereichen der naturwissenschaftlichen Bildungsstandards der KMK.

Maßnahme B: Förderung von Schülerlaboren

Eine weitere Reaktion auf die Ergebnisse der PISA-Studien und dem Bestreben, eine breitere naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln, war die Förderung von Schülerlaboren.

Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, sollen die vielen leistungsstarken, aber desinteressierten Schülerinnen und Schüler (OECD, 2014) durch Schülerlabore stärker für die Fächer Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik begeistert werden. Solche „Mitmachlabore“, bei denen das eigenständige Experimentieren im Zentrum der didaktischen Bemühungen steht, zählen zu den außerschulischen MINT-Lernorten (vgl. Haupt et al., 2013). In der Regel handelt es sich nicht um Einrichtungen innerhalb von Schulen, weswegen sie zu den außerschulischen Lernorten gezählt werden. Ein wichtiges Ziel aller Labore ist es, die Begeisterung und das Verständnis der Heranwachsenden zu steigern und auf diese Weise den fachlichen Nachwuchs zu fördern.

1.2. Schülerlabore: Außerschulische Lernorte im MINT-Bereich

1.2.1. Begriffsschärfung Schülerlabor und Beispiele

Schülerlabore (Synonym: „Lernlabor“, „Mitmachlabor“) gehören zu den außerschulischen MINT-Lernorten. Wenn das eigenständige Experimentieren ein Schwerpunkt des außerschulischen MINT-Lernorts ist, wird von einem Schülerlabor gesprochen (Haupt et al., 2013). Ein wichtiges Ziel aller Labore ist es, die Begeisterung und das Verständnis der Heranwachsenden zu steigern und auf diese Weise den fachlichen Nachwuchs zu fördern.

Die drei wichtigsten Arten von Schülerlaboren werden im Folgenden kurz beschrieben.

Die „klassischen Schülerlabore“ richten sich an ganze Klassen der Primarschule und Sekundarstufen oder Kindergartengruppen, die im Rahmen (vor-)schulischer Veranstaltungen das Labor besuchen. Angeboten werden in der Regel einzelne Kurse (halbe Tage oder ganze Tage). Die dabei durchgeführten Experimente sind nah an das Curriculum angelehnt, passen idealerweise zum gerade aktuellen Schulunterricht und sollten von den Lehrkräften vor- und nachbereitet werden. Die Initiative zum Schülerlaborbesuch ergreift der Fachlehrer, eine Genehmigung des Schulleiters muss eingeholt werden. Damit ist sie eine für alle Schülerinnen und Schüler verbindliche schulische Veranstaltung. Es handelt sich um Breitenförderung (Euler & Wessnigk, 2011).

An der experimenta Heilbronn (an dieser Institution fand die WiSS-Studie statt) zählen hierzu das Friedrich-von-Alberti-Atelier, welches vorwiegend Kursangebote für Kindergartengruppen und Grundschulklassen anbietet. Im Wilhelm-Maybach-Labor werden physikalische und technische Kursangebote für die Sekundarstufe I und II im Klassenverband angeboten, während das Angebot im Robert-Mayer-Labor auf biologische und chemische Themen spezialisiert ist.

Der Schwerpunkt „Schülerforschungszentren“ ist nicht ein Kursangebot wie es in klassischen Schülerlaboren üblich ist, sondern auf das eigenverantwortliche Bearbeiten von naturwissenschaftlich/technischen Fragestellungen ausgerichtet (Lentz & Heintz, 2013). Das Marie-Curie-Labor der experimenta Heilbronn steht ausschließlich interessierten Jugendlichen für ein eigenständiges Forschen zur Verfügung. Selbst gewählte Aufgaben können hier über einen längeren Zeitraum bearbeitet und ggf. in Wettbewerbe wie „Jugend forscht“ eingebracht werden.

Eine weitere Art von Schülerlaboren bezieht auch die Lehrerbildung mit ein. Diese „Lehr-Lern-Labore“ (Haupt et al., 2013) sind überwiegend an die didaktischen Institute von Universitäten angegliedert und sehen die Lehramtsausbildung als integralen Bestandteil des Laborbetriebes vor. Dazu bietet sich die Fachdidaktik-Ausbildung der Lehramtsstudierenden des jeweiligen Fachs an. Damit werden die angehenden Lehrkräfte von Beginn an in den Laborbetrieb integriert und bekommen einen Einblick in die Potentiale der Bildungsinnovation „Schülerlabor“. Hierzu zählte bspw. das Schülerlabor science-live! an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Hier konnten die Studierende im Labor mitarbeiten und wertvolle praktische Erfahrung gewinnen (Itzek-Greulich, 2009; Leonhard, 2008).

Des Weiteren befinden sich an großen Forschungszentren (z.B. Helmholtz-Zentren und Leibniz-Zentren) Schülerlabore deren Ziel es ist, einen Einblick in die wissenschaftliche Arbeit der jeweiligen Institution zu geben. Diese Kategorie Schülerlabor zur Wissenskommunikation entspricht weitgehend den Schülerlaboren der ersten Generation (Pfenning, 2013). Bei Schülerlaboren mit Berufsorientierung wird mit externen Partnern z.B. aus der Industrie zusammengearbeitet. In gemeinsamen Kursen lernen die Jugendlichen die wesentlichen Aspekte verschiedener Berufe kennen.

1.2.2. Implementation von Schülerlaboren

Mittlerweile existieren in Deutschland weit mehr als 300 Laborangebote mit naturwissenschaftlichem(Fächer: Biologie, Chemie, Physik) und technischem Schwerpunkt sowie Mathematik, Informatik und multidisziplinären Zielen. Pro Jahr besuchen mehr als 350.000 Schülerinnen und Schüler und ca. 12.000 Lehrpersonen (Euler & Wessnigk, 2011) zumeist im Klassenverband die Schülerlabore. Eine Übersicht über die Schülerlaborangebote und aktuelle Daten für Deutschland sind dem Internet-Portal des Bundesverbandes www.lernort-labor.de zu entnehmen.

Der Bundesverband der Schülerlabore e.V. –LernortLabor- hat sich die Koordination der Schülerlaborszene im deutschsprachigen Raum zur Aufgabe gemacht, welcher den Bestand der Schülerlabore aktualisiert, die Jahrestagung der Schülerlabore durchführt und dreimal pro Jahr das Informationsmagazin „LeLa“ herausgibt.

1.2.3. Überprüfung von Zielen der Schülerlabore

Aufgrund der oben genannten Ziele und Prinzipien von Schülerlaboren ist dessen Überprüfung nicht einfach durchzuführen. Beispielsweise lässt sich das offene Experimentieren (Priemer, 2011) nicht einfach in einem Messinstrument operationalisieren. Auch sollte für die Erfassung des Berufswunsches im Bereich der Naturwissenschaften eine Panelstudie über Jahre hinweg durchgeführt werden. Viele allgemein formulierte Ziele der Schülerlabore lassen sich nicht direkt messen und in einem zeitlich begrenzten Rahmen- wie bei Qualifikationsarbeiten vorgegeben- erfassen und entziehen sich letztlich einer Evaluation. Aufgrund der Heterogenität (Haupt et al., 2013) der Schülerlaborziele haben sich die bisherigen Studien im Schülerlaborbereich notwendigerweise auf einzelne Aspekte konzentriert. Zu den bisherigen Untersuchungen an Schülerlaboren sei auf Kapitel 1.3 verwiesen.

Das allgemeine Ziel von Schülerlaboren ist es, bei den Kindern und Jugendlichen, aber auch bei Erwachsenen, das Interesse und die Begeisterung an den Naturwissenschaften zu wecken: „Kinder und Jugendliche fördern und ihnen helfen naturwissenschaftliche und technische Zusammenhänge selbst zu entdecken“ (experimenta Heilbronn, o. J.). Durch gut ausgestattete und gestaltete Labore, interessante Workshopangebote, der Möglichkeit zum selbständigen Experimentieren soll das Sachinteresse gefördert und idealerweise das Fachinteresse geweckt werden. Folgende Ziele, Prinzipien und Gestaltungsmerkmale werden in der Fachliteratur bezüglich der Lernumgebung „Schülerlabor“ genannt:

- Begegnung mit modernen Natur- und Ingenieurwissenschaften durch erfahrungsbasierte Zugänge zu Prozessen der Forschung und Entwicklung;
 - Schaffung eines Lernumfelds, das zur aktiven Auseinandersetzung mit möglichst lebensweltbezogenen, authentischen Problemen aus Wissenschaft und Technik anregt;
 - Ermöglichen von konkreten Erfahrungen durch Experimentieren und praktische Aktivitäten;
 - Bieten von Lern- und Entfaltungsmöglichkeiten im Rahmen von Team- und Projektarbeit;
 - Bearbeiten von herausfordernden Aufgaben und Problemen, die durch angemessene Unterstützungsmaßnahmen für die Kinder und Jugendlichen lösbar sind;
 - Förderung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen;
 - Vermitteln von Erfahrungen über Tätigkeitsfelder und Berufsbilder im naturwissenschaftlich-technischen Bereich;
 - Ermöglichen persönlicher Kontakte mit Forscherinnen und Forschern sowie die Erfahrung von möglichen Rollenmodellen, insbesondere auch für Mädchen und junge Frauen.
- (vgl. Euler & Wessnigk, 2011)

Um diese Ziele erreichen zu können, müssen bei der Gestaltung und Realisierung der Schülerlabore jedoch verschiedene Voraussetzungen erfüllt werden. Zahlreiche Autoren (siehe unter anderem Prenzel & Parchmann, 2003; Schulz, 2011; Tesch & Duit, 2004; Welzel et al., 1998) betonen, dass sich ein Interesse an naturwissenschaftlichen Themen und Inhalten durch den Besuch von Schülerlaboren nur entwickeln lässt, wenn die Voraussetzungen und die theoretischen Grundlagen für das Experimentieren möglichst gering sind (vgl. Euler, 2005). Wichtige Rahmenbedingungen und Voraussetzungen sind unter anderen:

- 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 sind bei der Planung von Experimenten die Vorstellungen und Vermutungen der Lernenden aufzugreifen und produktiv weiterzuentwickeln.
 - Es müssen eine hinreichende Kontrolle über die Planung der Arbeit sowie eine Selbständigkeit bei der Durchführung gegeben sein, ohne dabei die Schülerinnen und Schüler zu überfordern. Es sollen Möglichkeiten bestehen, eigene Ideen zu realisieren und zu reflektieren, Hypothesen zu testen und Anwendungen zu probieren.
 - Experimente müssen insofern „funktionieren“, als sie den Schülerinnen und Schülern Kompetenzerlebnisse vermitteln.
 - Die Experimente sollen die Nutzung von geeigneten Mitteln einbeziehen und zwar sowohl Werkzeuge, die sich auf das engere naturwissenschaftliche Arbeiten beziehen (Beobachten, Messen, Datenaufnahme und -analyse, Visualisieren, Modellieren) als auch Instrumente zur Förderung von Schlüsselqualifikationen (Kooperation, Kommunikation, Präsentation der Ideen, Ergebnisse und Produktion).
- (vgl. Euler, 2005, p. 6)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass „gut strukturierte Anleitungen mit angemessenen komplexen Aufgaben für Schülerlabore besonders geeignet sind“ (Engeln & Euler, 2004; Euler, 2005). Aufgrund der Unkenntnis von Schülerinnen und Schülern hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen einzelnen Themeneinheiten und deren Transparenz fordern Aufschneider, Dudzinska, Hauenschild, and Rode (2007), dass Schüler sich als „Er-Finder von Zusammenhängen“ erleben sollen. Daher sind im Schülerlabor strukturierte, zugleich aber auch angemessene komplexe Aufgaben notwendig.

Im Vergleich zur traditionellen Schulstunde mit einem 45-Minuten-Takt bieten Schülerlabore den Vorteil, dass ein ausführliches experimentelles Arbeiten möglich ist. Einige Schülerlabore sind ähnlich wie Schulen ausgestattet und zeigen exemplarisch auf, wie außerschulischer Unterricht in Form von Kurseinheiten durchgeführt werden kann. Derartige Arrangements lassen sich auf den Unterricht in der Schule übertragen und durchführen. Andere Schülerlabore hingegen bieten Ausstattungen, die weit über die schulischen Kapazitäten hinausgehen (wie bspw. unter 2.1.1 beschriebenen Angebote der experimenta in Heilbronn). Die fachliche Expertise wird durch den Kontakt mit den Kursleiterinnen und Kursleitern (in der Regel Fachwissenschaftler der Naturwissenschaften) gewährleistet. Schülerlabore bieten verschiedene Möglichkeiten in der Gestaltung der Lernumgebung. Daher können sie komplementär zum eher formellen System „Schule“ eingesetzt werden und entsprechende Bildungsprozesse anregen (vgl. Euler, 2009). Die äußeren Rahmenbedingungen in einem Schülerlabor ermöglichen in einer relativ komplexen Umgebung ein stärker handlungsorientiertes Arbeiten mit einem hohen Anteil an Schülerexperimenten und Eigenaktivität in kooperativer Form (Euler & Wessnigk, 2011). Dennoch sollte der ergänzende Charakter von Schülerlaboren betont werden, da ein Besuch zum einen mit Kosten verbunden ist und zum anderen nicht als Schulersatz, sondern lediglich als Unterstützung des Regelunterrichts angesehen werden sollte.

1.3. Stand der Forschung

Ausgelöst unter anderem durch die Ergebnisse der PISA-Studien kam es in den letzten zehn Jahren zu einer großen Implementation von Schülerlaboren als eine Form des außerschulischen Lernens. Gleichzeitig wurden erste empirische Untersuchungen zur Wirksamkeit von Schülerlaboren durchgeführt. Das zentrale Forschungsinteresse dieser wissenschaftlichen Vorhaben lag auf der kurz- und mittelfristigen Interessenentwicklung der Schülerinnen und Schüler bezüglich eines Fachs oder mehrerer Fächer der Naturwissenschaften.

In den Studien 2 und 3 der vorliegenden Dissertation werden ausführlich internationale Studien aus dem Bereich außerschulische Lernorte angeführt. Daher werden im folgenden Abschnitt ergänzend Schülerlaborstudien berücksichtigt, welche sich mit der Situation in Deutschland mit Fokus auf die Schüler und Schülerinnen befassen.

Um eine gute Übersicht über die abgeschlossenen Schülerlaborstudien in Deutschland zu gewährleisten, erfolgt zunächst eine inhaltliche Zusammenfassung der Ergebnisse, sortiert nach den Autoren. Im Anschluss wird eine genaue Erläuterung der nach dem Veröffentlichungsjahr chronologisch sortierten Studien vorgenommen.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Wirksamkeit und die Wirkung von Schülerlaboren hat in den letzten zehn Jahren auch auf nationaler Ebene zugenommen (vgl. Hofstein & Lunetta, 2004). Bisher wurden neun Dissertationen über die unterschiedlichen Labore im physikalischen, chemischen und biologischen Bereich fertiggestellt. Als zentrales Ergebnis dieser Untersuchungen ist zu nennen, dass ausgewählte Labore das Potenzial besitzen, ein aktuelles Interesse kurz- bis mittelfristig bei Schülern zu wecken (vgl. Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009). Engeln (2004) und Glowinski (2007) haben sich hierbei auf die Wirkung des Laborbesuchs in der Folgezeit konzentriert, während die anderen Autoren auch einen Testzeitpunkt vor dem Laborbesuch eingebunden haben. Des Weiteren können Schülerlabore zusätzlich kurz- bis längerfristig das Fähigkeitsselbstkonzept in den Naturwissenschaften beziehungsweise im Fach „Chemie“ steigern (vgl. Brandt, 2005; Pawek, 2009). Brandt (2005) konnte auch aufzeigen, dass sich die Schülerinnen und Schüler nach dem Besuch eines Schülerlabors der Fachrichtung „Chemie“ stärker zuwenden und sich auch langfristig in Richtung chemischer Berufe orientieren.

Einen Überblick bezüglich der bisher durchgeführten Wirksamkeitsuntersuchungen von Schülerlaboren gibt Tabelle 1:

Schwerpunkt	Autor	Fach	Klassenstufe
Interesse, Interessefördernde Faktoren	Engeln (2004)	Physik/Chemie	9/10
Wissenserwerb; Interesse	Scharfenberg (2005)	Biologie/Gentechnik	12 LK
Motivation	Brandt (2005)	Chemie	7/8
Interesse bei öfteren Laborbesuchen, Unterrichtseinbindung	Guderian (2007)	Physik	5/8
Interesse, Wissenserwerb; Unterrichtseinbindung	Glowinski (2007)	Biologie	12 GK/LK
Motivation, Interesse, Naturwissenschaftsverständnis	Zehren (2009)	Chemie	8
Interesse, Laborvariablen, Naturverständnis	Pawek (2009)	Physik	9-13
Image, Fähigkeitsselbstkonzept, NW-Berufsorientierung	Wessnigk (2013)	Physik, Chemie	10/11
Wahrnehmung der Experimentierumgebung	Plasa (2013)	Fächerunabhängig im MINT-Bereich	15-18 J.

Tabelle 1: Stand der Forschung: Bisherige Wirksamkeitsuntersuchungen von Schülerlaboren

Im nachfolgenden Abschnitt wird ein Überblick über die bisherigen zentralen Forschungsarbeiten im Bereich der Schülerlabore gegeben. Da sich diese außerschulischen Lernorte erst seit Ende der 1990er-Jahre etabliert haben, ist dieser Forschungsbereich in Deutschland noch recht jung – entsprechend liegt lediglich eine übersichtliche Anzahl von methodisch unterschiedlich abgeschlossenen Studien vor (im Klammern steht das jeweilige Veröffentlichungsjahr):

Im Mittelpunkt der Arbeit von Engeln (2004) und Engeln and Euler (2004) stand die Frage, welche Faktoren maßgebend sind, das Interesse an Naturwissenschaften durch Schülerlabore zu wecken und nachhaltig zu fördern. Die Fragebogenstudie fand an fünf ausgewählten Schülerlaboren statt. Bei einer Stichprobe von 334 Schülern wurden schüler- und laborbezogene Variab-

len erhoben (vgl. Engeln, 2004; Engeln & Euler, 2004) Engeln bezieht sich auf die „person-object theory of interest“ (vgl. Krapp et al. 1992; Schiefele, 2001) und untersuchte die Auswirkungen eines Laborbesuchs auf die emotionale, wertbezogene und epistemische Komponente (vgl. Krapp, 2002) des „aktuellen“ Interesses der Schülerinnen und Schüler. Die Ergebnisse zeigen, dass die fünf untersuchten Labore das Potenzial haben, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Die maßgeblichen Faktoren hierfür waren insbesondere die erfassten „wahrgenommenen Laborvariablen“ (Herausforderung, Verständlichkeit, Offenheit), welche zu 28 % die Varianz der „emotionalen Komponente“ aufklärten. Über die abhängigen Variablen Herausforderung, Authentizität und die wertbezogenen Komponente des situativen Interesses konnten 32 % der Varianzanteile aufgeklärt werden. Die „wahrgenommenen Laborvariablen“ klärten zu 30 % die Varianz der „epistemischen Komponente“ auf.

Die zentrale Fragestellung bei der Studie von Brandt (2005) zielte neben der allgemeinen Bewertung des auch von Engeln (2004) untersuchten Schülerlabors „teutolab“-Chemie Schülerlabors auf die Untersuchung des Einflusses des Schülerlabors auf die Motivation und das Interesse der Schülerinnen und Schüler. Ferner wurde erforscht, ob das Lernen in diesem Schülerlabor einen Beitrag zum Abbau der geschlechtsspezifischen Motivations- und Interessensunterschiede erzeugt. Die theoretische Grundlage bildete das Erweiterte-Erwartungs-Wert-Modell der Leistungsmotivation (vgl. Eccles & Wigfield, 2002). Brandt verglich bei seiner Fragebogenstudie (n=272) in der Sekundarstufe I motivationale Variablen vor und nach dem Laborbesuch mit einer Kontrollgruppe (n=222). Diese Ergebnisse der Evaluationsstudie als Quasi-Experiment mit einer Kontrollgruppe mit zweifaktoriellem Design weisen darauf hin, dass sich die Teilnahme am Experimentierlabor des außerschulischen Lernorts zumindest kurzfristig positiv auf die chemiebezogenen Haltungen von Schülerinnen und Schülern auswirken kann. In Bezug auf das „Selbstkonzept“ Chemie zeigte sich ein Haupteffekt auf den Faktor „Versuchsgruppe“ (Experimental- versus Kontrollgruppe) aufgrund der im Vergleich zu den Kontrollgruppen höheren Werte der Experimentalgruppen über alle Zeitpunkte hinweg sowie eine signifikante Interaktion der beiden Faktoren. Die Experimentalgruppe hatte zum Zeitpunkt t1 signifikant höhere Werte im Bereich „Selbstkonzept der Begabung in Chemie“ als die Kontrollgruppe; zum Zeitpunkt t2 unterschieden sich die Werte nicht mehr. Ähnliche Ergebnisse zeigen sich beim „inhaltsbezogenen Interesse“, Hier wurde wiederum ein signifikanter Haupteffekt auf dem Faktor „Versuchsgruppe“ festgestellt, wobei sich die Interessenswerte der Experimentalgruppe von t0 zu t1 konstant hielten. Sie sanken erst zwischen t1 und t2, während die Werte der Kontrollgruppe zwischen den ersten beiden Zeitpunkten signifikant fielen, aber sich danach zwischen t1 und t2 nicht mehr veränderten. Ähnliche Werte sind beim „Kontextbezogenen Interesse“ aufgetreten. Hinsichtlich der Dimension des „Tätigkeitsbezogenen“ Interesses unterschieden sich die Versuchsgruppen nicht.

Bei dem von Scharfenberg (2005) untersuchten Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik handelt es sich um einen Praktikumsraum der Universität Bayreuth, der zur Ausbildung von Studentinnen und Studenten dient. Diese Studie untersuchte hauptsächlich drei Fragen: Die Akzeptanz des Schülerlabors bei den Schülern, die Veränderung der epistemischen Interessenskomponente durch den Besuch des Schülerlabors und die Beeinflussung des Wissenserwerbs durch den Schülerlaborbesuch. Die 486 teilnehmenden Gymnasiasten aus 31 Biologie-Leistungskursen der 12. Jahrgangsstufe wurden dazu in vier Gruppen mit unterschiedlichen Lernbedingungen eingeteilt (Schülerlabore mit und ohne Experimentieranleitungen, Schulunterricht ohne Experimente, Gruppe ohne Intervention). Die Datenerhebung erfolgte bei allen Gruppen mit Fragebögen in

einem Pre-, Post-, Follow-Up-Design mit Kontrollgruppen. Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass die Akzeptanz für die Schülerlaborgruppe mit Experimenten signifikant zunimmt. Hingegen ist bei der Schülerlaborgruppe ohne Experimentieranleitungen im Test nach sechs Wochen die Akzeptanz signifikant kleiner als bei der Experimentiergruppe. Ein Wissenserwerb konnte nicht nachhaltig gesichert werden, der Unterschied innerhalb der pre-post-Phase ist beim Test nach sechs Wochen nicht mehr nachweisbar. Die Akzeptanz der Untersuchungsgruppe ist sowohl im Anschluss an den Besuch als auch sechs Wochen danach signifikant höher als bei den Kontrollgruppen, die nicht im Labor beziehungsweise in der Schule experimentieren. Sechs Wochen später liegt die Akzeptanz der Labor-Kontrollgruppe signifikant tiefer. Die Schüler aus allen drei Unterrichtsgruppen lernen etwas dazu. Ein Teil des neu erworbenen Wissens bleibt bestehen, ein Teil wird wieder vergessen. Für den Wissenszuwachs und die Behaltensleistung sind keine Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Höhe des erreichten Wissens ist der Lernerfolg der Untersuchungsgruppe signifikant höher als bei der Schul-Kontrollgruppe. Allerdings vergessen sie auch mehr, so dass sich alle Gruppen beim Lernerfolg nach sechs Wochen nicht unterscheiden.

Guderian (2007) berichtet über signifikant höhere Unterschiede in der Entwicklung der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses zwischen einer Gruppe, welche in den Physikunterricht integrierte mehrfache Schülerlaborbesuche tätigte und einer Kontrollgruppe, deren Laborbesuch nicht auf den Unterricht abgestimmt war. Des Weiteren zeigte die Interessensentwicklung der Kontrollgruppe alternierenden Schwankungen. Trotz dieser Ergebnisse wird die Frage nach den Interessen und der Interessenförderung allerdings sehr kontrovers diskutiert. So kommt (Guderian, 2007, p. 167) zu folgendem Schluss: „Das durch das Schülerlabor geweckte Interesse geht innerhalb weniger Wochen nach einem Besuch wieder verloren [...]. Damit werden die zum Teil sehr hoch gesteckten Ziele vieler dieser Einrichtungen namentlich die nachhaltige Förderung nicht erreicht“. Die Autoren der Studie formulieren daher die Annahme, „dass Schülerlabore aber vermutlich insgesamt keine so bedeutende und einflussreiche Rolle hinsichtlich der langfristigen Interessensentwicklung haben, wie es vielerorts erhofft wird“ (Guderian, Priemer, & Schön, 2006).

Die auf Engeln (2004) aufbauende Studie von Glowinski (2007) wurde in zwei Laboren im Bereich der Molekularbiologie durchgeführt. Die theoretische Grundlage der Untersuchung bildet auch hier die „person-object theory of interest (Krapp, 1999). Es wurden drei Fragestellungen untersucht:

- Welche Wirkung zeigen Schülerlabore als Lernumgebung hinsichtlich des aktuellen Interesses der Lernenden?
- Welche Faktoren stehen mit diesem Interesse im Zusammenhang?
- Kann ein Zusammenhang für die wahrgenommenen Merkmale der Schülerlabore, die Schülermerkmale sowie die Integration des Aufenthalts in den Unterricht aufgezeigt werden?

Für die Hauptuntersuchung wurden insgesamt 378 Personen aus 24 Leistungskursen und 4 Grundkursen aus dem Fach „Biologie“ befragt. Analog zu Engeln (2004) erfolgte die Post-Datenerhebung direkt im Anschluss an die Veranstaltung und eine Follow-Up-Erhebung fand circa 10 bis 12 Wochen später statt. Im Ergebnis konnte ein ausgeprägtes aktuelles Interesse an den Experimenten aufgezeigt werden. Als moderierende Variable werden Sachinteresse, Authentizität und Instruktionsqualität genannt. Das Ausmaß der unterrichtlichen Vorbereitung korreliert signifikant mit allen drei Bereichen des aktuellen Interesses. Dabei führt eine ausführ-

lichere Vorbereitung zu signifikant höheren Werten. Wie bereits Engeln (2004) sagte, unterstreichen diese empirischen Erkenntnisse die Forderung nach der Vorbereitung von Schülerlaborbesuchen.

Die umfassende Studie von Pawek (2009) fand in einem DLR-Schülerlabor statt. Paweks Ziel war eine gründlichere Untersuchung des Zusammenwirkens verschiedener personen- und schülerlaborbezogener Variablen im Zusammenhang mit der Förderung des Interesses. Zu Grunde lag erneut die „person-object-theory of interest“ nach Krapp and Prenzel (2011). Seine Datenerhebung mit einer Stichprobe von $n = 734$ erfolgte mit Fragebögen im Pre-, Post-, Follow-Up-Design in der Klassenstufe 9 bis 13. Mit dieser deutlich ausgedehnten Studie konnte nachgewiesen werden, dass bei einer Gleichgewichtung aller drei Komponenten (emotionale, wertbezogene und epistemische Faktoren) durch den Besuch von Schülerlaboren bei 91 % der Schülerinnen und Schüler ein ausgeprägtes aktuelles Interesse geweckt werden kann. Die Analysen belegen unter anderem, dass die Labore mitunter die nur langsam veränderlichen dispositionalen Interessen von Jugendlichen beeinflussen können. Es konnte aufgezeigt werden, dass eine Integration der Eindrücke von Schülerlaboren in den Regelunterricht stattfindet.

Die Studie von Zehren (2009) wurde im selbstentwickelten Chemielabor NanoBioLab durchgeführt. Das Kontrollgruppendesign basierte auf Besuchszeiträumen von einem, zwei und fünf Jahren jeweils in Verbindung mit Mehrfachbesuchen. Die Evaluationsprojekte zielten auf die vier Schwerpunkte „Integration der Experimente in den laufenden Unterricht“, „Motivation“, „Interesse“ und „naturwissenschaftlichen Grundverständnis“ ab. Es konnte eine positive Bewertung der Labormerkmale, eine Verbesserung der Qualität epistemischer Fragen, ein größeres Selbstvertrauen, ein zunehmendes Interesse, ein größeres Einfallsreichtum, eine Zunahme der Ideen bei der Konzeption von Forschungsfragen, ein höherer intrinsischer Wert des Chemielernens sowie eine Präferenz von Experimenten ohne schrittweise Vorgabe aufgezeigt werden.

Bei der Studie von Wessnigk (2013) wurde untersucht, welche Effekte durch den Besuch eines industrienahen Schülerlabors (Baylab plastics) hinsichtlich des Images, auf das Fähigkeitsselbstkonzept von Physik und Chemie und die naturwissenschaftliche Berufsorientierung erzielt werden können. Die Fragebogenuntersuchung wurde mit 324 Jugendlichen zwischen 14 und 19 Jahren mit Pre-, Post-, Follow-Up-Befragung durchgeführt. In diesem Schülerlabor arbeiten die Jugendlichen kooperativ zusammen, um Einblicke in ein Industrieunternehmen und die darin existenten verschiedenen Berufsfelder zu erhalten. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich sowohl das Image der „harten“ Naturwissenschaften als auch das Fähigkeitsselbstkonzept der beteiligten Schüler kurz- bis längerfristig signifikant verbesserte.

Die Studie von Plasa (2013) gibt einen Überblick über die vorzufindenden Arten von Lernumgebungen im Bereich der Schülerlabore und der Schülerforschungszentren. Plasa (2013) setzte hierzu zwei Arten von Fragebögen aus dem amerikanisch-australischen Raum mit der Wahrnehmung von Experimentierumgebung in verschiedenen Schulen, Schülerlaboren und Forschungszentren ein. Mit dem eingesetzten Fragebogen SLEI (Science Laboratory Environment Inventory) von Fraser, Giddings, and McRobbie (1995) wurde die Wahrnehmung von Schülern in Experimentierumgebungen erhoben. Das Instrument „CLES“ (Constructivist Learning Environment Survey) Fragebogen von Taylor and Fraser (1994) ermittelte die Wahrnehmung konstruktivistischer Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht. In der Untersuchung wurden zwischen 588 und 1007 Schülerinnen und Schüler im Alter von 15 bis 18 Jahren befragt. Im Ergebnis konnten deutliche Unterschiede in Bezug auf die Einrichtungen aufgezeigt werden: Die

Wahrnehmungen der Teilnehmer der Einrichtungen Schülerlabor und Schülerforschungszentren divergieren signifikant von der der Lernumgebung Schule. In Bezug auf die Schülerlabore konnten hohe Wahrnehmungswerte im Bereich Material/Laborqualität, Naturwissenschaften, Kommunikation, offener Ausgang, Regelklarheit und persönliche Relevanz aufgezeigt werden.

1.3.1. Forschungslücke

Die Ergebnisse aus verschiedenen empirischen Studien zur Wirksamkeit von Schülerlaboren auf eine Förderung des Interesses und der Motivation bezüglich naturwissenschaftlicher Fächer haben gezeigt, dass solche Besuche durchaus eine positive Wirkung zeigen. Allerdings hält dieser Effekt in der Regel nicht lange an. Dieses allgemeine Problem zeigte sich auch in einem im Jahr 2008 durchgeführten Kontrollgruppenexperiment zur Wirkung von außerschulischen Experimentierlaboren (vgl. Brandt, Möller, & Kohse-Höinghaus, 2008). Dabei ergab die Auswertung der Fragebogenstudie, dass sich solch ein Besuch zwar günstig auf die motivationalen Komponenten, das Interesse am Fach „Chemie“ und das fachliche Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler auswirkte. Allerdings waren bereits nach vier Monaten diese positiven Effekte des Laborbesuchs nicht mehr festzustellen (Brandt et al., 2008, p. 5). Damit zeigte auch diese empirische Studie, wie auch viele der zuvor dargestellten Untersuchungen, dass der didaktische Nutzen der Schülerlabore nur eine gewisse Zeit vorhanden ist:

„Die vorliegenden Ergebnisse weisen im Rahmen einer experimentellen Kontrollgruppenstudie darauf hin, dass sich der Besuch eines Experimentierlabors zumindest kurzfristig positiv auf chemiebezogene Haltungen von Schülern auswirken kann. [...] Ein anderes Bild ergibt sich allerdings bezüglich der Nachhaltigkeit dieser positiven Entwicklungen. Die beschriebenen positiven Effekte des Laborbesuchs erwiesen sich als kurzfristig, vier Monate nach dem Besuch sind sie nicht mehr nachzuweisen.“ (Brandt et al., 2008, p. 10).

Beim Besuch eines Schülerlabors handelt es sich nur um eine einmalige und kurze Lernintervention. Langfristige und nachhaltige Wirkungen dürfen daher nicht erwartet werden. Gleichwohl darf angenommen werden, dass diese motivationalen Effekte bei einer stärkeren Einbindung in den „normalen“ Unterricht länger anhalten würden (vgl. Brandt et al., 2008). Es stellt sich in diesem Zusammenhang somit die Frage, wie sich die feststellbaren positiven Effekte der Schülerlaborbesuche durch eine intensivere Verzahnung mit dem Unterrichtsgeschehen verlängern und unter Umständen sogar verstärken lassen.

Ein denkbarer Lösungsansatz könnte eine stärkere curriculare Einbindung des Schülerlabors in den Schulunterricht sein. In der oben vorgestellten Dissertation von Zehren (2009) heißt es, bezogen auf eine Studie zur Wirksamkeit außerschulischer Lernorte (vgl. Guderian, 2007):

„Die vorliegende Arbeit deutet an,... das Interesse zumindest mittelfristig zu stabilisieren... und lässt den Schluss zu, dass der Besuch für die Schüler wahrnehmbar mit den Inhalten des Curriculums verzahnt sein muss (Guderian, 2007, p. 168). Dazu gehört vor allem die Bezugnahme auf die Inhalte des Schulunterrichts und auf die dort erlernten methodischen Instrumente und Konzepte.“ (Zehren, 2009, p. 20).

Zahlreiche empirische Untersuchungen belegen, dass neben einer gut strukturierten Lernumgebung zur Begleitung der Schülerinnen und Schüler während eines Laborbesuchs insbesondere die Vor- und Nachbereitung der Lernanlässe besonders wichtig für die Lerneffekte sind. Wilde and Bätz (2006) weisen signifikant bessere Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler nach, wenn sie auf den außerschulischen Lernort (Museum) vorbereitet wurden: „Während konzept-

tionell unvorbereitete Besuche des außerschulischen Lernorts Naturkundemuseum eher zu unverbundenem Wissen führen, das schlecht erinnert wird, nützt entsprechende Vorbereitung dabei, erinnerbares und verfügbares Wissen zu erwerben“ (Wilde & Bätz, 2006, p. 86). Weitere Hinweise lieferten Studien zu außerschulischen Lernorten (vgl. Krombass & Harms, 2006; Waltner & Wiesner, 2009), die zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler unter geeigneten Rahmenbedingungen (z.B. eine effektive Vor- und/oder Nachbereitung) während des Lerngangs auch effektiver lernen als eine Vergleichsgruppe, welche sich nur im Klassenzimmer mit dem gleichen Thema beschäftigen.

Auch Eysel and Schallies (2003) ermittelten, dass die fehlende Einbindung in den Unterricht dazu führt, dass der Besuch oft einen reinen „Ausflugscharakter“ in sich birgt und sich die Schülerinnen und Schüler lediglich als „Touristen“ fühlen, ohne konkrete Vorstellungen über einen möglichen Ablauf oder über die Inhalte zu haben. Kisiel (2005a) berichtet, dass zwar 90 % der Lehrkräfte das Ziel haben, den Besuch außerschulischer Lernorte in den Unterricht einzubinden, aber nur 23 % es als notwendig ansahen, dass auch die Schülerinnen und Schüler diese Verbindung herstellen. Klaes (2008) bestätigt dies mit ihrer Aussage: „Es findet keine oder nur eine unzureichende Vor- bzw. Nachbereitung statt“ (vgl. Klaes, 2008, p. 300).

Mit den Worten „wenn die Wirkung der Initiativen nicht auf kurzfristige interessante Erlebnisse oder einmalige Labor-Erfahrungen beschränkt bleiben soll“ machen Ringelband, Prenzel, and Euler (2001) darauf aufmerksam, dass die in Schülerlaboren angebotenen Experimente auf die Lehrpläne und mit den Lehrpersonen abgestimmt werden sollten (vgl. Ringelband et al., 2001, p. 116). Dähnhardt, Sommer, and Euler heben ihre gute Erfahrung mit Schülerlaboren als Ergänzung zum Schulunterricht hervor: „In den relativ komplexen, eher offenen und informellen Lernumgebungen der Schülerlabore lernen die Schülerinnen und Schüler nicht nur Neues kennen, sie lernen offenbar auch anders als im formalen Lernkontext der Schule, Schülerlabore stellen eine gute Ergänzung zum schulischen Unterricht dar“ Dähnhardt et al. (2007, p. 10).

Guderian (2007) führt verschiedene Gründe aus, weshalb ein Besuch zu einem außerschulischen Lernort in den Unterricht integriert werden sollte: Das sogenannte „Novel Field-Trip Phenomen“ beschreibt die ängstliche und unsichere Verhaltensweise von Schülerinnen und Schülern, die eine ihnen unvertraute Umgebung aufsuchen. Hinzu kommt dass der „kognitive overload“ dazu führen kann, dass die Schülerinnen und Schüler Beeinträchtigungen in ihren Lernleistung zeigen (Guderian, 2007, pp. 19–23).

Auch Lucas zählt verschiedene Gründe auf, die für eine Einbindung von außerschulischen Lernorten in den Schulunterricht sprechen: Die Erhöhung der Vertrautheit mit der Umgebung, die Bereitstellung von ausreichendem Vorwissen und das Einüben etwaiger Fähigkeiten (Lucas, 2000, p. 525). Orion (1993) entwickelte ein Modell, welches die Einbettung eines außerschulischen Lerngangs in das Science Curriculum ermöglichte. Dieser Ansatz beschreibt die typische Dreiteilung des Unterrichts: Die Vorbereitung der Exkursion im Klassenzimmer, die Durchführung und die anschließende Nachbereitung im Klassenzimmer. Durch die Vorbereitung soll die Effektivität einer Exkursion erhöht werden – und zugleich wird versucht, den Novelty Space zu verringern (Orion, 1989; vgl. Orion, 1993). Der Begriff „Novelty Space“ umfasst dabei nicht nur die individuelle Vertrautheit mit einer räumlichen (Lern-)Umgebung, sondern auch die kognitiven und psychologischen Faktoren (Guderian, 2007, p. 20).

Kisiel (2006b) fordert die Integration eines außerschulischen Lerngangs in das Curriculum mit den Worten: „A strong connection between the curriculum and a field trip allows students do not only remember what they did, but why they did it“ (Kisiel, 2006b, p. 48).

Auch Wendt, Gilbert, Hemmelskamp, Welzel, and Schulze (2007) teilen die Meinung, dass Besuche zu außerschulischen Lernorten in den Unterricht integriert werden sollten: „Unfortunately these activities quite often show no longterm effect because they are set up as individual stand-alone projects. It is therefore very important to connect them to the school curriculum“ (Wendt et al., 2007, p. 104).

In der Studie von Storksdieck (2006) wurden Lehrpersonen befragt, was sie einem Kollegen raten würden, der die gleiche Exkursion durchführen will. Das Ergebnis war, dass fast alle befragten Fachkräfte eine gewisse Art der Vorbereitung empfehlen: 34 % sprechen sich für die Vorbereitung des Themas im Unterricht aus, 28 % empfehlen eine allgemeine Vorbereitung und 14 % legen das Ansprechen von Erwartungen, Gefühlen oder Vorkenntnissen nahe (vgl. Storksdieck, 2006, p. 17). In dieser Studie geben 59 % der Lehrerinnen und Lehrer eine Empfehlung für die Nachbereitung zum Zwecke der Wiederholung und zur Klärung aufkommender Fragen.

Weitere Studien wiesen nach, dass die Lehrpersonen ihre Schülerinnen und Schüler nur wenig in inhaltlicher Hinsicht, sondern lediglich unter organisatorischen Aspekten auf den außerschulischen Lernort vorbereiten (Griffin & Symington, 1997, p. 926, Griffin & Symington, 1997, p. 769; Tal, Bamberger, & Morag, 2005, p. 926).

Zusammenfassend lässt sich die Situation wie folgt beschreiben: Verschiedene internationale Schulvergleichsstudien belegen, dass das Interesse an den MINT-Fächern bei deutschen Schülerinnen und Schülern in den vergangenen Jahren zwar gewachsen, aber noch immer nicht ausreichend ist. Dieses Desinteresse wirkt sich massiv auf die Berufs- und Studienwahl aus. Es mangelt bereits an hochqualifizierten Fachkräften im Bereich der Technik und der Naturwissenschaften. Für ein Land wie Deutschland, welches geprägt ist durch eine Informations-, Kommunikations- und Wissensgesellschaft, stellt dieser negative Trend ein erhebliches Problem dar. Um dieses zu lösen, fordern Bildungspolitiker und pädagogische Fachkräfte seit einigen Jahren eine stärkere naturwissenschaftliche Grundbildung der Bevölkerung. Im schulischen Rahmen soll diese durch die Einführung von Bildungsstandards gesichert werden. Zudem werden zunehmend Schülerlabore als außerschulische Lernorte eingesetzt, um das Interesse und die Motivation der Lernenden für die technischen Fächer und die Naturwissenschaften zu fördern. Allerdings ist die Wirkung dieser Angebote nur kurzfristig. Um die positiven Effekte zu verstärken und einen nachhaltigen Lernerfolg zu sichern, müsste eine stärkere Einbindung der Schülerlabore in den naturwissenschaftlichen Schulunterricht erfolgen.

1.3.2. Forschungsfragen

Im Rahmen dieser Arbeit mit dem Titel „Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht“ wird versucht, Lösungsansätze für die im vorherigen Abschnitt identifizierte Forschungslücke zu finden. Hierbei ergeben sich unter anderem folgende Forschungsfragen:

Welche Effekte hat die Einbindung der Lernumgebung im Schülerlabor auf

- a) den Lernleistung der Schulklassen (Studie 1 und 2),
- b) die Lern- und Leistungsmotivation (Studie 3), und
- c) das Interesse an den Naturwissenschaften (Studie 3)

Wir erwarten, dass die Lernenden der Einbindungsgruppe (*SCOL & school*) im Vergleich zu den anderen Lernkonditionen höhere Lernleistungen zeigen. Diese Art der Einbindung lässt sich nur durch spezielle Lehr-Lernarrangements (siehe Kapitel 2.5) erreichen, die in vorliegender Dissertation beispielhaft entwickelt wurden und im Unterricht umzusetzen wurden (Studie 1).

In Studie 2 ist unsere Annahme, dass ein qualitativ hochwertiger Schülerlaborkurs (SCOL-Kurs) in Kombination mit einer Vor- und Nachbereitung an der Schule (*SCOL & school*) einen höheren positiven Effekt auf die Lernleistung der Lernenden zeigt als die anderen Konditionen (*SCOL only*, *School only* und die Kontrollgruppe).

In Studie 3 vermuten wir, dass Lerngelegenheiten, welche eine aktive Beteiligung der Lernenden (z.B. Laborarbeit) einfordern, mit einem erhöhten Interesse in Verbindung gebracht werden. Wir erwarten daher positive Effekte der experimentellen Laborarbeit bei den drei Treatmentbedingungen *SCOL only*, *SCOL & school* und *School only* im Vergleich zu der Kontrollgruppe in Bezug auf alle motivationalen State-Maßen. Zweitens gehen wir davon aus, dass dieser Effekt ausgeprägter für den praktischen Teil der Intervention als für den theoretischen Teil (siehe Studie 3, Figure 1) ist. Drittens werden wir auch mögliche Effekte der Trait-Maße der Schülerinnen und Schüler untersuchen. In Ermangelung von vorliegenden Effekten aus Vorgängerstudien wird hier keine spezifische Forschungshypothese formuliert. Viertens nehmen wir an, dass der Effekt der Laborumgebungen auf die Schülermotivation stärker in den Lernkonditionen *SCOL only* und *SCOL & school* sein wird, welche im Vergleich zu der Schulkondition (*School only*) das Schülerlabor als Komponente beinhalten.

2. Die Studie WiSS (Wirksamkeit Schule-Schülerlabor)

Die vorgestellte Studie könnte als Wirkungsstudie oder pädagogische Interventionsstudie klassifiziert werden (Rieß, 2010). Nach Haber and Hasselhorn (2000) wird unter einer Interventionsmaßnahme „jede Art von außengesteuerter, zielgerichteter und systematischer Beeinflussung von Personen- und/oder Systemmerkmalen“ verstanden. In der vorliegenden Studie ist die Interventionsmaßnahme ein „pädagogisches Programm“ bzw. „Unterricht“. Die pädagogische Maßnahme verfolgt das Ziel naturwissenschaftliche Kompetenzen und Interessen der Schüler zu erhalten, optimieren und zu verbessern.

Die Datenerhebungen im Rahmen der Hauptstudie (Interventionsstudie auf Schulklassenebene) wurden im Juli 2013 abgeschlossen. Insgesamt haben 68 Klassen von 22 Realschulen aus dem Regierungsbezirk Karlsruhe und Stuttgart an der Studie teilgenommen. Es liegen insgesamt Daten von 1881 Schülerinnen und Schülern vor. Für die Studie lag im August 2012 die Genehmigung des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg vor.

Des Weiteren wurde auf dem Lehrerkongress der Chemie Verbände Baden-Württemberg am 11. November 2011 in Hockenheim und dem ersten Naturwissenschaftlichen Erlebnistag für LehrerInnen an GHWRS an der experimenta Heilbronn die Studie vorgestellt, um Interesse bei den Lehrpersonen für eine Teilnahme zu wecken. Für die Intervention wurden die Realschulen per E-Mail angeschrieben und telefonisch kontaktiert bzw. vor Ort an den Schulen der Ablauf und das zur Verfügung stehende Unterrichtsarrangement vorgestellt.

Für die Akquise wurde ein Informationsfaltblatt zur Studie erstellt (siehe Anhang 1). Zwei regionale Lehrerfortbildungen (siehe Anlage 2) wurden in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Schulamt Mannheim und dem Staatlichen Schulamt Heilbronn im November 2012 und Dezember 2012 angeboten. Die Einladung ging an alle interessierten Lehrpersonen. Der Schwerpunkt lag bei Lehrerinnen und Lehrern, welche bereits den Lehr-Lernarrangements *SCOL & school* und *School only* zugeteilt waren. In dieser Fortbildungsveranstaltung wurde der Ablauf der Studie und die theoretischen chemischen Hintergründe („Zuckerchemie“) erläutert. Der zweite Teil hatte die Praktikabilität der Experimentierkisten „Starke Stärke“ (siehe Anhang 7) und die Durchführung der Schülerversuche zum Inhalt.

Am 25. Juni 2012 hat die Projektkoordinatorin im Rahmen einer Teamsitzung an der experimenta Heilbronn die Hauptstudie vorgestellt. Es wurden der zeitliche und organisatorische Ablauf erläutert und die noch ausstehenden Fragen und Anmerkungen des experimenta-Teams beantwortet.

Der Kontakt zu den Schulen und Lehrkräften wurde mit Unterstützung folgender Personen bzw. Institutionen vorgenommen: Herrn Seibold vom SSA Heilbronn, Frau Mertz vom SSA Mannheim, Herrn Krieg vom Staatlichen Seminar für Didaktik und Lehrerbildung und Herrn Hibschenberger, NWA- Fachberater des Staatlichen Schulamts Mannheim.

2.1. Durchführung der WiSS-Studie

Bei der randomisierten Verteilung der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe wurde, wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist, darauf geachtet, dass alle vier Lerngruppen über das ganze Schuljahr gleich verteilt wurden, so dass die gesamte Hauptstudie und die Lehr-Lernarrangements parallel und geschachtelt über das gesamte Schuljahr 2012/2013 verliefen.

	SCOL & school	School only	SCOL only	Kontrollgruppe
Dez 12	1	3	0	3
Jan 13	4	3	2	2
Feb 13	0	1	1	1
Mrz 13	11	2	4	3
Apr 13	2	3	4	2
Mai 13	0	3	6	3
Jun 13	0	2	0	2
Jul 13	0	0	0	0
Nov 12 bis Feb 13	5	7	3	6
Mär 13 bis Jun 13	13	10	14	11
Summe (Schulklassen)	18	17	17	16

Tabelle 2: Anzahl der teilnehmenden Schulklassen nach Treatment und Monat

2.1.1. Forschungsfeld „experimenta“ Heilbronn

Die Trägerorganisation (experimenta, Science Center der Region Heilbronn-Franken gGmbH) stellt als Personal eine Kursleiterin oder ein Kursleiter und eine Laborassistentin oder Laborassistent zur Betreuung während des Besuchs, so dass die begleitenden Lehrpersonen im Sekundarstufe I Bereich hospitieren können. Aufgrund der Rekrutierung von Mitarbeitern können fachliche Expertise und pädagogische Fähigkeiten unterschiedlich ausgeprägt sein. In der „akademie junger forscher“ mit drei modernen naturwissenschaftlich-technischen Laboren und zwei Ateliers steht das Experimentieren unter pädagogischer Anleitung im Mittelpunkt. In den Kursen können sich Schulklassen mit speziellen naturwissenschaftlichen und technischen Themen intensiv beschäftigen. Weitere Informationen finden sich unter: <http://www.experimenta-heilbronn.de/>.

2.2. Forschungsdesign

Mithilfe eines Pre-, Post-, Follow-Up-Designs und während der Intervention wurden die drei Treatmentgruppen mit einer Kontrollgruppe verglichen (Abbildung 1). Die randomisiert auf die Gruppen aufgeteilte Stichprobe (68 neunte Realschulklassen) wurde mit quantitativen Fragebögen und mehreren Leistungstests (siehe Anlage 8) und prozessbezogenen Variablen mittels Kurzfragebogen während der Intervention untersucht.

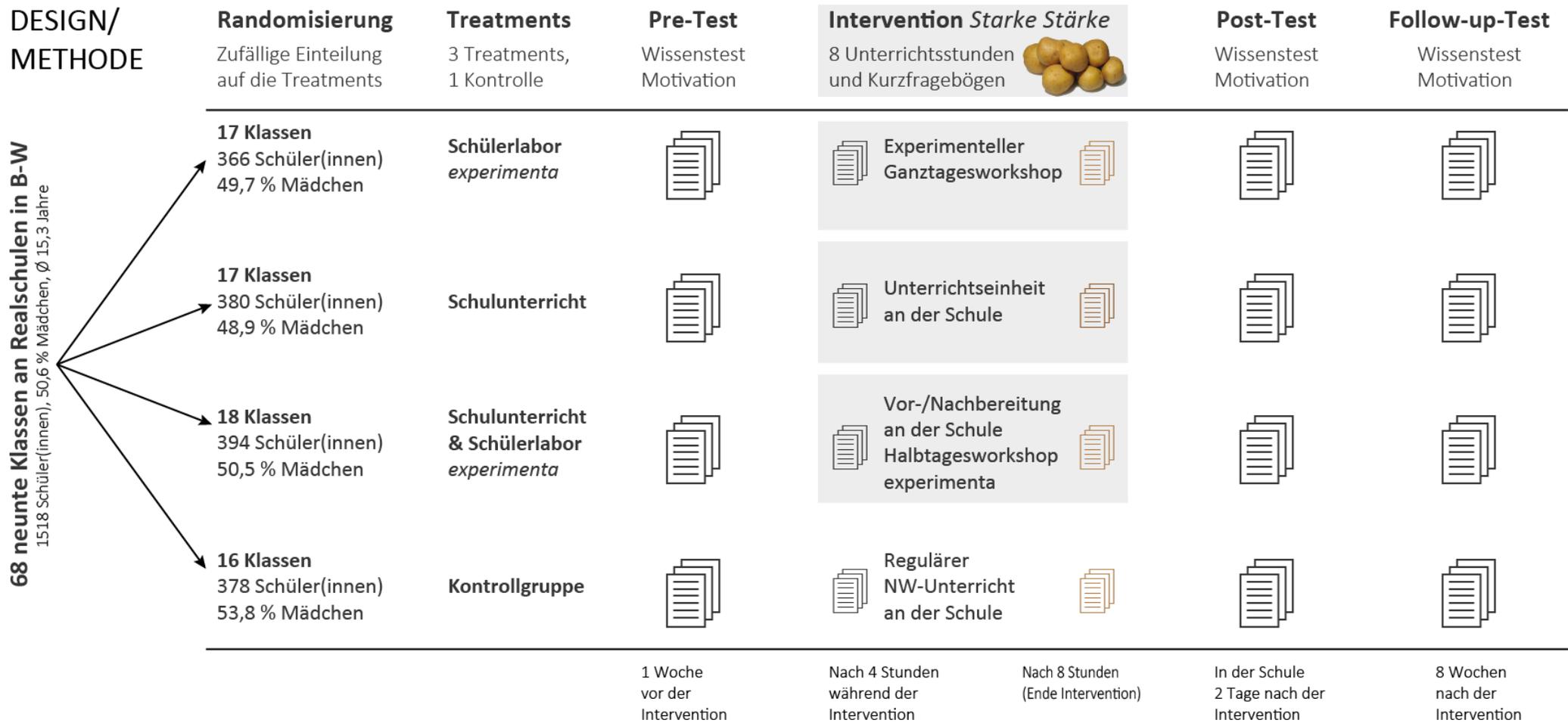


Abbildung 1: Studiendesign: Randomisierung Treatment-/Kontrollgruppe, Messzeitpunkte

2.3. Datenstruktur

Die vorliegende Schülerstichprobe weist eine komplexe hierarchische Datenstruktur auf, da keine Zufallsstichprobe einzelner Schülerinnen und Schüler untersucht wurde, sondern gesamte Schulklassen in die Studie einbezogen wurden. Individuelle Merkmale von Schülerinnen und Schülern sind somit in ein System geschachtelter Bedingungen eingebettet. Merkmalsunterschiede von Schülerinnen und Schülern sind innerhalb einer Klasse kleiner als in einer zufälligen Stichprobe. Es liegt eine hierarchische Schachtelung der Individualdaten der Schülerinnen und Schüler in Ihren Schulklassen in Form einer Clusterstichprobe vor (z.B. Raudenbush & Bryk, 2002; Snijders & Bosker, 1993). Aufgrund der nicht vorhandenen Unabhängigkeit der Daten (Ditton, 1998) können Ergebnisse unter Nichtberücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur inferenzstatistischer Verfahren wie Regressionsanalysen und Varianzanalysen verzerrt werden. Solche Abhängigkeiten in den subjektiven Schülereinschätzungen einer Klasse werden z.B. auf den gemeinsamen Lernkontext zurückgeführt (Lüdtke & Köller, 2006). Wenn diese Merkmale systematisch zwischen den Klassen variieren, innerhalb der Klassen jedoch homogen sind, werden die Standardfehler bei der Anwendung solcher Verfahren bei geschachtelten Datensätzen unterschätzt und in Folge dessen die Konfidenz in Bezug auf die Stichprobenergebnisse überschätzt (Grawitch & Munz, 2004). Das Ausmaß der Unterschätzung der Standardfehler hängt von der Intraklassenkorrelation (ρ) ab. Dies ist ein Maß für die Korrelation der Merkmalsunterschiede zwischen den Schülern einer Klasse. Die Intraklassenkorrelation führt zu einer Inflation des α -Fehlers, in Folge dessen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer falschen Entscheidung zu Gunsten der Hypothese. Bei Signifikanzprüfungen werden die Ergebnisse durch die Abhängigkeit der Daten stark beeinflusst (Heck & Thomas, 2009). Aus diesem Grund ist es wichtig, die Verzerrungseffekte zu korrigieren. Durch die Verwendung von mehrebenenanalytischen Verfahren bei hierarchischen Datensätzen kann die Gefahr von verzerrten Ergebnissen (z.B. zu schnelle Signifikanzen) korrigiert bzw. vermieden werden. Bei dieser vorliegenden groß angelegten WiSS-Studie war es wichtig, diese geschachtelte Datenstruktur zu berücksichtigen, so dass die hier beschriebenen Fehler bei der Nichtbeachtung ausgeschlossen werden können um demzufolge zuverlässige Empfehlungen für die Praxis aussprechen zu können.

2.3.1. Mehrebenenanalyse

In Voranalysen wurde mittels Intraklassenkorrelationen die Bedeutung der Klassenebene (im verwendeten Design sind Schülerinnen und Schüler in Klassen genestet) analysiert und Hinweise darauf gefunden, dass ein mehrebenenanalytisches Auswertungsverfahren angezeigt war. Daraufhin folgte die Prüfung der vier Gruppen hinsichtlich der Unterschiede in der Motivation und der Lernleistung mit Mehrebenenregressionsanalysen. Mit Hilfe der Mehrebenenanalyse können wie bei der vorliegenden Stichprobe Variablen auf zwei Ebenen (auf Ebene der individuellen Schüler und Klassen) in die Analysen aufgenommen werden. Bei der Analyse von verschiedenen Unterrichtsbedingungen (Treatments) bspw. auf die individuelle Interessensentwicklung wird z.B. die Mehrebenenanalyse verwendet, da sogleich individuelle von den Schülern wahrgenommene Unterrichtsbedingungen als auch Unterrichtsbedingungen auf Klassenebenen untersucht werden. Eine ausführliche Beschreibung der Mehrebenenanalyse findet sich in Studie 2 und 3 (Kapitel 3).

2.4. Motivation, Lernemotionen und Lernleistung

Im vorliegenden Abschnitt werden wichtige motivationale Aspekte in Bezug auf die naturwissenschaftliche Bildung genauer dargestellt: das Selbstkonzept und das Interesse. Die eigenen Fähigkeitseinschätzungen von Schülern in einem Schulfach, also das Vertrauen in die fachspezifischen individuellen Fähigkeiten wird als fachbezogenes schulisches Selbstkonzept bezeichnet (Möller & Köller, 2004).

Selbstkonzept. Schüler, welche sich selbst kompetent einschätzen und somit eine positive Ausprägung des Selbstkonzepts in einem Schulfach zeigen, erzielen im Durchschnitt höhere Kompetenzzuwächse als Schüler mit derselben Ausgangskompetenz, welche hingegen über ein niedriges Selbstkonzept verfügen (Marsh & Martin, 2011; Marsh, Trautwein, Lüdtke, Köller, & Baumert, 2005). Ein positives schulisches Selbstkonzept ist mit höheren Bildungsambitionen verbunden (Marsh & O'Mara, 2008) und beeinflusst die Kurswahlentscheidung in der Oberstufe (Köller, Daniels, Schnabel, & Baumert, 2000).

Interesse. Als zeitlich relativ stabiles Schülermerkmal gilt neben dem Selbstkonzept (Fähigkeitsselbstkonzept) auch das Interesse, welches bereits in der Primarstufe geprägt wird und sich im Laufe der Schulzeit weiter ausbilden (Marsh, 1990; Schiefele & Wild, 2000) Unter fachbezogenem Interesse versteht man die Äußerungen von positiven Emotionen, der Beschäftigung mit diesen und einer anhalten Wertschätzung gegenüber fachlichen Inhalten (Schiefele, 2009a). Nach dieser Präzisierung würden Schüler mit hohem Interesse an den Naturwissenschaften sowohl die Inhalte als wichtig erachten als auch Begeisterung während der Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen zeigen. Für den individuellen schulischen Erfolg sind beide bestimmende Faktoren und beeinflussen z.B. die Berufs- und Studienwahl (Nagy et al., 2006). In der Literatur werden für das fachbezogene Interesse positive Zusammenhänge mit Lernleistung aufgezeigt, die verglichen mit dem Selbstkonzept allerdings weniger stark ausgeprägt sind (Köller, Trautwein, Lüdtke, & Baumert, 2006; Marsh et al., 2005). Wahlentscheidungen, wie etwas Physik oder Chemie zu studieren, werden durch das Selbstkonzept und das fachliche Interesse beeinflusst.

Erwartungs-Wert-Modell der Leistungsmotivation. Diesen Zusammenhang führt das sogenannte Erwartungs-Wert-Modell der Leistungsmotivation an (Möller & Trautwein, 2009; Wigfield & Eccles, 2000). Dieses Erwartungs-Wert-Modell (expectancy-value-theory, EVT) von Eccles und Kollegen (1983) ist eine bewährte Theorie zur Erklärung der Leistungsmotivation. Hierbei wird ein Bezug zwischen den vermuteten Werten und Handlungsalternativen und der Wahrscheinlichkeit, der Handlungsausführung, hergestellt. Dieses Modell postuliert zwei zentrale Faktoren, durch die Lernleistungen und leistungsbezogene Entscheidungen direkt beeinflusst werden: die Erwartung („Erwartungskomponente“, „expectation of success“: Kann ich das lernen?) und den Wert (Wertkomponente“, „subjective task value: Will ich das lernen?) in Bezug auf eine Aufgabe oder Tätigkeit. Unter den Handlungsalternativen wird dann jene ausgewählt, bei der das Produkt von Erwartung und Wert am größten ist (Rudolph, 2003). Eccles (1983) unterscheidet vier Komponenten der Wertüberzeugung: den intrinsischen Wert („Intrinsic value“), d.h. die Freude, die jemand an der Tätigkeit hat, die Wichtigkeit („Attainment value“), d.h. die Bedeutung, die eine Aufgabe oder Tätigkeit für jemanden hat, die Nützlichkeit („Utility value“), d.h. der wahrgenommene Nutzen, den die Anstrengung bei einer Tätigkeit für kurz- und langfristige Ziele hat, und die Kosten („Cost“), d.h. die wahrgenommenen negativen Konsequenzen der Anstrengung bei einer Tätigkeit (Eccles & Wigfield, 2002). Zur weiteren, detaillierteren Diskussion dieser Komponenten siehe Eccles, 2005; Wigfield & Eccles, 1992, 2002.

Auf diese Komponenten gibt es verschiedene Einflüsse, z.B. das kulturelle Milieu. Nach dem Erwartungs-Wert-Modell der Leistungsmotivation sind sowohl ein positives Selbstkonzept (Erwartungskomponente) als auch ein ausgeprägtes Interesse (Wertkomponente) erforderlich, damit eine Schüler oder ein Schüler in einem bestimmten Fachbereich eine hohe Leistungsmotivation entwickelt und somit hohe Kompetenzen und Lernleistungen in einem Fach erreichen kann.

In großen Schulleistungsstudien wurde sowohl das Interesse von Schülern als auch das Selbstkonzept von deutschen Schülern untersucht (Kleickmann, Brehl, Saß, Prenzel, & Köller, 2012; Pekrun, Frenzel, Zimmer, & Lichtenfeld, 2005; Prenzel & Schütte, 2007). In der Regel konnte gezeigt werden, dass ein hohes Interesse und ein ausgeprägtes Selbstkonzept in den Naturwissenschaften mit höheren Kompetenzwerten einhergehen, womit die meisten leistungsstarken Schülerinnen und Schüler auch selbstbewusster und interessierter sind. Des Weiteren wird vor allem in Lern- und Leistungskontexten davon ausgegangen, dass Emotionen neben der Motivation und kognitiven Belastung einen entscheidenden Einfluss auf den Wissens- und Kompetenzerwerb haben (Pekrun, 2006; Pekrun, Frenzel, Götz, & Raymond, 2007). So wirken sich Emotionen auf die Lernmotivation aus (Wild, Hofer, & Pekrun, 2006).

Lernemotionen. Motivation und Emotion sind eng miteinander verbunden. In der pädagogischen Psychologie werden Lernemotionen oft als Teilaspekt umfassender Motivationstheorien untersucht (Pintrich & Schunk, 1996). Beispielsweise kann die Motivation durch aktuelle Emotionen beim Lernen beeinflusst werden. Bisherige Forschungsarbeiten konnten gezeigt werden, dass Motivation und Emotionen eng zusammenhängen (Pintrich & Schunk, 1996). Die meisten Lernmotivationstheorien greifen auf kognitive Erklärungen zurück, jedoch werden Intensität, Dauer und Richtung des Lernverhaltens ebenso von Emotionen, Werten, Attributionen, Zielen und sozialen Vergleichsprozessen beeinflusst (Schunk, Pintrich, & Meece, 2008). Emotionen wirken grundsätzlich als Mediatoren im Lerngeschehen und beeinflussen mittels ihrer multifunktionalen Bedeutung das Verhalten und Erleben der Lernenden. Die motivationale Komponente des Lernens beinhaltet Faktoren wie Interesse, Leistungsmotivation und Immersion, während in der Lehr-Lernforschung bei Schülerinnen und Schüler emotionale und motivationale Prozesse immer häufiger Gegenstand empirischer Forschung sind (Gläser-Zikuda, 2004; Pekrun et al., 2007; Schutz & Pekrun, 2007). Lern- und leistungsrelevante Emotionen sind dabei vor allem Freude, Ärger und Langeweile (Pekrun, Goetz, Titz, & Perry, 2002).

Die dritte Studie erläutert detailliert das Zusammenspiel von Lernemotionen (Freude, Ärger, Langeweile), dem situationellen Interesse und dem Kompetenzerleben (Willems, 2011) in der Unterrichtssituation (State-Emotionen) mit den Trait-Variablen (vier Wertkomponenten (cost, attainment, intrinsic, utility) nach EVT; dispositionales Interesse, Kompetenzerleben), welche vor und nach der Intervention abgefragt wurden.

Lernleistung. Nach dem Erwartungs-Wert-Modell der Leistungsmotivation sind sowohl ein positives Selbstkonzept (Erwartungskomponente) als auch ein ausgeprägtes Interesse (Wertkomponente) erforderlich, damit ein Schüler in einem bestimmten Fachbereich eine hohe Leistungsmotivation entwickelt und zeigt und somit hohe Kompetenzen und Lernleistungen in einem Fach erreichen kann. Die erste und zweite Studie befassen sich mit der Lernleistung bezogen auf die Interventionsinhalte (nachwachsende Rohstoffe, Eigenschaften, Nachweise und Verwendung von Kohlenhydraten und Stärke). Um zu vermeiden, dass die Schülerinnen und Schüler bei der Erfassung dieser Lernleistung einer Leistungssituation während des Schülerlaborbetrugs ausgesetzt werden, was dem Konzept der Schülerlabore nicht entspricht (Glowinski, 2007, p. 81), wurden in allen Lerngruppen die Leistungstests im regulären Unterricht an den beteiligten Schulen durchgeführt.

Für die Erfassung und Testung der naturwissenschaftlichen Lernleistungen im Rahmen der Unterrichtseinheit „Starke Stärke“ bedurfte es der Entwicklung und Erprobung geeigneter Aufgaben, da sich bis jetzt noch keine Vorgängerstudie mit diesen Lerninhalten auseinandergesetzt hat. Berücksichtigt wurde dabei der aktuelle Forschungsstand zu Aufgaben im Fach Chemie (im Überblick z.B. Tepner, Roeder, & Melle, 2010). Die im Anhang 8 dargestellten Test bzw. Leistungsaufgaben (Maier, Bohl T., Kleinknecht, & Metz, 2013) wurden zur Erfassung abschließender Bewertungen von Lernprozessen (Kauertz & Fischer, 2010) eingesetzt. Grundlage für die Konstruktion dieser Items bzw. Skalen waren die Bildungsstandards (nähere Erläuterungen finden sich in Kapitel 1.1) im Fach Chemie (KMK, 2005) mit den vier übergreifenden Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Bewertung und Kommunikation und den in Tabelle 5 erwarteten Schülerleistungen. Bezugnehmend auf die Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung werden im Rahmen des Begriffs Scientific Literacy (vgl. Kapitel 1.1.1) sowohl prozedurales Wissen wie auch deklaratives Wissen (Themengebiete siehe Study 1, Figure 3) abgefragt. Die Beschreibung der Skalen findet sich in Study 2 unter „Measurement of Achievement“. Aufgrund der Forschungsfrage in Bezug auf die Treatmenteffekte wird in dieser Arbeit nicht auf Präkonzepte (Duit, 1995; z.B. Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994) und Conceptual Change (Chi, Michelene T. H., Slotta, & Leeuw, 1994; siehe z.B. Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008) eingegangen, sondern der Nachtest in Bezug auf die Lernleistung im Vergleich der Treatments *SCOL only*, *School only*, *SCOL & school* und *control* unter Kontrolle der Vortestleistungen ausgewertet.

2.5. Das Lehr-Lernarrangement „Starke Stärke“

Der Schülerworkshop „Starke Stärke“ wurde aufgrund seiner Vielfalt und angelegten Förderung von Kompetenzen [wie z.B. Versuche durchführen, gewonnene Erkenntnisse bewerten und gegebenenfalls anwenden, komplexe Zusammenhänge in Wirtschaft und Gesellschaft auch unter naturwissenschaftlichem Blickwinkel sehen und werten (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 97) und seiner Verankerung im Bildungsplan der Realschule Baden-Württemberg im Fach „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ (NWA) der Jahrgangsstufe 9 (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, 2004, p. 100) für diese WiSS-Studie ausgewählt. Das Unterrichtsthema „Starke Stärke“ verfolgte zahlreiche Kompetenzziele aus den Bildungsstandards für das Fach Chemie (KMK, 2005). Hierbei wird das Verständnis von drei Basiskompetenzen (Stoff-Teilchen-Konzept, Struktur-Eigenschaft-Konzept, Konzepte der chemischen Reaktionen) gefördert. Die angesprochenen Kompetenzbereiche sind in Tabelle 5 aufgezeigt.

In der Lerneinheit „Starke Stärke“ (vgl. Sommer, Russek, Kakoschke, & Pfeffer, 2012; Stäudel & Sauer, 1994) beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler mit der Bedeutung nachwachsender Rohstoffe. Sie gewinnen Stärke aus der Kartoffel, weisen diese nach, mikroskopieren diese und stellen eine Stärkefolie und Einweggeschirr auf Stärkebasis her. Darüber hinaus lernen sie den chemischen Aufbau und Nachweismethoden von Kohlenhydraten kennen.

Zu diesem ausgewählten Unterrichtsthema „Starke Stärke“ wurde ein Lehr-Lernarrangement (Unterrichtseinheit und zugehörige Unterrichtsmaterialien) von 8 Unterrichtsstunden (US) entwickelt und über drei Lerngruppen variiert: Eine Schule & Schülerlabor (Einbindung) lernt 4US im Schülerlabor und 4US im Schulunterricht (2 Vor + 2 Nachbereitungsstunden), die Lerngruppe „Schule“ lernt 8US nur im Schulunterricht und eine weitere Gruppe „Labor“ wird 8 US im Schülerlabor unterrichtet (vergleiche Tabelle 3).

Treatment + Kontrolle		Schulunterricht	
		Ja	Nein
Schülerlaborbesuch	Ja	<i>SCOL & school (8US)</i> Arbeitsheft „Starke Stärke“ + Experimentierboxen Skript „Starke Stärke“ + vorh. Materialien Labor Lehrender: NWA-Lehrperson + Kursleiter des Schülerlabors	<i>SCOL only (8 US)</i> Skript „Starke Stärke“ + vorh. Materialien Labor Lehrender: Kursleiter des Schülerlabors
	Nein	<i>School only (8US)</i> Arbeitsheft „Starke Stärke“ + Experimentierboxen Lehrender: NWA-Lehrperson	Kontrollgruppe (8 US) NW- Thema a.d. Schule Lehrender: NWA-Lehrperson

Tabelle 3: Übersicht: Lern-Lehrarrangement „Starke Stärke“

Für „*SCOL & school*“ wurde eine Einbettung des Schülerlaborbesuchs in die Unterrichtseinheit, die im Schulunterricht durchgeführt wird, arrangiert. Für diese Schülergruppe (*SCOL & school*) wurde Arbeitsmaterial in Form eines Arbeitsheftes und Experimentierboxen konzipiert. Dieses Material ist eine gekürzte Form (Vor+ Nachkurs) des zur Verfügung gestellten Materials der Gruppe „Schule“ (*School only*). Für diese Schülergruppe „*School only*“ (Unterricht an Schulen) wurde ein im naturwissenschaftlichen Schulunterricht einsetzbares Arbeitsheft (siehe Anlage 3, Gefährdungsbeurteilungen der dargestellten Schülerversuche siehe Anlage 4) und digitale Folien (siehe Anlage 5) mit entsprechenden Experimentierboxen (Fotos siehe Anlage 7, Materialliste siehe Anlage 6) rund um das Thema „Starke Stärke“ entwickelt. Die Lehrpersonen erhielten ein Begleitheft mit Erläuterungen, Hinweisen und Lösungen (nicht in der Anlage). Eine Übersicht eines möglichen Ablaufs der Unterrichtseinheit „Starke Stärke“ mit angeführten Materialien für die Lerngruppe „*School only*“ kann aus

Tabelle 4 entnommen werden. Jeder Aufgabe wird eine Beschreibung der erwarteten Schülerleistung aufgeführt einschließlich der Angabe von Bewertungskriterien, die auf die Anforderungsbereiche bezogen sind (siehe: KMK, 2005; Erwartungshorizont: Tabelle 5).

Die passenden Experimentierboxen wurden von der Projektleiterin zusammengestellt und vervielfältigt. Die Experimentierboxen enthalten schulübliche Glaswaren und Chemikalien für Kohlenhydratnachweise, des Weiteren Materialien für die Herstellung von Produkten aus „Stärke“. Für die Schülergruppe „*SCOL only*“ (Workshop an der experimenta, Heilbronn) wurde ein Schülerskript verfasst, welches für die Kursleiterin und die Laborassistenten mit Erläuterungen ergänzt wurde. An der experimenta werden die vor Ort vorhandenen Geräte und Materialien eingesetzt. Es folgte die Erprobung der Unterrichtsmaterialien im Rahmen einer einheitlichen Lehrerinformationsveranstaltung für die an der Studie teilnehmenden Lehrpersonen. Im Schülerlabor wird das gleiche Thema „Starke Stärke“ von einer Kursleiterin oder Kursleiter durchgeführt, an den Schulen von den Lehrpersonen (siehe Tabelle 3).

US	Thema	Material
0.	Vortest	Einverständnis-erklärungen der Eltern; Testheft
1.	Einstieg ins Thema: Bioverpackung-konventionelle Verpackung Zeitungsartikel „Plastikmüll im Mittelmeer“ + Fragen; Oder Kartoffel: „Nährstoff und Rohstoff“; Vorstellen des Arbeitsheftes	Schülerarbeitsheft Arbeitsblatt: Geräte Zeitungsartikel
2. + 3.	Schülerübung: Chemische Unterscheidung der KH (Schülerübung 1)	Einsatz der digitalen Folien 6, 8 und 9
4.	Schülerübung . Einfluss von Enzymen und Säuren auf Stärke (Schülerübung 2)	
5.	Bezug zum Theorieteil	Arbeitsheft Digitale Folien 1-5
	Hausaufgabe: Puzzle Kohlenhydrate	Arbeitsheft
	Kurzes Blitzlicht	Fragebogen
6.	Schülerübung : Verkleisterung der Stärke beim Erhitzen, Klebeversuche (Schülerübung 3)	Arbeitsheft
7.	Schülerübung: Stärkegewinnung aus Kartoffeln Mikroskopieren (Schülerübung 4)	Arbeitsheft
8.	Schülerübung: Biologisch abbaubare Folie (Schülerübung 5) Arbeitsblatt: Lebenslauf eines Joghurtbechers	Arbeitsheft Digitale Folien 10-12
	Materialien zur Vertiefung und Differenzierung: Bau eine Amylose-Moleküls;Lückentext, Mind-Map, Mensch-Stärke Dich-Spiel, Starke Stärke Trimono, Kreuzworträtsel „Verzweigt gestärkt“	
	Nachtest	Testheft
6-8 Wochen	Follow-Up	Testheft

Themen: **Kohlenhydrate und Zucker**: Unterscheidung in Monosaccharide (z.B. Glucose u. Fructose), Disaccharide (z.B. Saccharose), Polysaccharide (z.B. Amylose), **Nachweismethoden**: Fehling-Probe, Seliwanoff-Probe mit Resorcin, Lugol'sche Lösung, Stärke als Produkt der **Fotosynthese**, Eigenschaften und Aufbau der Stärke, Stärkegewinnung und **Mikroskopieren** von Stärkekörnern, Säurehydrolyse , Enzymspaltung und Quellfähigkeit der Stärke, Verwendungsmöglichkeiten (z.B. Kleber), Vor- und Nachteile **nachwachsender Rohstoffe** exemplarisch am Bsp. von Verpackungsmaterial auf Stärkebasis (Kompostierbarkeit /Kreislauf der Natur/ wasserlöslich/...); naturwissenschaftliches Arbeiten.

Tabelle 4: Unterrichtseinheit „Starke Stärke

Aufg.	Erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
Text	Text: 500 Tonnen Plastikmüll im Mittelmeer - Text erschließen - Hauptaussagen unterstreichen - Beantworten von Fragen - Text reflektieren	II	1.1	8	2, 8	5
V1	Gewinnung von Stärke aus Kartoffeln - Kleinschneiden und Schälen einer Kartoffeln - Zerkleinern mit dem Stabmixer - Aufschlänmen der Kartoffelmasse, Absetzen lassen und Dekantieren	I	2.1	3 4	6	
V2	Mikroskopieren der Stärke - Bedienen vom Mikroskop - Fachbegriffe (Objekträger,...) kennen und verwenden - pipettieren und mit Deckgläschen abdecken (motorische Fähigkeiten) - Skizze des Objektes	III	1.2	4 6	4, 6	2
V3	Eigenschaften von Stärke - Maßeinheiten kennen - Feinmotorik (schnell/ langsam rausziehen) - genaues Beobachten - Beobachtung dokumentieren - Bewerten	I	1.1	3 4	6	3
V4	Herstellung einer Folie aus Maisstärke - Maßeinheiten kennen - genaues Beobachten - Zeitmanagement - Feinmotorik (Auftragen auf Folie)	II	1.5	3	6	3
V5	Herstellung eines Stärkeklebers - richtige Konsistenz finden - Ergebnis prüfen und testen	II	1.5	3 4	6	1
V6	Herstellung von Einweggeschirr - genaues Abwiegen - paralleles Arbeiten - Umgang mit technischen Geräten	I	2.3 3.1	3 4	5, 6	1
V7	Nachweis der Spiralstruktur von Stärke - Fachbegriffe kennen und anwenden (verdünnen, ...) - Feinmotorik („wenige Tropfen“) - Ekel überwinden (Speichel) - Temperatur ablesen - Beobachten und Vergleichen (bei Temperaturveränderung) - Färbung erkennen - Verständnis der Spiralstruktur von Stärke und das Einlagern von Jod	III	1.1, 1.4	3 4	4, 6	6, 3
V8	Aufbau des Stärkemolekül - Grundlagenwissen anwenden - Mengen abschätzen - Erhitzen und Abkühlen des Versuchs - mit Grundlagenwissen Versuch erklären können	III	3.2 3.5, 3.7	3 4	4, 6	
V9	Nachweis von Stärke in Polymeren - geschickte Auswahl der Proben - Grundlagenwissen der Nachweise - Beobachtungen in Tabelle übertragen - Beobachtungen vergleichen und interpretieren	II	1.5, 2.1	2 3	6	6

Tabelle 5: Erwartungshorizont Lernarrangement „Starke Stärke“

(F = Fachwissen, E= Erkenntnisgewinnung, K = Kommunikation, B = Bewerten)

3. Studien 1-3

Naturwissenschaftsdidaktik Chemie vereinigt Forschungsmethoden aus verschiedenen Fachbereichen, den Erziehungswissenschaften und der empirischen Bildungsforschung. Eine Übersicht der naturwissenschaftsdidaktischen Forschungsmethoden findet sich bei Krüger, Parchmann, and Schecker (2014). Aus diesen Wissenschaften werden für die Fachdidaktik eigene Ansätze zur Erforschung des Lehrens und Lernens und zur effektiven Unterrichtsgestaltung entwickelt. Das Neue an der empirischen Bildungsforschung im naturwissenschaftlichen Bereich der jüngeren Zeit ist nicht das zu beobachtende Interesse an Bildung und Ergebnissen von Bildungsprozessen, sondern die anspruchsvolle Methodologie und Forschungsmethodik, die die Effektivität von Lehr-Lern-Prozessen in komplexen Designs ergebnisoffen untersucht.

In den drei vorgestellten Studien spiegelt sich die Breite des Forschungsfeldes wider. Die Artikel könnten sowohl für den fachdidaktischen Forscherkreis als auch für die empirische Bildungsforschung von Interesse sein.

3.1. STUDY 1: The Impact of a Science Center Outreach Lab Workshop On German 9th Graders' Achievement in Science

Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (2014). The impact of a science center outreach lab workshop on German 9th graders' achievement in science. In ESERA (Ed.), 10th Conference of the European Science Education Research Association, Proceedings (pp. 97-106).

Abstract

This study examined the effectiveness of a visit of a Science Center Outreach Lab (SCOL) in comparison to regular classroom teaching at school and a combination of classroom teaching and a lab visit. Moreover, the achievement of students taught on the same topic in the distinct teaching arrangements and a control group were compared. In total, three treatments were created, with school lessons similar to the contents and methods of the student lab course. One group was taught in school only, another group was taught in the SCOL only. The third group was taught in a combined condition encompassing both a SCOL visit and classroom learning (embedded). This way, extra-curricular learning experiences were integrated into learning arrangements in the classroom. The fourth learning group was a waiting control group. The distinct settings are explained in more detail in the following. The results indicated that students in the classroom learning condition as well as in the combined setting had higher achievement than the students in the SCOL and waiting control group conditions. Implications are discussed.

Keywords: student lab, quasi-experimental intervention study, achievement, science education

INTRODUCTION

Chemistry can be taught in different ways. In Germany, chemistry is usually taught in school settings in the classroom. However, outreach science labs (that is, extra-school labs) for students, focusing on student-based scientific work and experiments, are becoming more and more popular. In Germany, there are 315 Science Center Outreach Labs (SCOLs) providing scientific field trips. Most of them are located at a research institute, university or science center/science museum (Lernort Labor, 2013).

The lessons in outreach science labs are context-oriented and organized as a full-day course (6h/8 lessons). A full-day course in an outreach science lab starts with problem-oriented text work, formation of hypotheses, practical research in collaborative work focused on experiment kits, writing of an experimental protocol, and, finally, consolidation and discussion of what the students have learned during the SCOL.

RATIONALE

Aside from a formal (school) context, children may as well learn in informal (out-of-school) contexts (Hofstein & Rosenfeld, 1996). The activities in science laboratories are “learning experiences in which students interact with materials and/or with models to observe and understand the natural world” (Hofstein & Lunetta, 2004, p. 31).

In school, practical lab work is poorly represented in the curriculum (Ferreira & Morais, 2013). To enhance the understanding of natural sciences and interest in science and technology (Hausmann, 2012), science center outreach labs (SCOLs) have been established in Germany since the 1990s. SCOLs are informal science education institutions that engage school students with scientific hands-on activities out-of-school.

There seem to be several reasons for the establishment of SCOLs. Many studies attest to the high educational value of science center outreach labs (SCOLs) (e.g. Falk & Dierking, 1992; Rennie & McClafferty, 1996). In addition, unsatisfactory test results of German students in large scale studies such as PISA and TIMSS have been attributed to traditional teacher centered learning (Baumert, Bos, & Lehmann, 2000; Baumert & Rainer, 1997; Prenzel, 2004). Furthermore, teachers have often been shown to rarely use cooperative working forms (e.g. Kampmeier & Weiß, 2002). In addition, literature shows that students have difficulties to testing scientific hypotheses (Bady, 1979; Lederman, 1992) and to bringing experiments, models and theories into a causal relationship (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002). To improve the meta-knowledge of students in science, it is useful to establish inquiry tasks with open-ended problems (Bell, 2004; Carey, 1989), and SCOLs seem to provide an ideal environment in this context.

Inquiry-based learning is considered an effective strategy for the advancement of natural scientific knowledge (AAAS Project 2061, 1993; Klahr, 2000). Scientific inquiry is defined by the National Research Council (1996, p. 23) as follows:

Scientific inquiry refers to the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work. Inquiry also refers to the activities of students in which they develop knowledge and understanding of scientific ideas, as well as an understanding of how scientists study the natural world.

SCOLs are assumed to have a positive impact on students' understanding of natural sciences and their achievement in science-related subjects (STEM; science, technology, engineering, and mathematics). However, SCOL visits are seldom integrated in the science classroom at school (Orion, 1993). Thus, visits of a SCOL take place without a connotation to the curriculum as an isolated one-day event. These kinds of excursions were shown to be mainly organized with the intent as a social event and not with the purpose of lesson-based learning (Ramey-Gassert & Walberg, 1994).

A study by Orion and Hofstein (1994) suggests that visits of school labs have strong learning effects when they take place at the beginning of a learning unit and when they are integrated into the class curriculum instead of being isolated as a special happening (Bitgood, 1993; Gilbert & Priest, 1997). However, the advantages of a combination of both extra-mural and classroom settings are not yet known, as a survey of teachers revealed (Kisiel, 2005a).

Do intra- and extra-curricular learning arrangements have different effects on learning success of students? There have been several studies on this research question. However, research on SCOL visits so far has used heterogeneous designs with several limitations. Mainly, qualitative studies were conducted, or studies did not use a control group (e.g. Thomas, 2012). In addition, former studies did not explore in greater depth in which way the SCOL visits were embedded into the class curriculum. In particular, it has not been studied whether this is associated with higher academic achievement in students when compared to the academic achievement of students that solely took part at a SCOL visit or were solely taught at school.

It is crucially important to study which arrangement of a SCOL visit contributes to the greatest outcomes in students. In order to find out whether SCOLs are needed for education in school, it should be studied whether outcomes in students differ when they are taught the same topic in a SCOL, in a SCOL embedded in class curriculum or only at class.

The present study

The present study fills a gap in previous research. While previous research studying the effects of school settings on learning focused on the pure comparison of SCOL and school groups (for an overview see: Guderian et al., 2006), this study added a third treatment group with lessons both at SCOL & school. Three treatment groups were formed as follows: student lab only (SCOL), lab course embedded in school lessons (SCOL & school), only school lessons (school), and a waiting control group, who are not initially offered any treatment on the study topic (see figure 1). In all three treatment groups, students were taught the same content: 8 lessons chemistry of starch. Based on our theoretical assumptions and previous findings (Brandt, 2005; Euler, 2005; Guderian, 2007; Pawek, 2009), we expected students in the "SCOL & school"- group to show better outcomes in achievement after the treatment when compared to the other conditions.

METHOD

Sample and Procedure

One thousand six hundred and six 9th graders aged 15.34 years ($SD = .65$), 50.6% females and 49.4% males, from 68 middle school (Realschule) classes in South-West Germany participated. Classes were randomly distributed to the four groups. We collected quantitative paper & pencil questionnaire data on knowledge in science (pre and post).

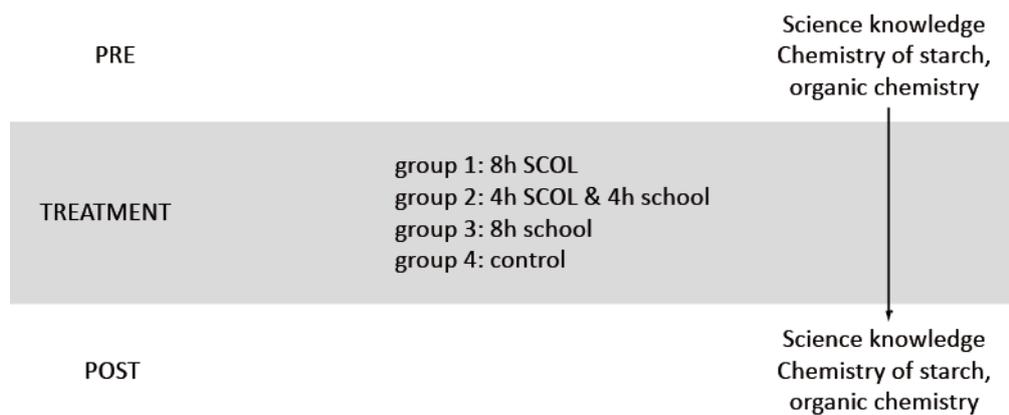


Figure 1. Study design

Notes: PRE = in class at school one week before treatment, POST = in class at school one day after treatment, SCOL = science center outreach lab.

The students were assessed immediately before the intervention (PRE) and in the week after the intervention (POST). The fieldwork took place from December 2012 to July 2013.

The experimental design

The learning content "starch"

The learning content "starch" is part of the German curriculum and the experiments rely on the curriculum of the 9th grade (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 100). The used learning content "starch" contains the following key aspects:

Students learn that plastic waste is a pivotal problem in the Mediterranean Sea (newspaper article). To downsize this problem, the students learn that re-growing raw materials, especially starch (extraction, chemical constituent, chemical identity; chemical characteristics; use and application), can be a fruitful alternative.

Treatment group 1: The lab visit on Starch experiments

Figure 2 shows the intervention in the outreach student lab, including I.-IV. shown in the description of treatment 3, with a different introduction, the manufacturing of single-use tableware and a different ending. The course (a full day, 8 hours) was taught at the SCOL by the SCOL instructor. The left picture depicts two young researchers reading the script before starting practical work with material and an original script from the SCOL. This script had a theoretical part followed by experiment instructions. The picture in the middle shows visual inspection of the Fehling's test. The picture on the right depicts a student investigating starch cells.



Figure 2. 9th graders in the experimental work phase of the starch intervention in the SCOL group

In our learning arrangement, it is intended that the students gain knowledge about chemical functions and that they adopt a course of scientific thinking by learning in experimental groups. A further intention is to teach the handling with natural scientific questions and different ways of approaching a problem. To achieve this, we developed a teaching unit on the topic of the “chemistry of starch”. Instructions were used to enable students working in small groups on starch experiments.

Treatment group 2: The embedding of a SCOL in a science classroom

Treatment 2 was a combination of treatment 1 and treatment 3. Half of the course (half a day, 4 hours) was taught at the SCOL (workshop on starch: I., II., III., experiment 4 as described below) by the SCOL instructor where students worked with material and an original script from the SCOL. Students were given 2 hours of introduction before and 2 hours of debriefing after the SCOL visit with the parts of the material as described below (III., experiments 5, 6, 7, IV.).

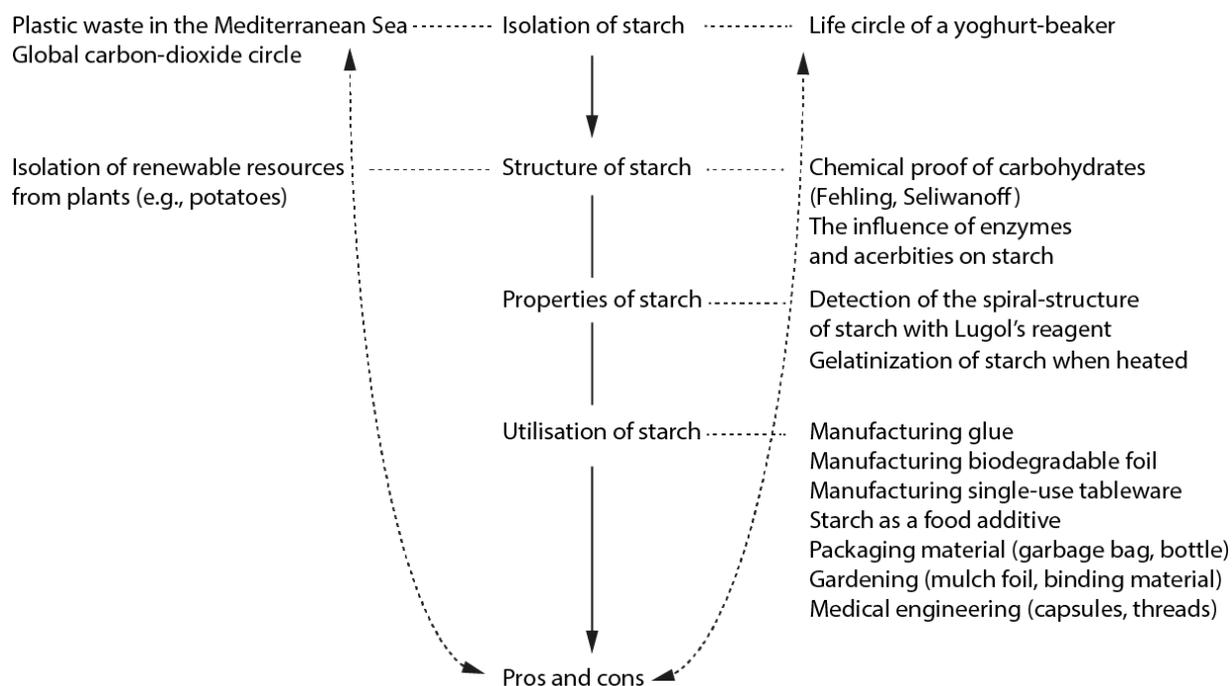


Figure 3. Plan of the teaching unit

Treatment group 3: The school lessons on starch experiments

In eight lessons, students of the 9th grade worked on experimental inquiry tasks (figure 3). The lesson unit referred to the German National Educational Standard and to the German Recommendations for Mathematic-Scientific-Technical Literacy (STEM). It included educational standards and skills that students should learn during their school days (KMK, 2009).

The theoretical and practical work phases and the learning environment should prepare students for several competences which are demanded in the scope of German education standards for the subject of chemistry (KMK, 2005). Process-oriented competences refer to natural scientific functions and different ways of scientific thinking. Conceptual competences concern the scientific content. Students should acquire the following competences: choosing scientific equipment, applying deductive reasoning, differentiating between observation, suggestion and assumption.

To ensure successful implementation in the lessons, it was necessary to build a “Community of Practice” (Lave & Wenger, 1991). Thus, the teachers were trained on the lesson and had the opportunity for practical trials, exchange and reflection.

The structure of the teaching unit

I. Derivation and structure of starch

- Experiment 1: Production of starch from potatoes.
 - To get to know starch as a component of potatoes
 - Isolation of starch out of potatoes
 - The practical use of starch is deductible for the students by the direct reference to everyday life as well as by the practical work gaining starch out of potatoes.
- Experiment 2: Microscopy of the exploited starch.
 - To produce a microscopic image of eccentric layered starch corns originating from potatoes
 - Structural representation and explanation of starch-molecules
 - Discrimination between amylose and amylopectin

II. The nature of starch

- Experiment 3: Production of a foil made out of corn starch.
 - Reusable packaging out of renewable resources
 - Getting to know the foil-building nature of starch
 - Experimental production of starch foil

III. Chemical method to detect starch and the molecular structure of starch

- Experiment 4: The influence of enzymes and acerbities on starch.
 - Detection of the enzymatic starch digestion with saliva, acid and Lugol's reagent
- Experiment 5: Chemical differentiation of the carbohydrates.
 - Becoming familiar with the structure of starch
 - Detect the spiral-structure of starch with the help of Lugol's reagent
 - The potato starch is detected with Lugol's solution.
- Experiment 6: Chemical differentiation using the carbohydrates II Fehling test:
 - Becoming familiar with an unspecific detection reaction of aldehyde as well as the detection of glucose and fructose with the help of the Fehling reagent
- Experiment 7: Chemical differentiation of carbohydrates III.

- Discrimination of fructose and glucose with the help of Seliwanoff-reagent

IV. Renewable resources in overview, carbon dioxide circle

- Increasing knowledge:
 - Gaining an overview about the topic of „starch“ using mind-maps
 - Gathering pros and cons of renewable resources, developing the recycling circle exemplary explained by the „life circle of a yoghurt-beaker
 - To understand the involvement of production on the basis of organic-chemical resources in a global carbon-dioxide circle (production of starch by photosynthesis),
 - Reference to the problem mentioned in the first lesson

Control group

The control group received input on the topic “starch” and had regular science lessons on other topics.

Measures

Achievement test

Students’ science knowledge was assessed twice in each study group, before and after the intervention. The achievement items (dichotomously coded) were constructed by the authors and assessed students’ knowledge regarding the topic of the chemical interventions. We applied a test on Carbohydrate Specific Knowledge (CSK, 12 Items).

Control Variables

Gender, school marks (science, math) and intelligence (cognitive abilities) were assessed and used as covariates.

Statistical Analyses

Data was analyzed visually by bar graphs with error bars (95% confidence interval) and tested for differences between treatment groups and control group using ANOVA. Analyses were calculated in SPSS 21.

RESULTS

Number of items per scale, means, standard deviations and internal consistency coefficients Cronbach's α for the variables used in the analyses predicting achievement are reported in Table 1. The scales showed good reliability scores (Cronbach's α , Table 1).

Table 1

Descriptives and reliabilities of the scales

Scale	Items	Test time	Mean	SD	α	Source of the scale
Carbohydrate Specific Knowledge (cloze test)	12 items	PRE	.58	.19	.71	Itzek-Greulich (project WiSS)
		POST	.41	.35	.88	

Differences in Carbohydrate Specific Knowledge (CSK)

Figure 4 shows the results of the differences (ANOVA) in CSK between the four groups. Students of the school and the SCOL & school intervention conditions performed significantly higher in the CSK test than students in SCOL and control group conditions. School and school & SCOL groups had the strongest influence on treatment knowledge (chemistry of the starch).

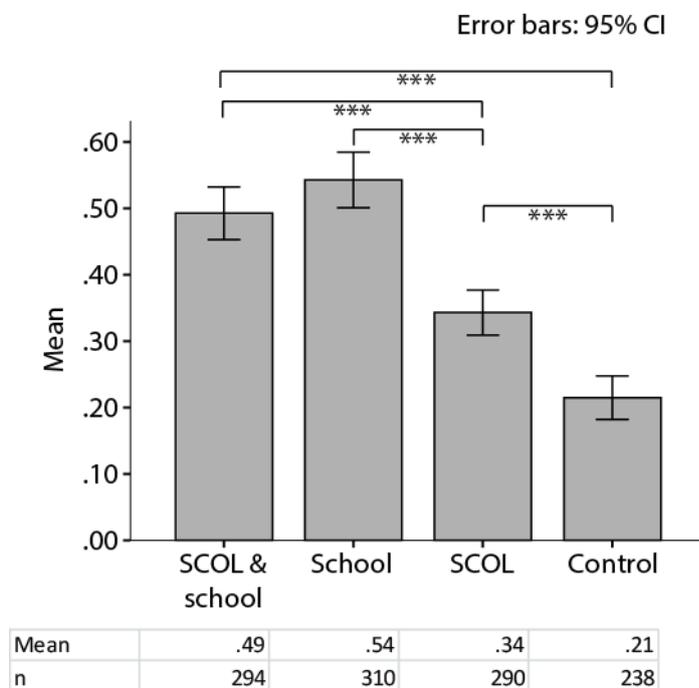


Figure 4. CSK after intervention

DISCUSSION AND CONCLUSION

The current study focused on the design of different learning settings for the visit of a Science Center Outreach Lab (SCOL) in comparison to classroom teaching at school and a control group. Moreover, this study focused on the learning outcome of three different learning settings and a control group. The created concept of teaching and learning for the school-group was described in detail, since this is a new approach, especially introducing an embedded group (SCOL & school). Statistic results were partly in line with our hypothesis: All three treatments performed better than the control. Students attending the combination of SCOL and school had higher values in science knowledge after treatment than the only SCOL group. Previous research showed that teachers are not yet convinced of the use of SCOL workshops (e.g. Griffin & Symington, 1997; Kisiel, 2005a; Tal et al., 2005), and this study seems to indicate that some healthy skepticism may in fact be appropriate when it comes to SCOL learning environments.

Our results are in line with the literature which underlines the importance of embedding a lab visit into the school context. We suggest performing more studies on the combination of SCOL & school since this treatment showed good results. Thus, embedding a SCOL workshop in a school learning arrangement might be especially effective in improving students' content knowledge.

In the present study we constructed and implemented a test to assess students' knowledge in the topic of organic chemistry particular the chemistry of starch. Analyses indicate that we succeeded in developing a reliable and valid test which was needed to answer our research question. However, the results are limited to one SCOL and the chemical topic starch. Future work with data from the present study will include additional indicators of achievement and other outcomes variables. Furthermore, because our students are nested within classes, we will apply multilevel analyses using Mplus in future data analysis with students on the first level and classes on the second level.

Acknowledgements

We would like to thank the German Funds of the Chemical Industry (Fonds der chemischen Industrie) for the financial support regarding materials for the school lessons (treatment groups 2 and 3).

Declaration of interest

Heike Itzek-Greulich is a member of the "Cooperative Research Training Group" of the University of Education, Ludwigsburg, and the University of Tübingen, which is supported by the Ministry of Science, Research and the Arts in Baden-Württemberg.

3.2. STUDY 2: Effects of a Science Center Outreach Lab on School Students' Achievement – Are Student Lab Visits Needed When They Teach What Students can Learn at School?

Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (under review). Effects of a science center outreach lab on school students' achievement – Are student lab visits needed when they teach what students can learn at school? *Learning and Instruction*, XXX.

Abstract

This study examined the effectiveness of labwork settings in science education with a pretest-posttest design. Sixty-eight ninth-grade classes ($N = 1,287$) were randomly assigned to four groups. The first group was taught the topic of the chemistry of starch in *School only*, the second group was taught in the *Science Center Outreach Lab (SCOL) only*, the third group was taught in a combined condition encompassing both a SCOL visit and classroom learning (*SCOL & school*), and the fourth group was a control group. A multilevel analysis investigated differences in achievement with treatment groups as predictors on the class level and gender, course grades, and prior knowledge as predictors on the student level. Although the intervention was effective in all three treatment groups (higher achievement than the control group), the results indicated that students in the classroom learning condition (*School only*) and in the combined setting (*SCOL & school*) learned more than the students in the *SCOL only* condition.

Keywords: achievement, educational setting, science education, science center outreach lab (SCOL), school intervention

Introduction

In recent years, education in science subjects has become a much-debated topic (Delhaxhe, 2011; European Commission, 2007). Boosting achievement scores in the so-called STEM (science, technology, engineering, mathematics) subjects is a goal that ranks high on the priority lists of several countries (European Commission, 2007; National Research Council, 2011; OECD, 2011; OECD Global Science Forum, 2006). There is political support to encourage students to pursue science degrees (Osborne & Dillon, 2010). In fact, it is often argued that long-term economic growth depends on a country's success at fostering young people's achievement in the sciences and other STEM subjects (Sawyer, 2008).

However, increasing student competencies in science subjects is not an easy task. Several reports have stated that deductive, teacher-led lessons are still the norm (Andrés, Steffen, & Ben, 2010; Ferreira & Morais, 2014). However, this traditional approach has been criticized, and there are many calls for an early, more "active" familiarization with scientific methods and contents (see Schroeder, Scott, Tolson, Huang, & Lee, 2007) that are assumed to be more likely to result in long-lasting interest, engagement, and higher achievement (Swarat, Ortony, & Revelle, 2012; Yager & Yager, 1985).

The call for more "active" elements in science education has highlighted the role of labwork in students' regular science classrooms. However, nontraditional learning activities have also received increased attention. This article focuses on visiting a *science center outreach lab* (SCOL) as one prominent example of recent endeavors to improve science education. SCOLs are believed to provide students with excellent opportunities for active learning and hands-on activities, and they have spread around the world, including Germany. Visits to SCOLs are seen as a valuable addition to learning in the classroom (e.g., Tal, 2012). Some have claimed that SCOLs have a positive impact on the acquisition of knowledge and competences, especially because they can supply the necessary infrastructure (Luehmann, 2009; Luehmann & Markowitz, 2007). However, other researchers have warned that SCOLs may have a limited impact on achievement indicators when they are not closely tied to the regular science lessons at school (Glowinski & Bayrhuber, 2011; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Rahm, 2012; Schmidt, DiFuccia, & Ralle, 2014).

So what are the effects of SCOL visits? Surprisingly, the exact impact of SCOLs on learning is still hard to gauge because the empirical evidence for the assumed positive effects of SCOLs for academic achievement is small and inconclusive, and several of the existing studies have suffered from methodological shortcomings (Hofstein & Kind, 2012). In the research reported in this article, we therefore capitalized on both a conceptual innovation (a learning condition in which learning at school and a science center were coupled) and a comparably complex study design. More specifically, we (a) randomly assigned 68 classes to four experimental conditions, (b) implemented a design with similar timing and contents across the three treatment groups, and (c) investigated several achievement outcomes.

A Way to Enhance Science Achievement in Students: SCOLs

Science as taught in school, in particular chemistry, has often been shown to have a low appeal to students (Osborne, Simon, & Collins, 2003). One way to increase students' acceptance of science is to conduct labwork, which has been found to have positive effects on students' interest and achievement in science education (e.g., Hofstein & Lunetta, 2004; Schroeder et al., 2007). However, labwork at school is often restricted because of a lack of infrastructure or an

infrastructure that allows students to conduct only very simple experiments. Moreover, because it is led by the regular teachers, labwork at school may be experienced by students as “business as usual.” Conversely, visiting student labs outside of school, such as SCOLs, offers students the opportunity to explore new topics in a well-equipped learning environment where hands-on activities and experiments can be conducted easily by the students themselves. As a consequence, extra-school science laboratories are believed to increase students’ acceptance of and achievements in science education (Reiss, 2012; Rennie, 2007).

There are several arguments that have been made in support of SCOLs. In contrast to a science museum, a SCOL has more characteristics of a workshop with structured lessons, and students are instructed by scientists to enhance their understanding of the natural sciences (Hausamann, 2012). Like other out-of-school learning facilities (e.g., field trips, science/technology centers, museums, zoos, aquaria; for reviews, see DeWitt & Storksdieck, 2008; Rickinson et al., 2004), SCOLs offer exploration, discovery, and first-hand and original experiences. In addition to these, some science centers also offer students the opportunity to get involved in experimental hands-on activities conducted by the students themselves to promote cognitive, affective, and psychomotor learning (McClafferty & Rennie, 1993; Rennie & McClafferty, 1995). More specifically attributed to SCOLs are experiences of experimental methods, context-based cooperative learning, team-work, peer interaction, exploring and problem-solving, object-mediated learning, and embodied experiences in a well-equipped environment. Although schools may also provide such a learning environment, a SCOL typically offers a better equipped environment, instruction by scientists (accompanied by the teacher), and longer lessons, for example 4 or 8 hrs (Guderian & Priemer, 2008).

Effects on Student Achievement

Is there empirical support for the value of visiting science laboratories for students’ achievement outcomes? Reviews have pointed to differences in students’ achievements when they were taught out-of-school as compared with when they were taught in school (DeWitt & Storksdieck, 2008; McClafferty & Rennie, 1993; Rickinson et al., 2004). More specifically, students achieved more when they took part in out-of-school learning (e.g., at a zoo or at a natural science museum) in which they worked on their own on experiments compared with students who were taught in the classroom (Seybold, Braunbeck, & Randler, 2014; Sturm & Bogner, 2010). On the other hand, formal educational settings have been found to lead to higher knowledge after treatment than unstructured out-of-school learning (Randler, Kummer, & Wilhelm, 2012). However, prior reviews and studies have primarily focused on informal learning in museums and on field trips (Fallik, Rosenfeld, & Eylon, 2013; Hofstein & Rosenfeld, 1996; Salmi, 2012; Stocklmayer, Rennie, & Gilbert, 2010). Consequently, these findings have to be carefully put into context when studying the effects of formal visits to science laboratories.

In addition, some authors have argued that the majority of studies investigating the effects of field trips (e.g., Meissner & Bogner, 2011) and SCOL visits (Hausamann, 2012; Luehmann, 2009; Thomas, 2012) on students’ learning performance have shown evidence of some limitations: Several studies used qualitative methods with limited generalizability; were based on small sample sizes, in particular with regard to the necessary number of classes in each treatment group; did not include a control group or randomization; or did not apply a multilevel analysis to hierarchically nested data. In sum, there is surprisingly little evidence for positive effects of SCOL visits on achievement.

A Way to Obtain more Insight into the Effectiveness of Out-of-School Learning: Integrating a SCOL visit with Traditional Classwork

Several researchers have claimed that field trips are most effective when they are a regular part of the curriculum instead of when they are isolated as a 1-day occurrence (Anderson, Lucas, & Ginns, 2000; Falk, 2004; Falk & Storksdieck, 2005; Fallik et al., 2013; Hofstein & Lunetta, 2004; Lucas, 2000; Orion & Hofstein, 1994). Moreover, concerning the effectiveness of an out-of-school learning program, Anderson and Lucas (1997) found that students who attended an introductory course on the physical environment of the museum learned more than students who were not prepared in this way (Scharfenberg & Bogner, 2011). Hence, to make the best use of a field trip, previous studies have suggested that it is important to place it in context with topics taught at school, to have students work on previsit and postvisit materials, and to create opportunities for exploration and discovery without relinquishing structure (Griffin, 2004).

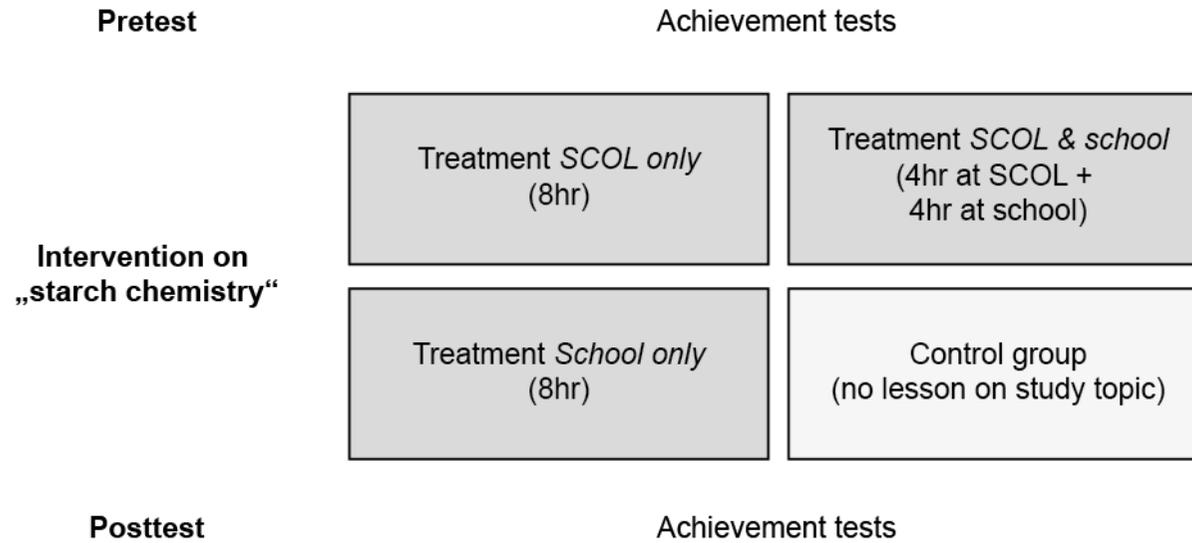
Regarding SCOL visits, a majority of the programs are still sporadic and incoherent and often depend on the enthusiasm of science outreach officers or volunteer scientists rather than on theoretically founded conceptions. Therefore, at least a short preparatory unit might also be crucial for SCOL visits in order to increase familiarity with the setting and thus to enhance academic achievement (Wilde & Bätz, 2006). Resources such as on-site instructional materials and a systematic preparation of the contextual contents of the SCOL (Gennaro, 1981) should be provided ahead of the visit, during the visit, and after the visit to maximize learning (DeWitt & Osborne, 2007).

However, to the best of our knowledge, the integration of out-of school learning into the curriculum has been studied only once in a clustered randomized controlled trial (Seybold et al., 2014). In a study of 11-year-old students in 42 classes ($N = 1,013$), out-of-school teaching in a zoo education program was compared with a school-based program. The authors found higher achievement for the students taught outside of school; students in the combined zoo-visit-and-school group did not perform better than the zoo-only group (Seybold et al., 2014).

The Present Study

The present study explored the differential effects of distinct SCOL visit groups (i.e., *SCOL only*, *SCOL* visit embedded in a regular class curriculum [*SCOL & school*], and learning at *School only*) and a control group on students' learning performance using a randomized pretest-posttest design, a large number of students, and an adequate number of classes (Figure 1). The respective SCOL was located at a science center and provided a context-oriented learning setting. In all three treatment groups, students were taught the same contents: eight hrs on the chemistry of starch. In this way, the current study contributes to previous research and delivers a comprehensive randomized control trial with four groups tested with powerful statistical analyses on the impact of a SCOL. Effective learning in the sciences is believed to depend on a triad of preparation, experimentation, and debriefing (Tal et al., 2005). Thus, on the basis of Tal (2012), we hypothesized that a visit to a high-quality SCOL course with a chemical topic in combination with preparation and debriefing at school (*SCOL & school*) would have a greater positive effect on student achievement than the other conditions (*SCOL only*, *School only*, and the control group). The effectiveness of student learning was assessed with standardized tests for several achievement outcomes.

Figure 1. Study design. SCOL = Science center outreach lab; pretest: at school 1 week prior to the intervention; posttest: at school, 1 school day after the intervention.



Method

Sample

The data were collected in 68 classes from 22 secondary schools (Realschule) in the German state of Baden-Württemberg between November 2012 and July 2013. In all treatment groups and the control group, questionnaires were completed 2 weeks before (demographics, grades), 1 week before (achievement tests), and 1 week after (achievement tests) the treatment in the students' regular classrooms in the presence of both a researcher and the teacher. Students participating at all three measurement points were included in the analyses. The resulting sample consisted of 1,287 students (50.3% girls). All participants attended Grade 9 ($M_{\text{age}} = 15.33$, $SD = 0.64$). The study was approved by the educational authorities of the state of Baden-Württemberg. Written active consent was obtained from parents. Participation was voluntary; student data were anonymized before the data were analyzed.

Experimental Design

The teachers voluntarily participated in the study and agreed to be randomly assigned to any of the experimental conditions. The 68 participating classes were randomly assigned to the three treatment groups and the control group: 17 classes in the *School only* group, 17 classes in *SCOL only*, 18 classes in *SCOL & school*, and 16 classes in the control group.¹

The *SCOL only* group visited the SCOL; this group was taught by the SCOL instructor using the available equipment. The *School only* group stayed in their regular teaching environment at school, was taught by the regular science teacher, and was given an experimental kit to allow for lab work. A combination of these two learning arrangements was implemented in the *SCOL & school* group (see Figure 2).

The treatment in the three experimental groups was the teaching unit (eight hrs) on the "chemistry of starch." All treatment groups worked on this topic; moreover, much care was taken to make sure that the three intervention conditions covered all information that was needed to correctly answer the items on the achievement tests.

The SCOL only condition. A science center in South Germany ("experimenta", Heilbronn) was chosen for the SCOL treatment. This is a foundation-operated interactive science museum and student research center. Classes attending secondary schools join the experimenta for a compulsory full-day course. The course was an established part of the regular curriculum taught at the SCOL and was not altered for our study. The course on the "chemistry of starch" was chosen because it is based on a meaningful conception in terms of content and didactics (Stäudel & Wöhrmann, 1999). The SCOL provided their two most experienced trainers for the workshops; both trainers covered an equal number of workshops. The workshops were taught by one scientist supported by a lab assistant whose tasks consisted of supplying and cleaning the lab materials. As is typical (and, in some sense, an integral part) of the SCOL idea, the SCOL scientists were not regular school teachers. However, both scientists in our study had received some training in didactics and methodology. The scientist and assistant were assigned to classes by the SCOL

¹ The classes in the *SCOL & school* group were distributed across the morning and afternoon lessons at the SCOL; thus, an even number of classes (18) was required here. In the control group, one class did not participate in the posttest because the teacher was absent due to illness, and field time was limited by the end of the school year. Therefore, this one class had to be excluded from the analyses.

management. In line with typical regulations, the regular science teacher from school accompanied the class and observed the science workshop as an additional supervisor.

The students in the *SCOL only* condition worked with material and an original script from the SCOL; this script had a theoretical part followed by experimental instructions. Hence, the design was not artificial but was rather based on the different practices in school and the SCOL. The students worked in small groups and got hands-on experience in science with a scientist from the SCOL. The compact science workshop was not structured around the 45-min lessons that are typical of German schools but rather in longer units of 4 hrs. A specific focus of the science learning was practical work; only a little prior theoretical knowledge was needed. The SCOL workshop basically consisted of two parts: First, the students were dressed in lab coats and received a detailed safety briefing before they began working, followed by an introduction to carbohydrate chemistry, including corresponding detection techniques. After their lunch break during which they left the lab, the second part, "starch" (extraction, microscope, production of films, glue, and compostable dishes), followed. The day at the SCOL began and ended with a short introduction and lesson summary by the SCOL scientist.

The School only condition. The School only group was taught the same topic by the regular science teacher, and teachers were supplied with materials similar to the ones used in the SCOL only condition. However, the scripts given to the School only group were designed by a teacher and had additional space for notes and introductions to experiments, structured like a workbook. The School only condition was modeled on the principles of inquiry-based science education (Hardy, Jonen, Möller, & Stern, 2006), which is a teaching technique commonly used in class. Teachers voluntarily adapted their lessons to this technique where necessary. The first half of this unit covered chemical tests of carbohydrates, whereas the second unit focused on the chemistry of starch, starch as a renewable raw material, and the application of starch (Itzek-Greulich et al., 2014b). For the lessons at school, some science equipment (a lab in miniature form) was provided, and a training session was given to teachers who were not familiar with this material. Teaching methods included open learning and experiments (Lunetta et al., 2007).

The SCOL & school condition. The classes in the SCOL & school condition were given two introductory lessons, each 45 min long, at school by the regular science teacher with material similar to the School only condition but shortened to meet the available time at school, using a box of chemical tools and materials provided by the researcher. Subsequently, they visited the SCOL for half a day and were taught about the chemical topic of starch by the lab scientist and assistant as in the SCOL only condition. After that, two lessons in school were used for repetition and consolidation. The SCOL & school group was given a combination of scripts and materials from both institutions so that the two ways of teaching were combined. The total teaching time was the same as in the other two treatment groups.

The control condition. The control group received their regular chemistry unit. The topics of these lessons (alcohols, acids, fossil fuels, alkane, and atoms) were not related to the study topic. Thus, this group functioned as an untreated control group.

Figure 2. Features of science learning during the intervention.

Features	Characteristics	Experimental groups			
		<i>SCOL only</i>	<i>School only</i>	<i>SCOL & School</i>	Control group
Location	SCOL scientific laboratory	+	-	+	-
	At school (scientific classroom)	-	+	+	+
Setting	Formal (out-of-school)	+	-	+	-
	Formal (school)	-	+	+	+
Trainer	SCOL course instructor	+	-	+	-
	+1 lab assistant				
	Regular science teacher	-	+	+	+
Teaching unit	Chemistry of starch	+	+	+	-
Teaching material	SCOL laboratory materials	+	-	+	-
	Scientific experiment sets	-	+	+	not specified
Collaborative forms of learning	Team work, hands-on experiments	+	+	+	not specified
Process of time	1 teaching unit of 8 hrs	8 hrs (1 day) at SCOL	8 hrs at school	4 hrs (½ day) SCOL & 4 hrs at school	8 hrs at school

Measurement of Achievement

In our study, achievement in chemistry was conceptualized as a multidimensional construct including content knowledge, practical skills, and self-assessment of knowledge. To measure achievement, we developed five new assessment instruments. Achievement scores were computed using item response theory. EAP factor scores for most scales were estimated with the unidimensional 2PL or graded-response IRT models using Mplus, version 7 (Muthén & Muthén, 1998-2012).

Carbohydrate Specific Knowledge. The test of Carbohydrate Specific Knowledge was a fill-in-the-blank test with 12 items measuring content-specific knowledge of the topics of starch, photosynthesis, and carbohydrates (EAP reliability = .80; example item: “In plants known as tubers, starch can be detected with _____”). Carbohydrate Specific Knowledge was assessed only on the posttest because this topic had not been covered at school before, so most students lacked any knowledge of this topic at the time of the pretest.

Chemical Analysis. Chemical Analysis was assessed twice, on the pretest and the posttest. It was a multiple-choice test with 16 items that measured skills in performing a Fehling test (EAP reliability = .77; example item: “A lab assistant is bottling solutions of glucose, fructose, starch, and water. Afterwards he realizes that he forgot to label the four bottles. He now wants to identify the four solutions by assessing their chemical detection reaction. First, he conducts a Fehling test. The outcome of the test is written down as follows: No change of color occurred in the first bottle. Possible answers for bottle 1 can be (1) fructose solution, (2) glucose solution, (3) starch solution, (4) water”).

Chemical Terms. On both the pretest and the posttest, students were asked to rate their familiarity with a total of eight chemical terms. The Chemical Terms Test covered the terms decantation, macromolecules, condensation reaction, water bath, loop structure, atom, reflux cooling, and renewable raw materials, with possible answers ranging from 1 (not familiar at all) to 4 (very familiar; EAP reliability = .79).

Composite Scale of Experimental Specific Knowledge. Experimental Specific Knowledge was assessed twice, on the pretest and the posttest. Experimental Specific Knowledge was a multiple-choice test with only one correct answer consisting of eight items and four to five answer options measuring lab work knowledge. Five items were taken from the TIMSS (Beaton et al, 1996; EAP reliability = .54, example item: “A lab assistant needs exactly 10 ml of water. Which work tool is most suitable? (1) loupe, (2) measuring cylinder, (3) beaker glass, (4) microscope, (5) battery”).

Composite Scale of Declarative Knowledge. Declarative Knowledge of organic chemistry terms was assessed twice, on the pretest and the posttest. Declarative Knowledge was a multiple-choice test consisting of nine items with four answer options. Three items were taken from the TIMSS (Beaton et al., 1996); EAP reliability = .63, example item: “Which is the main task of chloroplasts in plants? (1) Absorbing light energy and producing nutrients, (2) removing metabolic waste by active transport, (3) producing chemical energy from nourishment, (4) controlling the form of cells”).

Control variables. Gender (1 = female, 0 = male) and students’ pretest scores were included in the analyses.

Statistical Analysis

In order to take into account the hierarchical data structure, multilevel regression analyses (MLA) with students on the first level and classes on the second level (Raudenbush & Bryk, 2002) were conducted in Mplus 7 (Muthén & Muthén, 1998-2012). Three models were calculated for each of the achievement tests using the five chemical knowledge scales as outcome variables in separate analyses. In Model 1 (Table 3), we regressed each achievement outcome from the posttest on three class-level dummy variables that indicated the conditions *School only*, *SCOL only*, and control group with the *SCOL & school* condition as a reference group in order to assess the main effects of the different kinds of SCOL conditions. In Model 2, gender and prior knowledge were added as control variables at the student level. For Carbohydrate Specific Knowledge, prior achievement was not measured on the pretest, and thus, Model 2 was different.

As a measure of explained variance, we used the proportion of explained variance (R^2) at the within- and between-student levels yielded by Mplus. Further, we calculated the Level 1- R^2 suggested by Snijders and Bosker (1994). Thereby, the reduction in variance that was a result of including the predictors on both levels could be determined by considering the variance of the dependent variable generated in a model without predictors (Snijders & Bosker, 1994).

To take into account the small amount of missing data, which ranged from 0.1% to 4.5% for all variables, we used full information maximum likelihood estimation (Muthén & Muthén, 1998-2012). Compared with conventional missing data techniques such as listwise deletion, FIML makes use of all cases, including those with partially missing data (Enders, 2010). All variables were z-standardized prior to the analyses.

Results

Randomization Check

In order to confirm that the intervention effects could be attributed to the intervention rather than prior differences between the groups, pretest differences on all available achievement scores were investigated. There were no statistically significant differences between the four groups on the pretest measures after Bonferroni correction.

Effects on Student Achievement

Descriptive statistics for the four conditions are presented in Table 1. In general, the three treatment groups performed better than the control group on the posttest. An exception was Chemical Analysis in which *SCOL & school* (.02) and *School only* (.18) showed higher mean scores than the control group (-.09) but not the *SCOL only* group. Descriptively, the *School only* group achieved the highest means for three of the five measurements: Carbohydrate Specific Knowledge, Chemical Analysis, and Declarative Knowledge, whereas the *SCOL only* group achieved the highest score on Experimental Specific Knowledge. There were between-classroom differences in achievement outcomes (ICCs ranging from .05 in Chemical Analysis to .41 in Carbohydrate Specific Knowledge; see Table 1 for ICCs in each condition), indicating that 5% to 41% of the variance could be attributed to differences between classes (and experimental conditions).

Table 1

Student Achievement on Five Subscales (Posttest) by Treatment

	<i>SCOL & school</i>			<i>School only</i>			<i>SCOL only</i>			Control			Total		
	<i>M</i>	<i>(SD)</i>	ICC	<i>M</i>	<i>(SD)</i>	ICC	<i>M</i>	<i>(SD)</i>	ICC	<i>M</i>	<i>(SD)</i>	ICC	<i>M</i>	<i>(SD)</i>	ICC
Carbohydrate Specific Knowledge	.21	(.99)	.33	.32	(1.16)	.42	-.14	(.83)	.28	-.45	(.77)	.27	.00	(1.00)	.41
Chemical Analysis	.02	(-.96)	.00	.18	(1.08)	.10	-.13	(1.06)	.02	-.09	(.85)	.01	.00	(1.00)	.05
Chemical Terms	.04	(.94)	.03	.05	(1.99)	.09	.03	(1.04)	.06	-.14	(1.02)	.00	.00	(1.00)	.05
Experimental Specific Knowledge	.08	(1.00)	.13	.06	(1.98)	.29	.18	(1.94)	.13	-.33	(1.01)	.12	.00	(1.00)	.20
Declarative Knowledge	.01	(1.02)	.11	.15	(1.01)	.15	.08	(.96)	.17	-.26	(.96)	.11	.00	(1.00)	.16

Note. z-standardized mean scores, not adjusted for the effects of covariates; ICC = intraclass correlation.

The five achievement tests were positively correlated (Table 2). All correlations were significant but differed in strength, with r s ranging from .06 to .43. Whereas Chemical Analysis and Chemical Terms showed the weakest correlations with all other scales ($r < .20$), Carbohydrate Specific Knowledge, Experimental Specific Knowledge, and Declarative Knowledge were more strongly correlated ($r > .40$).

Results from two multilevel regression models for each of the five outcome variables are presented in Table 3. In Model 1, the treatment conditions (as represented by the dummy variables school, SCOL, and control) were entered as predictors at the class level. In Model 2, gender and prior achievement were entered as additional predictors at the student level. The *SCOL & school* condition served as the reference group. Figure 3 depicts the posttest achievement scores of the different groups (i.e., mean scores adjusted for differences in all student-level variables).

In both Models 1 and 2, the control condition had statistically significantly lower scores in Carbohydrate Specific Knowledge, Chemical Terms, Experimental Specific Knowledge, and Declarative Knowledge than the *SCOL & school* condition. In both Models 1 and 2, no statistically significant differences were found between the *School only* and the *SCOL & school* conditions. Regarding the comparison of the *SCOL only* and the *SCOL & school* conditions, there were statistically significant differences in Carbohydrate Specific Knowledge and marginally significant differences in Chemical Analysis. The *SCOL only* condition had lower scores on these two outcomes than the *SCOL & school* condition. No statistically significant differences were found between *School only/SCOL only* and the reference group *SCOL & school* concerning the three outcomes Chemical Terms, Experimental Specific Knowledge, and Declarative Knowledge.

In Model 1, a comparably high percentage of variance was explained in Carbohydrate Specific Knowledge (26% explained variance) and Chemical Analysis (24%); the smallest amounts of explained variance occurred in Chemical Terms (13%) and Declarative Knowledge (12%). For Model 2, which included control variables on the student level, the largest amounts of explained variance (Snijders & Boskers R^2) were found in Chemical Terms (23% explained variance) and Experimental Specific Knowledge (19%); the smallest occurred in Chemical Analysis (3%).

Table 2

Correlations between Achievement Scales (Posttest)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) Carbohydrate Specific Knowledge	-				
(2) Chemical Analysis	.13 **	-			
(3) Chemical Terms	.19 **	.06 *	-		
(4) Experimental Specific Knowledge	.43 **	.11 **	.14 **	-	
(5) Declarative Knowledge	.43 **	.11 **	.14 **	.41 **	-

Note. Pearson correlations.

* $p < .05$. ** $p < .01$.

Table 3

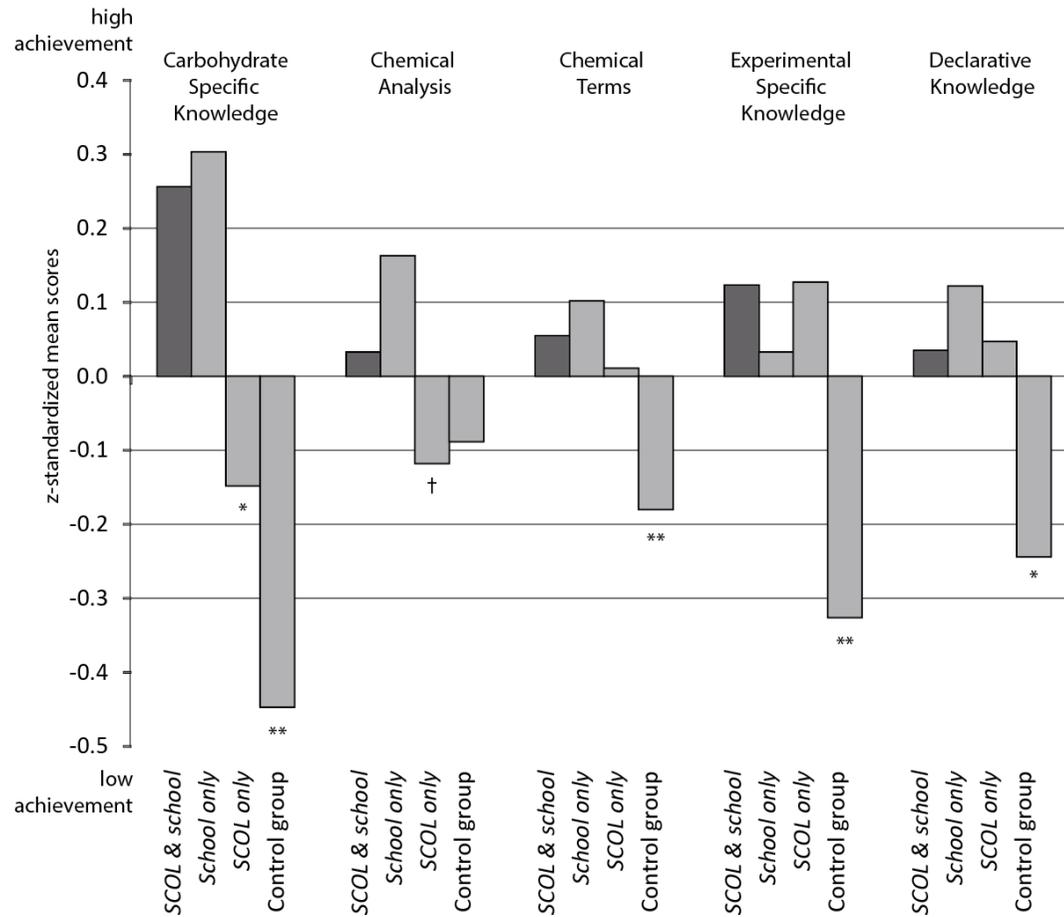
Multilevel Analysis of Achievement in Science Education

Model	Carbohydrate Specific Knowledge				Chemical Analysis				Chemical Terms				Experimental Specific Knowledge				Declarative Knowledge			
	1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)
<i>Class level (level 2)</i>																				
Dummy: <i>School only</i>	.11	(.24)	.12	(.24)	.16	(.11)	.15	(.11)	.01	(.11)	.06	(.08)	-.02	(.17)	-.05	(.14)	.15	(.15)	.12	(.13)
Dummy: <i>SCOL only</i>	-.36 *	(.19)	-.36 *	(.18)	-.14 †	(.08)	-.16 †	(.09)	-.01	(.11)	-.03	(.08)	.08	(.14)	.02	(.12)	.07	(.15)	.03	(.13)
Dummy: control group	-.68 **	(.18)	-.69 **	(.18)	-.11	(.07)	-.10	(.07)	-.19 *	(.08)	-.23 **	(.06)	-.43 **	(.15)	-.44 **	(.13)	-.28 *	(.14)	-.26 *	(.12)
Intercept	.22	(.14)	.15	(.15)	.02	(.05)	.01	(.06)	.05	(.06)	.11	(.06)	.08	(.10)	.07	(.09)	.01	(.10)	-.07	(.10)
<i>Student level (level 1)</i>																				
Gender (1= female)			.14 *	(.05)			.04	(.07)			-.12 *	(.06)			.09 †	(.05)			.18 **	(.05)
Prior achievement			-	-			.13 **	(.04)			.46 **	(.03)			.35 **	(.02)			.27 **	(.03)
Explained variance (R ²)																				
Class level	.26		.27		.24		.22		.13		.76		.17		.28		.12		.16	
Student level			.01				.02				.20				.14				.09	
Snijders & Boskers R ² _{L1}			.10				.03				.23				.19				.13	

Note. The reference group for the treatment was *SCOL & school* with dummies *School only*, *SCOL only*, and control; gender was coded: 1 = female, 0 = male; Carbohydrate Specific Knowledge was not measured prior to the intervention (pretest).

† $p < .10$. * $p < .05$. ** $p < .01$.

Figure 3. Achievement by treatment (posttest).



Note. Z-standardized mean scores in achievement, adjusted by gender, course grades in science, course grades in mathematics, and prior achievement. Asterisks depict significant differences (reference group: SCOL & school) from the multilevel analysis (Model 2; † $p < .10$. * $p < .05$. ** $p < .01$). Error bars are 95% confidence intervals.

Discussion

The current study examined the effectiveness of different labwork learning environments with a specific focus on Science Center Outreach Labs. Attesting to the power of the treatments, students in all three treatment groups showed higher achievement on four outcomes than students in the control group, with Chemical Analysis as the sole exception for which the *SCOL only* group did not perform better than the control group. More importantly, the students in the *SCOL only* condition performed significantly worse than the *SCOL & school* treatment on two of the five achievement outcomes. Across all five outcomes, the *School only* group was consistently among the best treatment groups but did not significantly differ from the embedded setting *SCOL & school*. This highlights the need to think about the relative strengths and weaknesses of SCOL visits with regard to student learning.

SCOL Visits: Stand-Alone Element or Integration with Classwork?

There are several potential reasons for the differential effects of the three labwork conditions on achievement that we observed in our study. The most general explanation is that SCOL visits are generally of limited value in terms of achievement because they represent an isolated learning event in which students' attention is often drawn to specific features of the learning environment rather than focused on the learning material itself; furthermore, the cognitive load for a SCOL visit might be higher than at school because the environment is different and hence the novelty is greater (Meissner & Bogner, 2012). According to this general explanation, SCOL visits may have positive effects on student interest and thereby may have positive effects on achievement in the long run but relatively few effects in the short run. Because this line of reasoning is not implausible, more research is needed on SCOL visits, including noncognitive outcomes and long-term achievement outcomes.

A second line of argumentation addresses differential effects of SCOL visits on various achievement outcomes or differential effects depending on the difficulty of the learning task. In our study, we found differential effects of the treatments in two of our five outcome measures. Interestingly, the performance of the *SCOL only* group was relatively weak on the two measures that were most closely linked to the specific topic (Carbohydrate Specific Knowledge and Chemical Analysis), whereas no differential effects were found for the less specific outcomes. We did not examine differential effects of the difficulty levels of topics that are presented in SCOL visits. In general, it has been argued that when teaching an easier topic, a problem-based lab style may be better, and when teaching a more difficult topic, a guided inquiry lab style may be more appropriate (Basey & Francis, 2011). However, well-designed studies are needed to test this prediction.

Practical Implications

Our study has some practical implications. First, since the students in the *SCOL only* condition were found to perform worse on two achievement tests, whereas the students in the *School only* condition did not differ significantly from the students in the embedded group (*SCOL & school*), it seems that teachers and SCOL officials can influence the successful integration of a SCOL visit to some degree. Thus, it might be fruitful for teachers and external education providers (e.g., researchers at the SCOL) to take the initiative to coordinate and agree on common guideline for interactive contents and forms of learning that complement each other by coordinating and agreeing on programs and initiatives.

Second, teachers usually plan the visit according to their own didactic styles and not in cooperation with the SCOL. Teachers are seldom active facilitators of SCOL visits, and they sometimes lack sufficient information about the SCOL program and rationale (Tal et al., 2005). This is why Kisiel (2013c) suggested teacher training to improve their perception of SCOL; as a counterpart, scientific staff at the science center should be trained to be able to communicate their content knowledge in a pedagogically adequate way (Price & Hein, 1991). Teachers' experience from previous field trips can enhance their abilities to plan the next trip, especially when they listen to students' conversations on the previous trip (Patrick, Mathews, & Tunnicliffe, 2013).

Third, there is a need to think about the pedagogical training of SCOL instructors. In SCOLs, the staff typically does not consist of teachers but scientists in the field of biology and chemistry. Therefore, some researchers have called for scientists involved in outreach programs to be more familiar with the curriculum (Thiry, Laursen, & Hunter, 2008) or have recommended that the SCOL workshop should be conducted by teachers to enhance learning. However, the original idea of the SCOL was to enhance interest in science by giving the students the opportunity to meet "real" scientists. Thus, the problem could lie in the incongruence between teaching styles in the classroom and SCOLs, which can result in lower academic achievement (Cox-Petersen, Marsh, Kisiel, & Melber, 2003).

Limitations

The present study adds to the existing knowledge about the effectiveness of SCOL visits as we included a *SCOL & school* group, used a large sample of school classes that were randomly assigned to the treatment conditions, and implemented several outcome measures. At the same time, however, a number of limitations have to be considered when interpreting the results of the study.

First and most important, we do not know the extent to which our results generalize across different topics and different SCOLs. Of course, this is a limitation that applies to the majority of educational intervention studies, but typically there are a number of other studies with which to compare the results of a new study. In this case, our study is the first large randomized controlled trial to include a *SCOL & school* condition and to use multiple achievement indicators, making such comparisons impossible. Given this dearth of research and the importance of this topic from a practical point of view, we hope that our study will be the starting point for more studies.

Second, in a related vein, standardizing the contents and the way in which the SCOL was embedded in the curriculum enabled an unbiased comparison of the different conditions. Of course, the procedure we used to integrate the SCOL and school learning environments was only one possible way. Another possibility would have been to use online media or to allow the teachers to decide how to handle the integration. Again, more research is needed to check for relative advantages and disadvantages.

Third, the intervention covered eight hrs and was therefore relatively short. Many curricular units at school take more time than this. However, it is quite atypical to have SCOL lab units that last more than 8 hrs, so this represents a setting with high ecological validity. It should also be noted that these 8 hrs were enough to produce noticeable achievement gains in all treatment groups when compared with the control group.

Fourth, it is important to reiterate that SCOLs might be more successful for achieving some outcomes than others (e.g., Overbaugh & Lin, 2006). For instance, SCOLs might be better for conveying practical skills and aspects that are not easily measured with paper-and-pencil achievement tests. Furthermore, their effect on interest might be more pronounced than their effect on achievement. Hence, although we used a total of five different outcome variables, which is quite unusual in research on science learning, future research might broaden this spectrum further. For instance, research could use qualitative methods (e.g., video analysis) or could apply an experimental performance test (e.g., for the Chemical Analysis test). However, the quantitative approach used in our study was a premise for the multilevel analysis of the hierarchically structured data, and with a large sample size, the application of standardized tests was the most convenient approach for testing student achievement.

Fifth, teachers are familiar with their students and have the advantage of knowing how to present and teach contents didactically to make sure their students will learn the contents quickly, whereas scientists at SCOLs lack such knowledge, resulting in a “bias” toward teachers (Howitt, Rennie, Heard, & Yuncken, 2009). However, in the study presented here, the conception of treatments, specifically the learning arrangements, are real teaching methods and therefore have high practicability.

Conclusion

STEM education can profit from SCOLs, but that profit does not come automatically. In fact, one conclusion of our study is that the learning goals of the SCOL—at least with respect to the outcome variables used in the present study—can also be achieved at school. However, this conclusion is qualified by the need to conduct additional studies with adequate research designs that can be applied to critically assess the impact of SCOL visits on further outcome variables and that can be used to test which kinds of collaboration between teachers at school and lab instructors will yield the most positive outcomes.

3.3. STUDY 3: Are Science Labs More Motivating Than Regular School Lessons? A Cluster Randomized Field Trial

Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (under review). Are Science Labs More Motivating Than Regular School Lessons? A Cluster Randomized Study.

Abstract

The issue of how to increase student motivation in science subjects is considered to be a major challenge in modern school systems. Psychological theory suggests that lab-work learning environments in which students get direct (“hands on”) experience with science contents may have positive short-term and long-term motivational effects, but there is still a lack of sound empirical evidence to support this claim. In the present study, the effectiveness of a lab-work learning unit on the topic of the “chemistry of starch” was examined using a cluster randomized field study with four experimental conditions. The first group was taught using lab-work elements in *School only*, the second group was taught in a Science Center Outreach Lab only (*SCOL only*), the third group was taught in a combined condition encompassing both a SCOL visit and classroom learning, and the fourth group was a control group. Self-report data were gathered on state measures of motivation (achievement emotions, situational interest, and situational competence beliefs; $N = 1,415$ students) as well as more trait-like measures (task values, dispositional interest, and competence beliefs, $N = 1,347$ students) during and after the intervention (age: $M = 15.33$) in 52 secondary classes in Germany. Multilevel analyses revealed several differences between the lab-work conditions and the control group. The intervention was effective in all three treatment groups with regard to all state measures. There were fewer effects on trait measures, and these effects were found only in the treatment conditions that included a SCOL visit.

Keywords: Science Center Outreach Lab (SCOL), achievement emotions, task values, competence beliefs, cluster randomized field study

Are Science Labs More Motivating Than Regular School Lessons? A Cluster Randomized Field Trial

Is science boring for students, at least in the long run? Students' achievement motivation for science in school (e.g., their emotions, task values, interests, and perceived competence) tend to drop over the school years (Zhu & Chen, 2010), and this drop may be especially pronounced in science subjects (Gottfried, Fleming, & Gottfried, 2001; Hofstein, Eilks, & Bybee, 2010; Todt & Schreiber, 1998). Motivation for science is the strongest predictor of achievement-related choices and performance (Wigfield, Tonks, & Klauda, 2009) in science-related college majors and careers (Lau & Roeser, 2002). Accordingly, only a moderate number of students aim toward a career in a science-related field (Butz, 2004; Committee on Prospering in the Global Economy of the 21st Century, 2007; European Commission, 2010; Osborne & Dillon, 2008b; Schreiner & Sjøberg, 2004). At the same time, research has also shown that students can become interested in science classes when the topic at hand relates directly to their life experiences (Hoffmann, 2002; Stipek, 1996; Tytler, 2007). Application-oriented lessons can allow students to explore questions about their personal life contexts and collect their own experiences. Thereby, such lessons can revive interest in the topics that are being taught (Hofstein, Kesner, & Ben-Zvi, 1999; King & Ritchie, 2012; Sjøberg & Schreiner, 2006). However, in school, science teaching might not provide students with enough occasions to apply their knowledge, to do research, and to experiment independently (Hofstein et al., 2010).

In Germany as well as in several other countries around the world, as one way to buffer students' motivation against this negative trend, Science Center Outreach Labs (SCOLs) have been established (Klieme et al., 2010, p. 195). SCOLs are quite expensive learning environments that are attended by an enormous number of students every year. In recent years, a number of studies have investigated the effects of SCOLs. Unfortunately, however, many of these studies have provided only limited evidence for or against the effectiveness of SCOLs and have made only modest contributions to psychological theorizing for three reasons. First, so far, studies on the effects of SCOL visits have rarely used a randomized controlled experimental design, the lack of which has undermined the robustness of their findings against alternative explanations. We therefore used a cluster randomized field study to probe for the effects of a SCOL visit. Second, most studies have used a somewhat restricted set of motivational outcome variables that may not reflect the various dimensions of motivation that are involved in or result from a learning activity. Third, such studies have not systematically differentiated between the effects of including lab work in regular school lessons and lab work in out-of-school settings such as a SCOL.

Clearly, more studies are needed to target a broader range of motivational outcomes and to focus on students' motivational processes during the SCOL visit as well as on their general motivation. Accordingly, relying on expectancy-value approaches (e.g., Eccles, 1983) and on interest theory (e.g., Krapp, 2000), the effects of lab-work learning environments on student motivation were investigated in the current study both during (using state measures) and after (using trait measures) the respective lessons.

SCOLs as a Learning Environment

It is often argued that the teaching of science in school does not provide students with enough occasions for "hands on" contact with science (e.g., Abrahams & Millar, 2008; Blanchard et al., 2010; Hart, Mulhall, Berry, Loughran, & Gunstone, 2000; Hofstein, Navon, Kipnis, & Mamlok-

Naaman, 2005). For this reason, some forms of lab-work education are now being used by many schools, although the ways in which they can implement this didactic approach are often limited. In addition, with the goal of adding to the typical learning that occurs in school or to enrich learning experiences in some way or another, SCOLs have been established in recent decades in many countries around the world (Bolstad, Bull, Carson, Gilbert, & MacIntyre, 2013; Gomes & McCauley, 2012; Tytler, Osborne, Williams, Tytler, & Cripps Clark, 2008). Like other out-of-school learning facilities (e.g., field trips, science/technology centers, museums, zoos, aquaria; for reviews, see DeWitt & Storksdieck, 2008; Rickinson et al., 2004), SCOLs offer exploration, discovery, and first-hand and original experiences. SCOLs come in many different forms in terms of ownership (private or public), content that is taught, and didactic approaches. However, there are a number of characteristics that are essential to (almost) all SCOLs. Most importantly, in contrast to school learning, SCOLs are closer to science application contexts, show a greater amount of authentic learning, and rely more on students engaging in practical work (Scharfenberg, Bogner, & Klautke, 2007).

In general, SCOLs resemble a workshop that is organized around structured lessons, and students are instructed by scientists who have the knowledge to help enhance the students' understanding of the natural sciences (Hausamann, 2012). In addition, to promote cognitive, affective, and psychomotor learning, several science centers also offer students the opportunity to get involved in experimental hands-on activities conducted by the students themselves (McClafferty & Rennie, 1993; Rennie & McClafferty, 1995). In typical SCOLs that cover the sciences, students are given theoretical input on a certain topic and subsequently conduct experiments.

Effectiveness of Lab-Work Learning Environments

Students typically spend a couple of hours or a whole day in a SCOL; given the organizational constraints, longer units or repeated visits to SCOLs are the exception. For this reason, it has been argued (e.g., Glowinski & Bayrhuber, 2011; Itzek-Greulich et al., 2014b; Scharfenberg et al., 2007) that SCOL visits may be especially effective in terms of both short-term and long-term motivational outcomes, whereas their effects on the acquisition of structured knowledge and competencies may be less pronounced. Out-of-school learning is likely to result in immediate emotional responses and interest in science. Thus, the effectiveness of a SCOL with its emphasis on practical work may be linked to its ability to create a positive emotional setting, to spark enthusiasm, to foster students' domain-specific competence beliefs, and to positively influence students' interest in science subjects (Dohn, 2011).

In fact, previous research has suggested that out-of-school encounters have the potential to increase interest in science (Dairianathan & Subramaniam, 2011; Gibson & Chase, 2002; Guderian et al., 2006; Jarvis & Pell, 2005; Seybold et al., 2014) and to offer several emotional benefits such as increased joy and excitement (Rennie & McClafferty, 1995), increased well-being, and less anger, less anxiety, and less boredom (Randler, Ilg, & Kern, 2005). However, the majority of studies that have investigated the effects of SCOL visits (Hausamann, 2012; Luehmann, 2009; Thomas, 2012) and related learning settings (e.g., field trips; Meissner & Bogner, 2011) on students' learning performance and motivation have had some serious limitations. Previous studies have relied on small sample sizes ($N < 400$) with the exception of Seybold et al. (2014) and did not use a randomized design implemented in a multilevel context. Some of these studies were qualitative and did not include a control group (Dohn, 2011; Glowinski & Bayrhuber, 2011; Jarvis & Pell, 2005; Luehmann, 2009). Finally, not many studies have compared SCOL visits with

lab-work learning environments from a regular school setting. Such studies are needed to disentangle effects of the learning environment (school vs. nonschool) from the instructional approach (lab work vs. no lab work).

To overcome some of these limitations, Itzek-Greulich, Flunger et al. (in press) compared achievement outcomes across three settings using a sufficiently large randomized field trial that was also the basis for this article: *School only*, *SCOL only*, and *SCOL & school*. Although the intervention was effective in all three treatment groups (higher achievement as compared with the control group), the results indicated that students in the classroom learning condition (*School only*) and in the combined setting (*SCOL & school*) learned more than the students in the *SCOL only* condition. However, Itzek-Greulich, and Flunger et al. (in press) did not study motivational outcomes.

Motivational Outcomes of Lab-Work Learning Environments

Out-of-school learning with its limited time span is believed to produce immediate emotional responses and the motivation to get involved in a topic, yet it might also affect students' general science-specific motivation (Priemer & Pawek, 2014). The present study used expectancy-value theory (EVT; Eccles, 1983) and the person-object theory of interest (Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. A., 1992) as its theoretical bases for exploring motivational effects.

Expectancy-value theory represents one of the most comprehensive theoretical models of students' motivation, specifying that students hold two kinds of motivational beliefs with regard to achievement-related settings: expectancy and value beliefs (Eccles, Wigfield, & Schiefele, 1998). Expectancy beliefs (Eccles et al., 1983) are understood as the subjective competence beliefs that one is able to accomplish academic tasks. Task values define people's reasons for engaging in a learning behavior (Eccles et al., 1983). Four major components of task values have been proposed: intrinsic value, attainment value, utility value, and cost (for a more detailed discussion of these components, see Eccles, 2005b; Eccles & Wigfield, 2002; Gaspard et al., in press). Intrinsic value is defined as the enjoyment gained from performing a task; utility value describes how useful the task is for future plans; attainment value is defined as the importance of doing well on a given task; and cost is the effort needed to engage in one activity and its negative impact on other valued activities (Eccles et al., 1983).

With reference to expectancy-value approaches, one would expect effects of a SCOL visit on both students' general science-specific motivational beliefs ("traits") as well as on students' immediate activity-related reactions (see Pekrun, 2006). On the basis of EVT models, (a) the controllability of an activity (e.g., experienced through competence perceptions) and (b) the subjective value of the activity are proposed to be influential during achievement activities (states; e.g. Pekrun, 2006; Pekrun et al., 2002). Thereby, the learner's perceived control and value are claimed to be action-specific rather than science- or outcome-specific (e.g. Pekrun, 2006). Action-specific appraisals of control and value are defined to emerge as activity-related emotions (Pekrun, 2006). Activity-related emotions are emotions felt during work and learning (Pekrun, Elliot, & Maier, 2006); these can have a positive valence (e.g., joy) or a negative valence (e.g., anger or boredom). With regard to states that occur during the activities, therefore, students' activity-related emotions should be targeted, and in order to also directly capture activity-specific competences, their perceived competence during the SCOL visit should be targeted.

As an additional theoretical foundation, the person-object theory of interest (Krapp, A. et al., 1992) was used to obtain a broader understanding of students' situation- and person-specific reactions to lab-work learning environments. The person-object theory of interest distinguishes between students' situational interest as a reaction to characteristics of the tasks and the context versus their evolved individual interest, which is a relatively stable affective-evaluative orientation toward a domain (e.g. Schiefele, 2009b). Situational interest refers to a rather temporary feeling (state), whereas dispositional (individual) interest tends to be a sustainable (trait-like) feature of persons (Krapp, A. et al., 1992). Situational interest encompasses *catch and hold components* (Mitchell, 1993). The catch component is directly connected to the activity. Application-oriented lessons can allow students to explore questions that pertain to their own personal life contexts and collect their own experiences. Thereby, such lessons can revive situational interest in the topics that are being taught (Krapp & Prenzel, 2011).

Previous studies have suggested that SCOL visits can be used to increase students' situational and dispositional interest in science topics: When confronted with the atmosphere of authentic first-hand research conducted by scientists in a laboratory, and when students were given the opportunity to use professional equipment, students' situational (Dairianathan & Subramaniam, 2011; Seybold et al., 2014) and dispositional interest (Brandt et al., 2008; Dohn, 2011; Gibson & Chase, 2002; Jarvis & Pell, 2005) increased. However, in addition to some methodological shortcomings, these studies left open the possibility that it was not the SCOL visit per se that affected motivational outcomes but rather the opportunity for students to actively work on science experiments.

The Present Research

The present study was aimed at addressing the shortcomings of previous research. First, as highlighted above, the designs of most previous studies in terms of sample sizes, characteristics of the control groups, lack of randomization, and statistical analyses limited their ability to detect causal effects due to SCOL visits. To add to the existing knowledge, the present study applied a randomized field trial with a pretest-posttest design to test the effectiveness of a teacher-guided SCOL visit. More specifically, we (a) randomly assigned a large number of classes (52 classes of 14-to-15-year-old students, Grade 9) to one of four experimental conditions, (b) implemented a design with similar timing and concise contents (eight lessons on the "chemistry of starch"; the lessons were divided into a theoretical part and a practical part) across the three treatment groups, and (c) used multilevel analyses to address the clustering of the data.

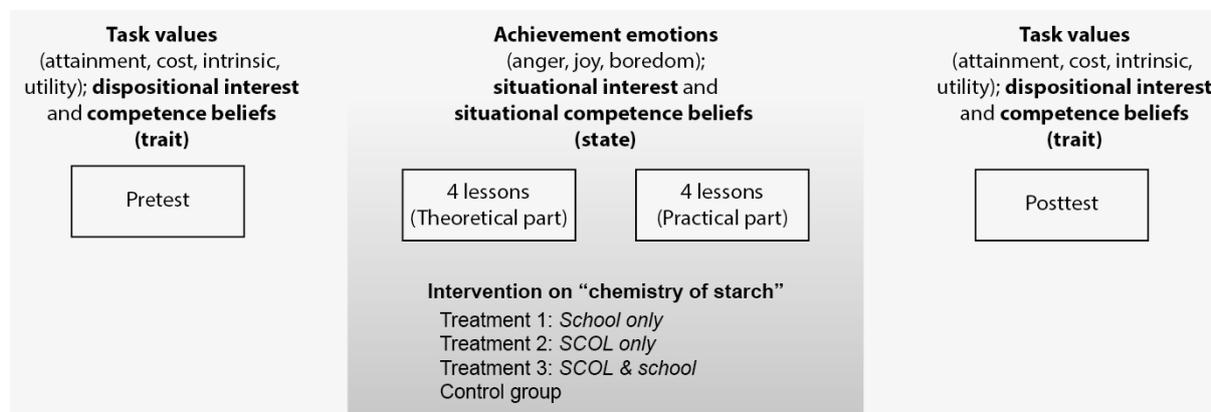
Second, whereas most previous studies on the emotional and motivational gains of out-of-school learning have indicated positive motivational effects such as increased situational interest in the activities that were presented during the intervention (Dairianathan & Subramaniam, 2011; Seybold et al., 2014), increased dispositional interest in science subjects (Brandt et al., 2008; Dohn, 2011; Gibson & Chase, 2002; Jarvis & Pell, 2005), and more positive state emotions (Randler et al., 2005), these studies did not assess subjective task values (Eccles, 1983), or more generally, they did not assess state and trait components of motivation. Especially in the field of science education, where momentary interest may develop into long-lasting motivation for STEM subjects and career choices, the distinction between the four value components of motivation is an important issue. In the present study, achievement emotions, situational interest, and situational competence beliefs (state) were assessed subsequent to the theoretical lesson and the practical lesson. Task values, dispositional interest, and competence beliefs (trait) were as-

essed before and after the intervention to compare the effects of the three learning environments on student motivation.

Third, we differentiated between three forms of lab-work learning environments: *SCOL only*, *SCOL & school*, and *School only*. This allowed us to check for differential effects of in-school and out-of-school learning environments.

We formulated the following research hypotheses and research questions. First, given that learning settings that allow for active student participation (e.g., lab work) have been shown to be associated with increased student interest, we expected to find a positive effect of the lab-work conditions (*SCOL only*, *SCOL & school*, *School only*) as compared with the control group on all state measures of student motivation. Second, it is expected that these effects would be more pronounced for the practical part (see Figure 1) than for the theoretical part of the unit (Glowinski & Bayrhuber, 2011; Pintrich, 2003). Third, we also probed for possible effects on the trait measures of student motivation. Given the lack of support for effects on these measures in prior studies, we did not formulate specific research hypotheses. Fourth, we speculated that the effects of lab-work environments on motivation would be stronger in the conditions that included a Science Center Outreach Lab component (*SCOL only*, *SCOL & school*) than in the *School only* condition.

Figure 1. Study design.



Note. SCOL = Science Center Outreach Lab.

Method

The data were collected in 52 classes from 20 secondary schools (Realschule) in the German state of Baden-Württemberg between November 2012 and July 2013. Trait measures were assessed in all four groups 1 week prior to the intervention and 1 school day after the intervention, at school in the students' regular classrooms in the presence of both a researcher and a teacher. State measures were assessed after the theoretical part and after the practical part during the intervention. Regarding the trait and the state measures, students participating at the two measurement points were included in the analyses. The resulting sample consisted of 1,415 students (state) and 1,347 students (trait). All participants (state: 654 [49.7%] girls, 101 no gender

specified; trait: 668 [49.6%] girls, 2 no gender specified), attended Grade 9 and were 15.3 years of age on average ($SD = 0.6$). Active written consent for study participation was obtained from the schools' principals and from parents. Student participation was voluntary.

Experimental Design

A randomized design was implemented with three experimental groups (*SCOL & school*, *SCOL only*, and *School only*) and a control group. Classrooms were randomly assigned to one of the three experimental conditions or the control condition. Students' achievement emotions and motivational beliefs during the intervention (state) as well as their subjective task values, dispositional interest, and competence beliefs (trait) were assessed with questionnaires (see Figure 1).

Description of the intervention. The treatment in the three experimental groups was the teaching unit (eight lessons of 45 min) on the "chemistry of starch." For these three groups, the lessons were structured into a theoretical part (four lessons) and a practical part (four lessons). The first group was taught in the *SCOL only*. The second group was taught in *School only* using mini-laboratory facilities that were provided to the schools and allowed the students to conduct most of the experiments that were also part of the SCOL visit. The third group was taught in a combined condition that encompassed both a SCOL visit and classroom learning (embedded). In this way, extracurricular learning experiences were integrated into learning arrangements in the classroom. The students of the three treatment groups worked in small groups and got hands-on experience in science while conducting experiments on the topic of starch (extraction, microscope, production of films, glue, and compostable dishes). The fourth learning group was a control group. The control classes did not receive the "chemistry of starch" intervention. For a thorough description of the intervention, see Itzek-Greulich, and Flunger et al. (in press).

All teachers voluntarily participated in the study and agreed to be randomly assigned to any of the experimental conditions. There was no attrition at the classroom level during the course of the study. Due to the nature of this whole-class intervention in which entire classes were randomized to treatment conditions, 14 of the 52 participating secondary school classes were randomly assigned to the *School only* group, 14 classes to the *SCOL only*, 18 classes to the *SCOL & school* (nine to morning and nine to afternoon lessons at the SCOL), and six classes to the control group.

Measures

For all measures, participants responded using a Likert scale that ranged from 1 (*disagree*) to 4 (*agree*).

Achievement emotions, situational interest, and situational competence beliefs (state).

Achievement emotions, situational interest, and situational competence beliefs were studied as outcomes directly after the theoretical and practical lessons in the teaching unit. The learning-related emotion scale by Pekrun, Goetz, Frenzel, Barchfeld, and Perry, Raymond, P. (2011) was used to assess students' achievement emotions: anger (three items, e.g., "I got angry in class"; $\alpha = .82$ theory/.83 practice), joy (three items, e.g., "I had fun in class"; $\alpha = .83$ theory/.85 practice), and boredom (three items, e.g., "I was so bored that I stopped following the lesson"; $\alpha = .86$ theory/.87 practice). Situational interest was measured with three items (e.g., "It was interesting"; $\alpha = .86$ theory/.87 practice). Situational competence beliefs were measured with a three-item

scale (e.g., “I followed the lessons easily”) developed by Willems (2011). Cronbach’s alpha was .80 for both theory and practice (Table 1).

Task values, dispositional interest, and competence beliefs (trait). Trait outcomes were measured twice with six scales assessing subjective task values, dispositional interest, and competence beliefs.

Task values. Subjective value beliefs regarding science were assessed for all four components of the EVT (Eccles et al., 1983): attainment, cost, intrinsic, and utility. To this end, Trautwein et al.’s (2012) items were adapted to the domain of science. Attainment value was measured with three items (e.g., “Science is important to me personally”; $\alpha = .79$). Cost was measured with two items (e.g., “I’d have to sacrifice a lot of free time to be good at science”; $\alpha = .83$). Intrinsic value was measured with four items (e.g., “I enjoy puzzling over science problems”; $\alpha = .82$). Utility value was measured with three items (e.g., “I’ll need good science skills for my later life [education, training, studies, work]”; $\alpha = .74$).

Dispositional interest. Students’ dispositional interest in science was assessed with three items (e.g., “I am interested in scientific topics”; $\alpha = .84$; adapted from Pekrun, Götz, Zirngibl, & Jullien, 2002).

Competence beliefs. Students’ general science competence beliefs were measured with three items from the German adaptation (Schwanzer, Trautwein, Lüdtke, & Sydow, 2005) of the Self-Description Questionnaire III (Marsh, 1992), a multidimensional competence beliefs instrument for older adolescents and young adults (sample item: “I have always been good at science; $\alpha = .87$; Table 2).

Statistical Analyses

Confirmatory factor analyses. Tests of measurement invariance (Meredith, 1993; Widaman & Reise, 1997) were conducted to assess the structural stability (validity) of the trait motivational measures over time as well as across the three treatment groups and the control group using Mplus 7 (Muthén & Muthén, 1998-2012).

More precisely, measurement invariance was tested by comparing three nested models (reflecting configural, metric, and strong factorial invariance) with increasing invariance constraints (e.g., Meredith, 1993) separately for each of the trait measures. The first model tested the invariance of the factor structure (i.e., configural invariance). The second model entailed constrained factor loadings over time (i.e., metric invariance). The third model imposed invariant factor loadings and invariant item intercepts over time, thus testing for strong measurement invariance. The models were evaluated following suggestions made by Chen (2007) and Cheung and Rensvold (2002). That is, when the decrease in fit for the more restrictive model was less than .01 for incremental fit indices (e.g., CFI), and when the RMSEA differed by less than .015, the more restrictive model was preferred.

The comparisons across time and group suggested a good or adequate fit and supported the increases in the invariance constraints on all trait measures. Strong measurement invariance was achieved for the task values of attainment (CFI = .98; TLI = .96; RMSEA = .07; SRMR = .04), utility (CFI = 1.00; TLI = 1.00; RMSEA = .00; SRMR = .02), intrinsic (CFI = .95; TLI = .94; RMSEA = .07; SRMR = .04), cost (CFI = .98; TLI = .97; RMSEA = .06; SRMR = .03), dispositional interest (CFI

= .95; TLI = .93; RMSEA = .08; SRMR = .04), and competence beliefs (CFI = .99; TLI = .99; RMSEA = .02; SRMR = .06) over time. Moreover, strong measurement invariance was achieved for the task values of attainment (CFI = 1.00; TLI = 1.00; RMSEA = .02; SRMR = .06), utility (CFI = .99; TLI = .99; RMSEA = .03; SRMR = .06), intrinsic (CFI = .96; TLI = .97; RMSEA = .07; SRMR = .06), cost (CFI = .98; TLI = .98; RMSEA = .05; SRMR = .07), interest (CFI = 1.00; TLI = 1.00; RMSEA = .02; SRMR = .06), and competence beliefs (CFI = 1.00; TLI = 1.00; RMSEA = .02; SRMR = .06) across groups.

Multilevel regression analyses. After measurement invariance was established, we computed multilevel regression analyses to test our predictions for each dependent variable with three class-level dummy variables that indicated the lab-work conditions (*School only*, *SCOL only*, *SCOL & school*) with the control condition as the reference group.

For the state outcomes, the intervention conditions were the only predictors in the model because there was no pretest. For the trait measures, the models included the initial level of the respective outcome on the pretest as a covariate at the student level and at the class level. The effects at both the student and class levels were freely estimated. At the student level, the covariate was group-mean centered (Enders & Tofighi, 2007). Manifest aggregation was used for the class-level predictor (Marsh et al., 2009). At the class level, the covariate was grand-mean centered (Enders & Tofighi, 2007). All variables except for the indicator variables were standardized prior to the analyses. Using the estimated coefficients from these models, we computed pairwise comparisons of the means (for the state outcomes) and the adjusted means (for the trait outcomes) between the three treatment conditions. Standard errors for the mean comparisons were obtained with the multivariate delta method as implemented in Mplus 7.

Missing data. In our study, the amount of missing data per scale was relatively small (average 6.4% for state and trait scales; range 13.3%-13.9% for all state variables; 0.2%-0.5% for all trait variables). Full information maximum likelihood (FIML; Arbuckle, 1996; Enders, 2010) was used to take the small amount of missing data into account.

Results

Preliminary Analyses

In the first step, a randomization check was performed to test for pre-intervention differences in the trait measures across the four groups (three treatment groups and a control group) via pairwise comparisons of means. The means were yielded with multilevel regression analyses in which the control group served as the reference group. We found no significant differences between the groups in the trait measures at pretest.

Descriptives and Bivariate Correlations

The descriptive statistics (means and standard deviations) and the intercorrelations of all outcome variables are shown in Tables 1 (state measures) and 2 (trait measures). Anger and boredom were positively correlated with each other but were negatively correlated with joy, situational interest, and situational competence beliefs, whereas joy, situational interest, and situational competence beliefs were positively correlated with each other (Table 1). Cost was negatively correlated with all other scales, whereas attainment, intrinsic, utility, dispositional interest, and competence beliefs were positively correlated with each other (Table 2).

Table 1

Correlations and Cronbach's Alphas for Achievement Emotions, Situational Interest, and Situational Competence Beliefs

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	ICC	<i>M</i>	<i>N</i>
(1) Anger	.82 (.83)					.11 (.14)	1.80 (1.81)	1226 (1219)
(2) Joy	-.52 (-.62) **	.83 (.85)				.15(.20)	2.61 (2.73)	1226 (1220)
(3) Boredom	.68 (.71) **	-.62 (-.66) **	.86 (.87)			.12 (.15)	1.87 (1.79)	1225 (1217)
(4) Situational interest	-.50 (-.55) **	.79 (.79) **	-.64 (-.66) **	.86 (.87)		.11(.14)	2.57 (2.68)	1227 (1222)
(5) Situational competence beliefs	-.38 (-.41) **	.53 (.58) **	-.51 (-.54) **	.40 (.45) **	.80 (.80)	.12(.18)	2.99 (3.10)	1228 (1221)

Note. Pearson's correlations. Theoretical (practical) lessons; Cronbach's alphas are presented on the diagonal.

** $p < .01$.

Table 2

Correlations and Cronbach's Alphas for Task Values, Dispositional Interest, and Competence Beliefs

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	ICC	<i>M</i>	<i>N</i>
(1) Attainment	.79 (.80)						.05 (.05)	2.08 (2.03)	1321 (1314)
(2) Cost	-.27 (-.27) **	.82 (.77)					.05 (.04)	2.42 (2.5)	1344 (1340)
(3) Intrinsic	.80 (.77) **	-.32 (-.33) **	.80 (.80)				.06 (.06)	2.28 (2.30)	1344 (1340)
(4) Utility	.65 (.61) **	-.16 (-.15) **	.63 (.60) **	.73 (.71)			.03 (.04)	2.28 (2.32)	1340 (1336)
(5) Dispositional interest	.76 (.73) **	-.27 (-.28) **	.79 (.78) **	.64 (.63) **	.84 (.82)		.06 (.03)	2.12 (2.10)	1342 (1340)
(6) Competence beliefs	.59 (.58) **	-.58 (-.57) **	.65 (.67) **	.47 (.42) **	.61 (.61) **	.83 (.78)	.04 (.04)	2.70 (2.71)	1338 (1332)

Note. Pearson's correlations. Posttest (pretest). Cronbach's alphas are presented on the diagonal.

** $p < .01$.

Differences between the Lab-Work Conditions and the Control Group on State Measures

The effects of the lab-work conditions *SCOL only*, *SCOL & school*, and *School only* on each state measure regarding the theoretical and practical phases were tested via separate multilevel analyses for each outcome; the control group served as the reference group. The results are reported in Table 3. When the theoretical part of the lessons was considered, students in the *School only* condition reported experiencing less *boredom* than students in the control condition (see also Table 4). They also reported higher *situational interest* compared with the students in the control condition. Students in all three experimental conditions reported higher *situational competence beliefs* and greater *joy* than students in the control condition. Using the coefficients from these models, we conducted pairwise comparisons of means to investigate the differences between the lab-work conditions on all state outcomes in the theoretical part. None of these pairwise mean comparisons were statistically significant (see Table 4).

Regarding the practical part of the lessons, students in both the *SCOL & school* and the *SCOL only* conditions reported feeling less *anger* compared with students in the control condition. *Boredom* was rated lower, whereas *joy*, *situational interest*, and *situational competence beliefs* were rated higher in all three experimental conditions compared with the control condition (see Table 4). Computing pairwise comparisons of means with the coefficients from the multilevel models, we also investigated the differences between the lab-work conditions in all state outcomes in the practical part. Students in the *SCOL & school* condition reported higher situational competence beliefs compared with students in the *School only* condition. All other pairwise mean comparisons were not statistically significant (see Table 4).

In line with our first prediction, we found a positive effect of the lab-work conditions in comparison with the control group on almost all state measures. The differences between the lab-work conditions and the control group were especially pronounced with regard to three outcomes (i.e., boredom, anger, and situational interest). Furthermore, in line with our second hypothesis, the pattern of results suggested that the effects were stronger and more consistent during the practical part of the lessons than during the theoretical part (see Table 4).

Differences between the Lab-Work Conditions and the Control Group on Trait Measures

The effects of the lab-work conditions *SCOL only*, *SCOL & school*, and *School only* on the trait measures were again tested via separate multilevel analyses for each outcome; the control group served as the reference group. In each analysis, we controlled for the pretest value of the corresponding outcome at the student and class levels. Overall, two of the five trait outcomes were affected by the experimental conditions when we applied multilevel analyses and pairwise comparisons of the adjusted means (see Tables 5 and 6). Controlling for the initial level of the respective outcome on the pretest in each analysis, students in the *SCOL & school* condition rated their *cost* significantly lower than students in the *School only* and the control conditions. Similarly, students in both the *SCOL & school* and the *SCOL only* conditions reported higher *competence beliefs* than students in both the *School only* and the control conditions after taking the covariates into account. In other words, we found some but not very strong support for intervention effects on motivational outcomes. Importantly, these positive effects were found only in the two intervention conditions that included a SCOL visit.

Table 3

Effects of the Lab-Work Conditions on Students' Anger, Joy, Boredom, Situational Interest, and Situational Competence Beliefs

	Anger		Joy		Boredom		Situational interest		Situational competence beliefs											
	Theoretical	Practical	Theoretical	Practical	Theoretical	Practical	Theoretical	Practical	Theoretical	Practical										
	part	part	part	part	part	part	part	part	part	part										
	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)				
Class level																				
School only	-.25	(.15)	-.24 †	(.13)	.65 **	(.14)	.69 **	(.13)	-.32 **	(.11)	-.42 **	(.11)	.36 **	(.11)	.47 **	(.11)	.69 **	(.12)	.42 **	(.12)
SCOL only	-.25	(.16)	-.32 *	(.16)	.45 *	(.18)	.77 **	(.18)	-.17	(.13)	-.40 **	(.14)	.26	(.14)	.58 **	(.15)	.63 **	(.12)	.55 **	(.13)
SCOL & school	-.25	(.15)	-.30 *	(.14)	.44 **	(.16)	.64 **	(.14)	-.19	(.13)	-.33 **	(.13)	.18 †	(.13)	.47 **	(.13)	.64 **	(.12)	.64 **	(.12)
Residual variances																				
Student level	.90		.85		.85		.80		.88		.85		.90		.86		.89		.82	
Class level	.01		.01		.04		.06		.01		.02		.01		.02		.04		.07	
Snijders & Boskers R^2_{L1}	.10		.14		.11		.14		.11		.13		.09		.11		.07		.14	

Note. All continuous variables were z-standardized beforehand. The reference group for the treatment was the control group. β = Standardized regression coefficient.

† $p < .10$. * $p < .05$. ** $p < .01$.

Table 4

Means of State Motivational Outcomes for the Distinct Treatment Groups and Results of Pairwise Comparisons of Mean Differences

	Theoretical part								Practical part							
	SCOL & School		School Only		SCOL Only		Control		SCOL & School		School Only		SCOL Only		Control	
	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>
Anger	-0.03	0.09	-0.02	0.09	-0.02	0.11	0.23	0.12	-0.05 _a	0.11	0.01 _{ab}	0.10	-0.07 _a	0.13	0.25 _b	0.08
Boredom	0.01 _{ab}	0.11	-0.12 _a	0.09	0.03 _{ab}	0.11	0.20 _b	0.06	0.00 _a	0.11	-0.09 _a	0.09	-0.07 _a	0.13	0.33	0.06
Joy	-0.01 _a	0.10	0.21 _a	0.06	0.00 _a	0.13	-0.45	0.12	0.04 _a	0.10	0.09 _a	0.08	0.17 _a	0.15	-0.60	0.10
Situational interest	-0.05 _{ab}	0.10	0.13 _b	0.06	0.03 _{ab}	0.11	-0.23 _a	0.09	0.03 _a	0.10	0.03 _a	0.08	0.15 _a	0.13	-0.43	0.08
Situational competence beliefs	0.08 _a	0.08	0.12 _a	0.09	0.06 _a	0.09	-0.57	0.08	0.25 _a	0.08	-0.06 _b	0.08	0.17 _{ab}	0.09	-0.78	0.09

Note. Groups sharing the same letters were not significantly different at the $p < .05$ level.

Table 5

Effects of the Lab-Work Conditions on Students' Subjective Task Values, Dispositional Interest, and Competence Beliefs

	Attainment value		Utility value		Intrinsic value		Cost		Dispositional interest		Competence beliefs	
	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)
Student level												
DV at pretest	.57	** (.03)	.56	** (.34)	.66	** (.03)	.49	** (.03)	.63	** (.03)	.62	** (.03)
Class level												
DV at pretest	.63	** (.10)	.67	** (.08)	.77	** (.08)	.76	** (.11)	.87	** (.04)	.92	** (.07)
School only	.03	(.15)	-.03	(.06)	.04	(.08)	-.02	(.08)	.07	(.08)	-.05	(.06)
SCOL only	.06	(.16)	-.08	(.06)	.10	(.06)	-.14	† (.08)	-.05	(.08)	.09	* (.05)
SCOL & school	-.02	(.15)	-.07	(.07)	.05	(.08)	-.20	** (.06)	.07	(.07)	.11	* (.05)
Residual variances												
Student level	.64		.67		.54		.72		.57		.58	
Class level	.03		.00		.01		.01		.01		.00	
Snijders & Boskers R^2_{L1}	.33		.23		.45		.27		.42		.41	

Note. All continuous variables were z-standardized beforehand. At the student level, the covariate was group-mean centered. Manifest aggregation was used for the class-level predictor (Marsh et al., 2009). At the class level, the covariate was grand-mean centered.

The reference group for the treatment was the control group. β = Standardized regression coefficient.

† $p < .10$. * $p < .05$. ** $p < .01$.

Table 6

Adjusted Means of the Trait Motivational Outcomes for the Distinct Treatment Groups and Results of the Pairwise Comparisons of Mean Differences

	SCOL & school		School only		SCOL only		Control	
	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>	<i>M</i>	<i>(SE)</i>
Attainment value	-0.03	(.05)	0.01	(.05)	0.05	(.07)	-0.02	(.07)
Utility value	-0.03	(.05)	0.02	(.04)	-0.03	(.05)	0.05	(.04)
Intrinsic value	0.00	(.04)	0.00	(.04)	0.05	(.06)	-0.04	(.04)
Cost	-0.11 _a	(.04)	0.07 _b	(.05)	-0.05 _{ab}	(.05)	0.09 _b	(.05)
Dispositional interest	0.04	(.03)	0.05	(.05)	-0.07	(.06)	-0.03	(.06)
Competence beliefs	0.07 _a	(.03)	-0.09 _b	(.05)	0.05 _a	(.02)	-0.04 _b	(.02)

Note. The depicted means were adjusted for the effects of the initial level of each outcome on the pretest. All models considered the initial level of each outcome on the pretest as a covariate at the student level as well as at the class level. The covariate was z-standardized beforehand. At the student level, the covariate was group-mean centered. Manifest aggregation was used for the class-level predictor (Marsh et al., 2009). At the class level, the covariate was grand-mean centered.

Groups sharing the same letters were not significantly different at the $p < .05$ level.

Discussion

The present study examined the effectiveness of different lab-work learning environments with regard to motivational outcomes. Three lab-work learning arrangements were compared via a randomized trial: *School only*, *SCOL only*, *SCOL & school*, and a control group. Relying on the EVT by Eccles and Wigfield (2002), we assessed state and trait components of motivation. Supporting the assumption that lab-work learning arrangements are quite conducive to student motivation, the findings indicated that the three lab-work conditions were quite successful in comparison with the waiting control group with regard to the state outcome measures. In fact, students in the lab-work conditions reported more positive state motivational outcomes than their counterparts in the control condition on all five state outcome measures. Furthermore, and also in line with our expectations, this difference was especially pronounced in the practical part of the treatment. The pattern of results was slightly different for the trait outcome measures, where we found positive effects of the lab-work conditions for two of the six outcomes. Moreover, the effects were found only in the SCOL conditions (*SCOL only* and *SCOL & school*).

Lab-Work Settings: Short-Term versus Long-Term Effects

The pattern of findings is in line with the assumption (Dohn, 2011; Eccles, 2005b; Krapp & Prenzel, 2011) that certain aspects of learning environments have a direct impact on state motivational measures. More specifically, students in all three intervention conditions reported more joy, higher situational interest, and situational competence beliefs and lower levels of anger and boredom, specifically during the practical phase of the intervention. Interestingly, with only one exception (higher situational competence beliefs in the *SCOL & school* condition than in the *School only* condition), we did not find any statistically significant differences between the *School only* condition and the other two lab-work conditions on the state motivational measures. This finding suggests that “what” students do is most important for their momentary experience of motivation, not “where” they do it: Doing lab work instead of engaging in regular learning units is more motivating, but the in-school versus out-of-school difference did not matter.

The pattern of findings was somewhat different with regard to the more trait-like measures, where we found fewer effects of the intervention conditions. In addition, the positive effects were restricted to the two conditions that included a SCOL visit. In general, it is well-known that positive momentary motivational states do not automatically translate into more stable effects; for instance, the person-object theory of motivation (Krapp, A. et al., 1992) distinguishes between four stages in the accumulation of interest as a stable personal feature (Hidi & Renninger, 2006). For this reason, the pattern of findings may not be all that surprising. However, it is interesting to see that both competence beliefs and cost were positively affected by the SCOL conditions. Competence beliefs are typically quite stable over time, at least when there is no change in the learning environment. The SCOL visit may have been experienced by a number of students as such a change.

A previous study (see Itzek-Greulich, Flunger et al., in press), which used the same data set and focused on achievement outcomes of lab-work environments, found positive effects in all interventions groups but particularly strong effects for the *SCOL & school* condition as well as the *School only* condition. In the present study, in turn, the effects on the trait motivation measures were somewhat weaker in the *School only* condition than in the two SCOL conditions. These effects point toward the possibility of differential effects in terms of achievement versus motiva-

tion: For achievement outcomes, it seems important to include the highly structured school element, whereas, for motivational change, a SCOL visit might be particularly important. Regarding inquiry-based learning, the 1-day course at the SCOL may be too short for formulating and implementing a complete science project that promotes the principles of scientific research. Especially for inquiry-based learning in a science class, continuity and sustainable development of learning is only given when the SCOL visit is thoroughly embedded in a triad of preparation, experimentation, and debriefing (Tal et al., 2005).

Practical Implications

There are several practical implications. Students' science achievement is likely to be improved by adding a wider range of experimental and methodological designs (Hausamann, 2012; Pawek, 2012) in a SCOL or school setting. This means that student motivation could be increased if teachers use a variety of science teaching methods to motivate the students (e.g., by requiring more psychomotor activity in student-driven experiments).

Teachers and SCOL scientists have different aims. Whereas teachers focus on effects on motivation and achievement that may be visible only after a longer stretch of time, scientists at the SCOL need to evoke immediate positive feedback to warrant the necessity of SCOLs. However, this may be detrimental to self-regulated learning and inquiry-based learning as it has been shown that both learning styles are positively related to achievement (Deci & Ryan, 1985; Domin, 1999).

The professional provenance of the scientists at the SCOL may have an impact on their teaching style. There is no certification, and *SCOL scientist* is not a separate professional group. SCOL scientists come from different careers: Some are science teachers, but most of them are scientists with no teaching experience. Therefore, further training for SCOL scientists is needed to strengthen the scientists' pedagogical competence and to ensure that students will have meaningful learning experiences with them. Also, a closer and longer-lasting cooperation between teachers and SCOL scientists would be fruitful for the integration of a SCOL into the school curriculum. In fact, teachers are not adequately prepared when they take their class to an out-of-school learning environment (Griffin & Symington, 1997).

Therefore, experimental project work at a SCOL can be seen as a supplement to a worthwhile STEM education. SCOLs can be especially useful for the arousal of interests; however, a SCOL visit needs to be closely tied to the school curriculum (Priemer, 2008). Also, there is considerable organizational planning required when visiting a SCOL, and this must be carefully thought out in reference to the expected gains in interest and achievement. Moreover, a SCOL visit may strain students by giving them many new experiences and challenges that have to be taken into consideration back at school.

Limitations

The present study contributes to research on emotions during a SCOL visit and the motivational outcomes of such a visit. The study compared three treatment groups, including a combined setting: the *SCOL & school* group. We also distinguished between state and trait components of emotions/values, interest, and perceived competence by using a large sample of school classes that were randomly assigned to the treatment conditions. At the same time, however, some limitations have to be addressed when interpreting the results.

First and most importantly, the extent to which our results generalize across different topics and different SCOLs is not clear. Of course, this is a limitation that applies to the majority of educational intervention studies, but there are typically a number of other studies with which to compare the results of a new study. Unfortunately, our study is the first large randomized controlled trial to include a *SCOL & school* condition and to use multiple indicators of student motivation, making such comparisons impossible. Given this dearth of research and its importance from a practical point of view, more studies are needed.

Second, in a related vein, standardizing the contents and the way the SCOL was embedded in the curriculum enabled an unbiased comparison of the different conditions. Another possibility would have been to use online media or to allow the teachers to decide how to handle the integration. Again, more research is needed to check for relative advantages and disadvantages.

Third, the intervention covered eight lessons and was therefore relatively short. Many curricular school units take more time than this. However, it is quite atypical to have SCOL lab units that last more than 8 hr, so this represents a setting with high ecological validity. It should also be noted that these 8 hr were enough to produce noticeably more positive feedback in all treatment groups when compared with the control group.

Fourth, SCOLs might be better at conveying practical/psychomotor skills and aspects that are not easily measured with paper-and-pencil achievement tests. For instance, research could use qualitative methods such as video analyses, for example, to investigate the collaborative and communicative processes of practical scientific work. However, the quantitative approach of our study was a premise for the multilevel analyses of the hierarchically structured data, and with a large sample size, the application of standardized tests was the most convenient approach for testing students' achievement.

Fifth, the teacher is familiar with the students and has the advantage of knowing how to present and teach contents didactically to make sure their students pick up the contents quickly, whereas scientists at SCOLs lack this knowledge, resulting in a "bias" toward the teachers (Howitt et al., 2009). However, in the study presented here, the conception of treatments, specifically the learning arrangements, are real teaching methods and therefore have a high practicability.

Sixth, a follow-up test could have shown whether the positive effects of a SCOL on perceived competence are longer-lasting or only short-lived, especially so because the development of interest in science topics is a long-term process.

Seventh, in our study, the typically better equipment at the SCOL did not play a role because the same experimental kits were given to the participating classes in the *School only* group to balance this usual SCOL advantage. However, the chosen topic had to be relatively easy so that all treatment groups could implement the intervention. A highly sophisticated experiment such as inheritance in DNA and genes (Dairianathan & Subramaniam, 2011) could not have been implemented with our study design.

Conclusion

We found positive effects of lab-work education on state and—although less pronounced—trait measures of motivation. Focusing on Science Center Outreach Labs, a topic that has been largely overlooked in the last few decades by researchers, our study highlights differential effects of the same interventions in terms of different outcomes. Because researchers only recently began to approach the many aspects of SCOL learning, a great deal of effort will have to be put into further research concerning the details of the settings and factors that enable students to make the best use of their interests and abilities.

4. Zusammenfassung

4.1. Überblick über die Publikationen

4.1.1. Studie 1

Fragestellung

Der Ansatz von Itzek-Greulich et al. (2014b), Studie 1, sah vor, die Effektivität von Science Center Outreach Labs (SCOLs) im Vergleich zu anderen Settings zu prüfen. Das Untersuchungsdesign ging über den bisherigen Ansatz eines bloßen Vergleichs von SCOL (*SCOL only*) und naturwissenschaftlichem Schulunterricht (*School only*) hinaus, indem es weitere Gruppen (*SCOL & school* und eine Kontrollgruppe) bildete und untersuchte. So wurden insgesamt vier Gruppen geschaffen, die jeweils unterschiedliche Rahmenbedingungen des Chemieunterrichts aufwiesen. Die *School only*-Gruppe folgte ausschließlich dem Klassenraum-Modell (naturwissenschaftlicher Unterricht an der Schule), bei der zweiten (*SCOL only*) erfolgte der Unterricht nur an dem außerschulischen Lernort „experimenta“, die dritte (*SCOL & school*) bekam beide Lernarrangements und die vierte diente als Kontrollgruppe. Lerninhalt war, entsprechend dem Bildungsplan des Landes Baden-Württemberg für das neunte Schuljahr, die Chemie von Stärke. Der Bezug zum Thema wurde anhand eines Zeitungsartikels zum Plastikmüll im Mittelmeer hergestellt, wobei Stärke aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften als eine natürlich, nachwachsende Lösung des Problems erscheint.

Methode

Die Gruppe, die sich ausschließlich dem SCOL-Besuch widmete (*SCOL only*, n=290), wurde einen kompletten Unterrichtstag (8 Stunden) von einer in Laborarbeit geschulten Kursleiterin unterrichtet. Es war beabsichtigt, dass die Schülerinnen und Schüler die chemischen Eigenschaften und Verwendung der Stärke und die wissenschaftlich experimentelle Methoden erlernen, wobei die Arbeit in Experimentiergruppen erfolgte. Die Anleitungen der Kursleiterin dienten als Leitfaden für die selbständige Laborarbeit an Stärke-Experimenten. Die gemischt-eingebundene unterrichtete Gruppe (*SCOL & school*, n=294) erhielt zwei Stunden Vor- und zwei Stunden Nachbereitung an der Schule, zwischen denen vier Stunden Laborarbeit im SCOL lagen. Gruppe drei (*School only*, n=310) wurde ausschließlich an der Schule unterrichtet, wobei deutsche Bildungsstandards sowie die Empfehlungen für den mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bereich zugrunde gelegt wurden. Vorgesehen war es, den Schülern sowohl wissenschaftliche Methoden als auch technische Kenntnisse zu vermitteln. Daher umfassten die Unterrichtseinheiten auch Experimente. Die Kontrollgruppe (n=238) erhielt keine Lerninhalte zur Chemie der Stärke. Jede Gruppe wurde vor und nach der Einheit zu dem ihr in Erinnerung gebliebenen Wissen befragt, unter Kontrolle von Geschlecht, Schulnoten und Vorwissen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass *School only* im Anschluss an die Lerneinheit die besten Ergebnisse aufwies (Durchschnittswert von $M = 0,54$), während *SCOL & school* mit $M = 0,49$ und die ausschließlich *SCOL only* mit $M = 0,34$ sowie die Kontrollgruppe ($M = 0,21$) schwächer abschnitten. Im Vergleich zur Kontrollgruppe (control) zeigten Lernende aller drei Treatmentgruppen (*SCOL only*, *SCOL & school*, *School only*) signifikant höhere Werte in der Lernleistung.

Diskussion

Nach Ansicht der Autoren ist die derzeitige Skepsis vieler Lehrerpersonen bezüglich der Laborbesuche von Klassen in Teilen bestätigt worden. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse die Notwendigkeit, Laborbesuche stärker in das schulische Lernen zu integrieren. Die Studie lieferte wertvolle Ergebnisse, wobei es jedoch wegen der beschränkten Reichweite und Thematik für eine Verallgemeinerung noch zu früh ist. Nach Ansicht der Autoren ist daher eine intensivere Forschung, die zusätzliche Variablen und Rahmenbedingungen einbezieht, notwendig. Zu berücksichtigen ist außerdem, dass die gesamte Maßnahme nur acht Unterrichtsstunden umfasste. Dies ist sicherlich für die vorliegende Unterscheidung der Gruppenergebnisse genügend, für eine längerfristige Wirkungseinschätzung jedoch unzureichend.

4.1.2. Studie 2

Fragestellung

Die zweite Studie (Itzek-Greulich, Flunger et al., in press), die ebenfalls die hier vorgestellte Intervention bei 9. Klassen zum Thema „Chemie der Stärke“ auswertete, diskutiert die Ergebnisse mit leicht abweichendem Fokus. Die Strukturierung erfolgt anhand der Frage, inwieweit außerschulische Laborbesuche tatsächlich nötig sind, wenn es um Wissensbereiche geht, die auch in der Schule vermittelt werden können.

Die Intervention, die aufgrund unterschiedlicher Frage- und Auswertungsbedingungen eine von der ersten Studie abweichende Teilnehmerzahl ($n=1287$) aufwies, musste sich für ihre Fragestellung auf das noch recht ungesicherte Terrain der Forschung zur Effizienz von Laborbesuchen begeben, zumal bisherigen Studien enge methodische Grenzen gesetzt waren und zudem eine gewisse Skepsis herrschte, inwieweit sich deren Ergebnisse verallgemeinern ließen (Hofstein & Kind, 2012). Aus diesem Grund nutzten die Autoren bei ihrer Recherche vor allem solche Studien, die ein innovatives wie auch komplexes Design aufweisen.

Externe Schülerlaborbesuche weisen im Vergleich zum herkömmlichen Schulunterricht eine Reihe von Unterschieden auf, die sich sowohl als Vor- als auch als Nachteile für konkrete Felder wie Schülermotivation und Schülerleistung bemerkbar machen können. Die Ergebnisse hierzu sind – wie auch die Methodik und die Forschungsfragen – uneinheitlich; Seybold et al. (2014) sowie Sturm and Bogner (2010) zeigen, dass selbständig durchgeführte Aktivitäten und Aufgaben, bspw. in Zoos oder naturwissenschaftlichen Museen, durchaus förderlich für die Schülerleistung sein können. Andererseits weist etliches darauf hin, dass der formale Schulunterricht Wissen besser vermittelt als unstrukturierte außerschulische Lerneinheiten (Randler et al., 2012). Diese Studien sind jedoch maximal im weiteren Kontext des außerschulischen Lernens von Bedeutung und können kaum auf die spezifische Situation von Schülerlaborbesuchen übertragen werden.

Methode

Die oben beschriebene Intervention, die sich auf dieses Thema konzentriert, ist einer der ersten Versuche, das Feld groß umfassend und systematisch zu bearbeiten. Gemessen wurden Schülerleistungen in den Wissensgebieten „kohlenhydratbezogenes Wissen“, „chemische Analyse“, „chemische Fachausdrücke“, „experimentbezogenes Wissen“ und „deklaratives Wissen“. Mit Ausnahme des kohlenhydratbezogenen Wissens (das wegen fehlender Vorkenntnisse nicht im Pretest abgefragt wurde), fand eine zweimalige Abfrage statt, um die Vortestleistungen kontrollieren zu können. Die Ergebnisse bestätigten die bereits in der ersten Studie beschriebenen Er-

kenntnisse, wonach die Gruppe mit reinem Schulunterricht in allen Fachbereichen am besten abschnitt und die gemischte Gruppe insgesamt gesehen die zweitstärkste war. Die Ergebnisse der fünf Fachbereiche korrelierten teils sehr schwach ($r = .06$), teils mittelstark ($r = .43$) miteinander.

Ergebnisse

Die Studie zeigte, dass die Ergebnisse sich weitestgehend im Rahmen der Erwartung befanden: Alle Gruppen, die von der Intervention betroffen waren, zeigten in nahezu allen Bereichen bessere Ergebnisse als die Kontrollgruppe. Eine Ausnahme bildete lediglich der Bereich „Chemische Analyse“.

Diskussion

Es ist aufgrund der Ergebnisse zu schlussfolgern, dass Schülerlaborbesuche nicht als alleinige Methode angewendet werden sollten, ein bestimmtes Fachwissen zu vermitteln, zumal die Gruppe mit ausschließlichem Laborbesuch die schwächste der drei von der Intervention betroffenen Gruppen war. Die Ergebnisse der Studie weisen wegen ihrer speziellen Ausrichtung nur wenige Vergleichsmöglichkeiten mit ähnlichen Forschungsvorhaben auf, daher kann die Reichweite der Verallgemeinerbarkeit nicht klar abgeschätzt werden. Dies gilt sowohl für den Umstand des Laborbesuchs wie auch für das Fachgebiet Chemie. So ist es durchaus plausibel anzunehmen, dass Schülerlaborbesuche je nach Kompetenzen und Inhalten stark unterschiedliche Wirkungen auf die individuellen Schülerleistungen ausüben. Festzuhalten bleibt zudem, dass die vorgenommene Intervention nur einen Weg unter vielen darstellt: So wäre der Schulunterricht auch mit Onlinemedien möglich oder könnte seine Inhalte stärker in den Ermessensspielraum der Lehrer verlagern.

Die Studie, die rein quantitativ angelegt war, und die den Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler lediglich mittels Fragebögen erfasste, könnte in Zukunft durch qualitative Studien ergänzt werden, die das Augenmerk bspw. auf eine Videoanalyse der Lerneinheiten richten oder die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler auch mittels einer praktischen Versuchsanordnung bzw. eines selbständigen Experimentaufbaus untersuchen. Des Weiteren könnte der Einfluss der Lehrervariablen, ihre Einstellungen und Überzeugungen berücksichtigt werden.

4.1.3. Studie 3

Fragestellung

Die Bedeutung von Motivation und von Emotionen bei außerschulischem Lernen ist wesentlich. Für den akademischen Gebrauch darf sicherlich nicht auf pauschale, vereinfachende Ursache-Wirkung-Beziehungen zurückgegriffen werden, da dies der Komplexität des Themas nicht gerecht werden würde. Aus diesem Grund kam es zur Entwicklung verschiedener Modelle, die auf eine Reihe von Faktoren zurückgreifen. Motivation gilt bei wissenschaftlichen Themen als einer der stärksten Indikatoren für spätere, leistungsbezogene Entscheidungen sowie auch für die Leistungen selbst (Wigfield et al., 2009). Eine weitere dritte Studie betrachtet daher diesen Aspekt. Interesse an Naturwissenschaften kommt insbesondere dann auf, wenn die im Unterricht behandelten Themen einen klaren Bezug haben, der eine Anwendung innerhalb der eigenen Lebenswelt erlaubt (Hoffmann, 2002; Stipek, 1996; Tytler, 2007). Derzeit herrscht noch ein Mangel an Gelegenheiten, die es Schülern erlauben würden, einen Bezug des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu seinem Alltagsleben herzustellen (Hofstein et al., 2010, p. 15).

Basistheorien

Die „person-object theory of interest“ unterscheidet zwischen zwei Arten von Interesse: dem situationalen und dem dispositionellen Interesse, das den Veranlagungen bzw. Neigungen des Individuums entspricht und somit längerfristig wirkt (Krapp, A. et al., 1992). Zwischen diesen beiden Arten von Interesse besteht eine Beziehung, da sich die Stimulation des situativen Interesses auch positiv auf das längerfristige Interesse auswirkt (Hidi & Renninger, 2006). Nach bisherigen Erkenntnissen deutet vieles darauf hin, dass die Arbeit in außerschulischen Laboren sowohl situationales als auch dispositionelles Interesse anregen kann, da die Schülerinnen und Schüler dabei über die Möglichkeit verfügen, mit professioneller Laborausrüstung zu arbeiten und sie von der Atmosphäre praktischer Forschung profitieren. Bezüglich beider Interessensarten liegen Studien vor (Brandt et al., 2008; Dairianathan & Subramaniam, 2011; Dohn, 2011; Gibson & Chase, 2002; Jarvis & Pell, 2005; Seybold et al., 2014). Basis für die Auswertung (Studie 3) bildet neben der oben beschriebenen person-object theory of interest auch die expectancy-value theory (EVT, Eccles et al., 1983), die persönliche Eigenschaften untersucht, wobei zwischen den relativ stabilen Merkmalen (Trait) und den jeweils variierenden, situativen Ausprägungen (State) unterschieden wird. Die EVT untersucht den Zusammenhang zwischen persönlichen Erwartungshaltungen zur eigenen Kompetenz und den Problemlösungsfähigkeiten. Der Theorie nach wird jeder Aufgabe ein gewisser Wert zugeschrieben, der jeweils mehrere Ausprägungen aufweist. Der intrinsische Aufgabenwert definiert die Freude bei der Erfüllung der Aufgabe. Der Nutzwert beschreibt die positiven Auswirkungen der Aufgabenerfüllung auf zukünftige Aufgaben und Ziele. Ein weiterer Aspekt besteht in der individuellen Bedeutung, die der Lösung der gestellten Aufgabe bzw. dem Erreichen von Zielen zugeschrieben wird („attainment value“). Als letztes spielen auch die „Kosten“ mit in den Aufgabenwert – sie bilden allerdings einen Faktor, der sich negativ auswirkt. Als Kosten lassen sich jene Anstrengungen und Aufwendungen beschreiben, die zur Lösung der Aufgabe nötig sind (Eccles et al., 1983). Die EVT-Theorie kann mit einem weiteren Ansatz, der control-value theory (Pekrun, 2006; Pekrun & Stephens, 2009), kombiniert werden. Diese beschäftigt sich mit Emotionen, die im Laufe von Aktivitäten wie der Arbeit oder dem Lernprozess entstehen und die einen positiven oder negativen Einfluss aufweisen. Für das Lernen sind insbesondere Freude, Ärger und Langeweile von Bedeutung (Pekrun, 1992).

Die Studie (Studie 3) war einerseits darauf ausgerichtet, die oben gezeigten Basistheorien sowie deren Kategoriensysteme auf die Schulintervention anzuwenden, andererseits sollten auch die Schwächen und Mängel bisheriger Untersuchungen vermieden werden. Hierunter fallen insbesondere deren geringer Umfang, etwa eine Stichprobengröße unterhalb von 400, und der Verzicht auf Kontrollgruppen oder zusätzliche Interventionsgruppen. Ein weiteres Problem für die Auswertung bestand in der mangelnden Vergleichbarkeit. So beschäftigte sich nur eine der bisherigen Studien mit dem Themen Chemie bzw. chemische Experimente (Brandt et al., 2008).

Method

Die Studie zur Motivation basierte auf folgender Methodik: Zunächst wurden 52 Klassen (Stufe 9) mit 14- und 15-jährigen Schülern zufällig in die vier Gruppen (nur Laboratorium, nur Schule, Kombination Schule/Labor und Kontrollgruppe) eingeteilt. Insgesamt beteiligten sich 1415 Schülerinnen und Schüler an der Maßnahme, wobei die Teilnahme freiwillig erfolgte und zudem eine Zustimmung der Schulleitung und der Eltern nötig war.

Danach wurde das Design der Studie (gleiche zeitliche Ausprägung, gleiche Unterrichtsinhalte) in diesen Klassen umgesetzt. Die Leistungsmotivation und Emotionen über eine vierstufige Likert-Skala abgefragt, mit der Zustimmung bzw. Ablehnung in unterschiedlicher Stärke ausgedrückt werden konnten. Untersucht wurden sowohl die State- (Freude, Ärger, Langeweile, situationales Interesse, Kompetenzerleben) wie auch die Trait-Variablen (Wertüberzeugungen, dispositionelles Interesse, Kompetenzerleben).

Ergebnisse

In allen drei von der Intervention betroffenen Gruppen zeigte sich ein höheres emotionales Feedback als in der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse wiesen darauf hin, dass die Leistungen derjenigen Schülerinnen und Schüler, die in gemischten Lernumgebungen (sowohl Schulunterricht als auch SCOL) und die klassisch (ausschließlich im Schulunterricht) unterrichteten Schülerinnen und Schüler höhere wahrgenommene Werte assoziieren als die anderen beiden Gruppen. Schülerinnen und Schüler mit ausschließlichem Schulunterricht äußerten mehr Freude beim theoretischen Unterricht, zeigten aber weniger Kompetenzerfahrungen bei praktischen Aufgaben als die Schüler, die in der gemischten Gruppe waren. Auch hielten die Schülerinnen und Schüler in der reinen Schulunterrichtsgruppe den Aufwand (die Kosten) für höher und ihre eigene Kompetenz für niedriger als solche der gemischten Gruppe. Im Vergleich zwischen der reinen Schülerlabor- und der reinen Schulunterrichtsgruppe zeigte sich bei letztgenannter Gruppe eine signifikant niedrigere Kompetenzeinschätzung bei Praxisaufgaben, ebenso ein signifikant niedrigerer Glaube an die eigene Kompetenz an sich (Trait).

Diskussion

Mit diesen Ergebnissen verbunden ist die Feststellung, ob Laborbesuche, verglichen mit dem Unterricht im Klassenraum, über je eigene Vor- und Nachteile im Bereich der Schülermotivation verfügen. So scheint bei der Arbeit im Labor der theoretische Unterricht, bei der Arbeit in der Schule dagegen die Praxisorientierung nur ungenügend ausgeprägt zu sein. Es sollte über Wege nachgedacht werden, wie der zu erwartende individuelle Aufwand bei der praktischen Arbeit in der Schule gesenkt und das Vertrauen der Schülerinnen und Schüler an die eigenen Kompetenzen gestärkt werden können. Das stärkere Abschneiden der Schülerlaborgruppe im Bereich unmittelbarer praktischer Aufgabenkompetenz darf jedoch nicht zur Annahme verleiten, dies würde quasi automatisch dem Verständnis der zugrundeliegenden wissenschaftlichen Methoden zugutekommen und eine eingehendere Reflektion der angewendeten Praktiken nach sich ziehen (Abrahams & Millar, 2008; Hart et al., 2000).

Ein Faktor, der bei der Interpretation der Ergebnisse zwar nicht geprüft wurde, aber zweifellos eine Wirkung auf die Motivation entfaltete, war die jeweilige individuelle Gestaltung von Schulunterricht und Laborarbeit bzw. die Art der Integration beider Unterrichtsarrangements. Dieser Faktor basiert auf der Persönlichkeit der Lehrperson, der Gestaltung der Lerneinheit sowie auf der gezielten Einbindung des Laborbesuchs in den weiteren Kontext des Unterrichts, also dessen Vorbereitung und den zugehörigen Reflektionen und Nachbesprechungen.

4.2. Möglichkeiten und Grenzen der derzeitigen Forschung

Schulische wie außerschulische Lernvorgänge sind äußerst komplexe Prozesse, die zahlreichen individuellen Bedingungen und äußerlichen Rahmenvorgaben unterliegen. Erschwert wird die Situation auch dadurch, dass zwischen den Faktoren möglicherweise umfassende Wechselwirkungen existieren, die darüber hinaus noch mit Dynamiken wie situativer Motivation oder längerfristigen Interessen der Lernenden interagieren. Aus diesem Grund kann die diesbezügliche Forschung immer nur versuchen, Teilaspekte abzudecken und Störfaktoren zu eliminieren, während übergreifende, allgemeine Aussagen nur mit äußerster Vorsicht formuliert werden sollten.

Schülerlabore, wie seit Anfang des Jahrtausends in Deutschland gegründet, wurden von Anfang an durch eine begleitende Forschung untersucht. Diese wiesen jedoch unterschiedlichste Schwerpunkte auf, was einerseits positiv im Sinne einer Ausprägung einer allgemeinen Wissenschaftslandschaft ist, andererseits aber Vergleiche erschwert und Nachfolgestudien zur intensiveren Behandlung einzelner Themengebiete nötig macht.

Die Ergebnisse zur Effektivität der SCOL-Interventionen legen eine Reihe von Schlüssen nahe, werfen aber auch neue Fragen auf und deuten somit auf weiteren Forschungsbedarf hin.

Die Einbindung von SCOL in den Unterricht. In Studie 1, Studie 2 und Studie 3 wiesen die alleinigen SCOL-Unterrichtsmaßnahmen deutliche Schwächen gegenüber dem gemischten Ansatz sowie dem alleinigen Schulunterricht auf. Dies deutet darauf hin, dass ein Schülerlaborbesuch keinesfalls als Ersatz zum herkömmlichen Unterricht gesehen werden sollte, sondern eine ergänzende Maßnahme darstellt. In eine ähnliche Richtung geht auch ein weiteres Ergebnis der Studien: Schülerlaborbesuche entfalten eher dann eine gute Wirkung auf die Schülerleistung und Motivation, wenn sie in angemessener Weise in den Schulunterricht eingebettet werden. Dies setzt eine Sensibilisierung der Lehrkräfte sowie eine ausreichende Vor- und Nachbereitung im Unterricht voraus.

Obwohl ein großer Teil des komplexen Forschungsfeldes der Wissensvermittlung und der Motivationsförderung außerhalb der Schule noch nicht ausreichend fundiert ist, können schon erste, vorsichtige Schlussfolgerungen gezogen werden. Hierzu gehört – neben der Forderung nach weiteren, systematischen Studien – insbesondere die Feststellung, dass SCOL-Besuche nicht als isolierte Maßnahme durchgeführt werden sollten. Ein Schlüssel für die erfolgreiche Anwendung solcher Besuche scheint in der gelungenen Integration von schulischem und außerschulischem Lernen zu liegen. Dies erfordert ggf. Anpassungsleistungen auf beiden Seiten; Die Lehrkräfte sollten sich mit dem Gedanken einer Exkursion und einer Laborarbeit anfreunden und dies gezielt in ihre Unterrichtsplanung einbeziehen. Auf der anderen Seite ist es auch bei Mitarbeitern des Schülerlabors nötig, ihren Horizont zu erweitern und ihr Fachwissen durch pädagogische Kenntnisse zu ergänzen. Dies kann bspw. durch einen direkten Kontakt zwischen Lehrern und Wissenschaftlern, der die Festlegung gemeinsamer Standards umfasst, ermöglicht werden (Studie 2). Einige Studien zeigen, dass Lehrkräfte außerschulischen Lernorten mitunter nicht offen genug gegenüberstehen und teils nicht über die nötigen Hintergrundinformationen verfügen (Tal et al., 2005).

Aus diesem Grund erscheint ein spezielles Training für die Gruppe der Lehrkräfte angemessen (Kisiel, 2013c). Umgekehrt kann auch ein pädagogisches Training für Schülerlaborwissenschaftler sinnvoll sein, wenn diese den Schülern die Materialien und Versuchsanordnungen zeigen sollen. Die unterschiedliche Herangehensweise von Lehrkräften und Wissenschaftlern erklärt

sich auch dadurch, dass die Ausbildung und die Zielsetzungen beider Gruppen teils voneinander abweichen; Während es Lehrkräften darum geht, eine längerfristige Motivation im Unterricht aufzubauen, steht Wissenschaftlern in der Regel nur der seltene Besuch von Schülergruppen zur Verfügung, bei dem in relativ kurzem Zeitraum Interesse geweckt und Motivation stimuliert und Wissen aufgebaut werden soll.

SCOL als Impuls für praxisnahen, innovativen Unterricht. Die Effekte außerschulischen Lernens lassen sich nicht nur auf die Motivation und das Interesse der Schülerinnen und Schüler beziehen, sondern wirken weit darüber hinaus auch auf andere Bereiche: So kann außerschulisches Lernen zur Verbesserung fachlicher Konzepte sowie der Integration innovativer Lehr-Lernkonzeptionen in den Unterricht beitragen. Die Schüler lernen darüber hinaus die Durchführung praktischer und wirklichkeitsnaher Arbeiten kennen, erhalten Zugang zu Forschungsausrüstung und Forschungsmaterialien und erleben die Arbeitsatmosphäre im Labor aus erster Hand. Dadurch kann auch ein positiver Einfluss auf die längerfristige Einstellung gegenüber den Naturwissenschaften allgemein ausgeübt werden, wodurch weiteres Lernen angeregt wird. Die soziale Komponente der Arbeit entfaltet ebenfalls eine Wirkung und trägt zu Kooperation und zur Übernahme von Eigenverantwortung beim Lernprozess bei (Braund & Reiss, 2006).

Je mehr es gelingt, psychomotorische Aktivitäten und experimentelle Versuche in den Unterricht zu integrieren, je größer die Anzahl der vorgestellten und eingesetzten Methoden ist, umso günstiger wird die Gesamtwirkung auf die Motivation ausfallen (Studie 3). Erwartungsgemäß dürfte damit auch eine Steigerung der Schülerleistungen verbunden sein.

Jedoch ist auf jeden Fall zu beachten, dass bereits die Neuartigkeit der Laborarbeit, die unbekannte Umgebung und Ausrüstung einen Teil der Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler beanspruchen (Meissner & Bogner, 2012). Dies geht möglicherweise auf Kosten des inhaltlichen Lerneffekts. Demgegenüber steht allerdings der positive Effekt auf das wissenschaftliche Interesse, der längerfristig wirkt und daher auch empirisch weitaus schwieriger nachzuweisen ist (Studie 1, Studie 2). Um die hier vorgestellten, ersten, noch sehr speziellen Ergebnisse auf eine breitere Basis zu stellen und umfassend überprüfen zu können, sind allerdings weitere Studien mit ähnlichem Inhalt und ähnlichem Design nötig.

Den bisherigen Ergebnissen zur außerschulischen Lern- und Motivationseffekten steht eine Reihe von Hürden gegenüber, die den Erkenntnisfortschritt hemmen:

1. Aufgrund der Heterogenität der Bildungspläne, der beteiligten Lehrpersonen und Laborwissenschaftler (Kursleiter), des Ermessensspielraumes bei der Unterrichtsgestaltung und wegen unterschiedlicher konkreter Umsetzung und Einbindung in den Unterricht existiert keine gemeinsame Basis. Dort, wo eine unzureichende Einbindung des außerschulischen Lernorts in den Unterricht vorherrscht oder wo es nicht gelingt, einen glaubwürdigen Praxisbezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler herzustellen, wird der Besuch eines Labors lediglich als isolierter „Ausflug“ wahrgenommen. Während bereits für den deutschen Raum keine standardisierte Herangehensweise für die Forschung existiert, so dürfte dieses Problem bei internationalen Vergleichen noch weitaus größer sein und eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse weiter erschweren.

2. Damit verbunden ist die Problematik, dass die wissenschaftliche Begleitung der Projekte jeweils nur einzelne, isolierte Schwerpunkte innerhalb des weit gefassten Forschungsfeldes untersuchen kann. Einige der bisher vorliegenden Studien werden aber auch dieser begrenzten Aufgabe kaum gerecht, da sie keine Informationen über die konkrete Durchführung der Exkursionen beinhalten, sie eine nur geringe Stichprobengröße an beteiligten Schülern bzw. Klassen aufweisen, ohne Randomisierung oder Kontrollgruppe arbeiten oder die unterschiedlichen Datenebenen nur einseitig auswerten.
3. Eine gemeinsame Basis der Forschung ist nur insofern gegeben, wenn diese sich auf einheitliche Konstrukte festlegt. Ein solches Vorhaben stößt jedoch bereits bei grundlegenden Begriffen wie „Lernen“, „Interesse“ und „Motivation“ auf Probleme, da mehrere Modelle mit je eigenem Fokus existieren und sich als theoretische Basis für die empirische Forschung heranziehen lassen. Fehlt die Gemeinsamkeit der Begriffe und Konstrukte, so werden dadurch widersprüchliche Ergebnisse begünstigt.
4. Auch die Motivationsforschung als Grundlage der empirischen Forschung zu außerschulischem Lernen kann keineswegs als abgeschlossen gelten. So wäre zunächst zu klären, auf welche Weise die unterschiedlichen Komponenten von Motivation definiert werden können und wie sie interagieren.
5. Ungleich schwieriger wird es, wenn erst Indikatoren gefunden werden müssen, die eine Einschätzung der zahlreichen „weichen“ Faktoren – etwa, welche Bedeutung der Laborbesuch für die Lehrkraft aufweist, wie der konkrete Ablauf der Exkursion gestaltet wird, in welcher Weise selbständig gearbeitet und experimentiert wird oder wie sich die Laborarbeit auf die psychomotorischen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Hier wäre zweifellos ein größerer Beitrag seitens der qualitativen Forschung sinnvoll.
6. Die zumeist enge zeitliche Ausrichtung der Untersuchung erschwert es, längerfristige Folgewirkungen einschätzen zu können. Obwohl erste Ergebnisse Anlass zu vorsichtigem Optimismus zu den Motivationseffekten von außerschulischem Lernen geben, ist ein konkreter Nachweis der Wirkungsmechanismen, der in der Forschung allgemeine Zustimmung finden würde, offenbar noch in weiter Ferne. Dies gilt auch in geringerem Maße für die lernförderlichen Rahmenbedingungen, zu denen lediglich einige plausible Skizzen existieren.

5. Fazit und Ausblick

Aufgrund der Vielfalt sowohl des Unterrichts in Laboren wie auch der Ausrichtung der Forschung sind derzeit keine einheitlichen Ergebnisse, geschweige denn klare, richtungsweisende Aussagen und detaillierte Handlungsempfehlungen für die Gestaltung der Laborbesuche zu erwarten, die über die Forderung nach verbesserter Einbindung in das Curriculum hinausgehen. Auch nach mehr als zehnjähriger wissenschaftlicher Beschäftigung mit dem Thema ist davon auszugehen, dass sich die Forschung noch in einer sehr frühen Phase befindet, in der das Feld als solches erst etabliert werden muss, und in der die Grenzen zu den Nachbargebieten abgesteckt werden. Bis jetzt stellt die Aussage, außerschulisches Lernen unterstützt die langfristige Motivation der Schülerinnen und Schüler und fördert eine positive Einstellung zu den Naturwissenschaften, kaum mehr ein plausibles Argument dar, deren Überprüfung erst durch zukünftige, längsschnittliche Forschung ermöglicht wird.

Deutschland verfügt im Vergleich zu anderen europäischen Ländern über ein breites und flächendeckendes Angebot an außerschulischen MINT-Angeboten (Dähnhardt, 2009). Um die Effizienz der außerschulischen Angebote weiter auszubauen, sollten Vernetzungen und Verzahnungen mit den schulischen Aktivitäten und Lehrinhalten stattfinden. Empfohlen wird, dass sich die außerschulischen Bildungsträger auf eine gemeinsame Leitlinie von aufeinander bezogenen Inhalten und einander ergänzenden Lernformen verständigen, indem sie Programme und Initiativen koordinieren und absprechen, ein kontinuierliches Bildungsangebot über alle Altersstufen sicherstellen und für eine Anschlussfähigkeit an die schulischen Bildungsinhalte sorgen. Empirische Studien haben herausgefunden, dass die Lernerfolge von Schülern von verschiedenen Faktoren abhängen (Helmke, 2009; Helmke & Weinert, 1997).

Von großer Bedeutung sind das kompetente Handeln und die Professionalität der Lehrpersonen (siehe z.B. Lipowsky, 2006; Shulman, 1991). Eine Gemeinsamkeit der Lerngruppe „Einbindung“ (*SCOL & school*) und der Lerngruppe Schule (*School only*) ist, dass beide Gruppen Unterricht durch Lehrer erhalten. Am Schülerlabor hingegen arbeiten schwerpunktmäßig Fachwissenschaftler. Alle Schülerinnen und Schüler dieser Studie treten mit Vorwissen, Vorerfahrungen und einem Bestand an Kompetenzen in die Lernumgebung des Schülerlabors ein. Sie verlassen diese Lernumgebung im besten Fall mit mehr Wissen, mehr Können und erweiterten und verbesserten Kompetenzen. Die Ergebnis der vorliegenden Studie kommt bei der Verknüpfung des Lernens im außerschulischen SCOL und den Vorerfahrungen der Schüler zum Tragen, denn starke Auswirkungen auf das Lernen haben ständige Rückmeldungen, direkte Instruktionen, konsequente Klassenführung („Classroom-Management“), kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung (vgl. hierzu: Voss et al. 2014) und regelmäßige Leistungsüberprüfungen, welche nur über einen kontinuierlichen Zeitraum von den Lehrpersonen aufgebaut werden kann. Den Schluss, den man aus diesen Ergebnissen ziehen könnte, ist, dass eine engere Vernetzung von Lehrern und unterrichtenden Fachwissenschaftlern hinsichtlich didaktischer Inhalte wünschenswert wäre, um zum Ziele eines nachhaltigeren Lernzuwachses an Schülerlaboren synergetische Effekte zu erzielen.

5.1. Vorschlag für Folgestudie

5.1.1. Experimenteller Fähigkeitenenerwerb (Practical Skills)

Die Erfahrung zeigt, dass in Schülerlaborkursen Schülerinnen und Schüler ausgiebig experimentelle Erfahrungen sammeln können und die Förderung von Inquiry Skills (die Fähigkeit zur Durchführung von naturwissenschaftlichen Untersuchungen) und Practical Skills (praktische Ausführung von Arbeitstechniken) im Vordergrund steht. Ein Defizit ist im Bereich der Vermittlung von naturwissenschaftlicher Lernleistung (siehe Studie 2, *SCOL only* Bedingung) zu verzeichnen. Es stellt sich nun die Frage, ob durch die ausschließlich quantitative Befragung alle Facetten dieser beiden Kompetenzen erfasst werden konnten, denn nur schwache Korrelationen zwischen dem erfolgreichen Experimentieren und den Ergebnissen von Paper & Pencil-Tests konnte Tamir (1990) berichten. Die vielfältigen Intentionen und Dimensionen (Lazarowitz & Tamir, 1994), die für das experimentelle Arbeiten im Labor beschrieben wurden, stellen eine eindimensionale Erhebung der Outcomes in Form eines Paper & Pencil-Tests in Frage. Dieser Ausgangspunkt stellt aufgrund der handlungsorientierten Ausrichtung einen veränderten Leistungsanspruch (Roberts & Gott. R., 2004) an die Lernenden und fordert in Folge dessen ein korrespondierendes Testverfahren. Ein Beispiel einer praktisch-orientierten Testaufgabe (Performance Assessment) ist der In Abbildung 2 zu entnehmen, welche für eine Folgestudie eingesetzt werden könnte.

Hierbei könnten sich nach dem Mixed-Method-Ansatz qualitative und quantitative Elemente sich ergänzen. Die Lernenden könnten bei der Durchführung der praktischen Arbeit videographiert werden ergänzt durch die schriftlichen Leistungen der Lernenden. Zur Auswertung dieser Beispielaufgabe sollten direkte Beobachtungen von Handlungen kodiert und kategorisiert werden. Für die Auswertung von Schülerprotokollen sollte zuvor ein Punktesystem (ähnlich wie in einer Klassenarbeit) in Bezug auf die zu erwartenden Schülerleistung Tabelle 6 festgelegt werden.

Beispiel einer experimentellen Aufgabe

Experimentelle Aufgabenstellung:

Ein Auszubildender im Chemielabor füllt für den nächsten Tag Glucoselösung, Fructoselösung, Stärkelösung und Wasser ab. Später stellt er fest, dass er die Etiketten der vier Flaschen vergessen hat. Nach kurzer Überlegung findet er einen Weg, mit Hilfe von Nachweisreaktionen die Lösungen zu identifizieren. Beachte die Sicherheitsbestimmungen bei der Durchführung der Versuche.



Löse die Aufgabe mit möglichst wenigen Analyseschritten!

Chemikalien: Reagenzien in Tropfflaschen:

Fehlingsche Lösung 1, Fehlingsche Lösung 2, Iod-Kaliumiodid-Lösung (frisch), 5%ige Resorcinlösung in Ethanol

10%ige Salzsäure

Geräte:

1 Reagenzglasgestell, 8 Reagenzgläser, 1 Reagenzglashalter, 2 Stopfen, 1 Becherglas 250ml, 1 Thermometer, 1 Heizquelle, Siedesteinchen, Schutzbrille

Aufgabenstellung:

2.1 Entwickle einen geeigneten Untersuchungsplan zur Identifizierung der Lösungen.

2.2 Überprüfe experimentell deinen Untersuchungsplan und notiere die Beobachtungen.

2.3 Beschrifte die Flaschen nach deinen Beobachtungen folgerichtig und entsorge fachgerecht. Begründe deine Entscheidungen.

2.4 Informiere dich über die Anwendungsgebiete/Einsatzmöglichkeiten der Stärke. Erstelle eine Mind-Map.

Abbildung 2: Experimentelle Aufgabenstellung (Nachweisreaktionen von Kohlenhydraten)

In Abbildung 2 wird eine Aufgabe vorgestellt, welche aus dem eingesetzten Paper und Pencil Test (siehe Anlage 8) entnommen wurde und als ein Beispiel für eine praktisch-orientierte Aufgabenstellung dienen könnte. Tabelle 6 kann der Erwartungshorizont in Bezug auf diese Aufgabe entnommen werden.

Erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
		F	E	K	B
Erstellen eines Untersuchungsplans: I. Flaschen durchnummerieren II. Nachweisreaktionen in logischer Reihenfolge durchführen Versuchsablauf: 1. Mit allen vier Lösung Fehling-Probe durchführen a. Glucose/ Fructoselösung (Monosaccharid mit reduzierende Gruppe) b. Stärkelösung/Wasser (keine reduzierende funktionelle Gruppe) (Vier Versuchsschritte) III. Differenzierung der experimentellen Lösung aus 1.) a. mit beiden Lösungen (Fehling-Probe positiv): Seliwanoff-Probe durchführen (2 Versuchsschritte) b. mit beiden Lösungen (b. Fehling-Probe negativ) Stärkenachweis mit Lugolscher Lösung durchführen (2 Versuchsschritte)	III	1.1 2.1	1 2	8	
Exaktes Experimentieren unter Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften und Beobachten: – Beobachtungen: 1. (Glucoselösung): Seliwanoff-Probe verlief negativ (kein Farbumschlag); Fehling-Probe verlief positive (rot-braun Färbung) 2. (Fructoselösung): Seliwanoff-Probe verläuft positiv (Rotfärbung); Fehling-Probe verläuft positiv (rot-Braun-Färbung, Kuper fällt aus) 3. (Stärkelösung): Stärkenachweis mit Lugolscher Lösung positiv: dunkelviolette Färbung 4. (Wasser): keine Verfärbung mit der Lugolschen Lösung, (Eigenfarbe bleibt erhalten)	II	1.1 2.1	3 4 5 6	2 6	3
Beschriften der Flaschen und Entsorgung der Chemikalien	II	2.1 2.2 2.3	6 8	4	3

Tabelle 6 erwartete Schülerleistung unter Angabe der Anforderungsbereiche und Standards (vgl. KMK Standards)

5.1.2. Effektive Lehrerfortbildung für außerschulische Lernorte des naturwissenschaftlichen Unterrichts?

„Settings außerschulischer Lernorte für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht stehen im Fokus der empirischen Bildungsforschung (White, 1996). Es existieren Befunde zur Steigerung der Lernleistung (Itzek-Greulich et al., 2014b) und vor allem der Motivation (im Überblick: Priemer & Pawek, 2014) der Lernenden. Als effektiv hat sich die „Einbindung“ außerschulischer Lernorte in den Schulunterricht erwiesen (Itzek-Greulich & Schwarzer, 2015). Für das Unterrichtsfach Chemie konzentrieren sich eingebundene Settings vorwiegend auf die Integration von Schülerlaborbesuchen in den Chemieunterricht (Itzek-Greulich, Flunger et al., in press, Itzek-Greulich et al., 2014a, Itzek-Greulich et al., 2014b) Durch die Einbindung kommt den Lehrkräften eine Schlüsselrolle zu: Sie müssen die Schülerinnen und Schüler adäquat auf den Erwerb experimenteller Fähigkeiten (Inquiry Skills) im außerschulischen Schülerlabor vorbereiten. In Fortbildungsmaßnahmen dieser Lehrkräfte stehen daher deren eigene Inquiry Skills im Fokus. Befunde zum Beliefsystem bei Lehrkräften zeigen, dass ihre Beliefs zum Thema Scientific Inquiry einen Effekt auf die Qualität der Schülerleistungen haben (Chinn & Malhotra, 2002; Hofer, 2001). Offen ist, ob dies auch für die Inquiry Skills von Lehrkräften gilt und ob ein Zugewinn an Inquiry Skills bei Lehrkräften positiv auf die Schülermotivation und -leistung wirkt (Harlen, 1999). Da (eingebundene) Schülerlabore auf diese Wirkkette abzielen, stellt sich die Frage, ob Fortbildungsmaßnahmen, die Inquiry Skills bei Lehrkräften explizit fördern, eine positive Wirkung auf die Motivation und Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler haben, die in eingebundenen Settings lernen“ (vgl. Rehm, Dörfler, Vogel, & Vollmer, 2014, p. 2).

Mögliche Forschungsfragen und Forschungsmethodik

“Fragestellungen einer möglichen Folgestudie: Welche Effekte haben Fortbildungen von Chemielehrkräften (mit und ohne Förderung von Inquiry Skills) auf (a) die Motivation und (b) die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern, die von den fortgebildeten Lehrkräften auf ein eingebundenes außerschulisches Setting (Chemie-Schülerlabor) vor- und nachbereitet werden?

Methode/Design Vorschlag: Zwei Treatmentgruppen (Fortbildung mit und ohne Laborpraxis) und eine Kontrollgruppe (keine Fortbildung) könnten in einem Pre-, Post-, Follow-Up-Design untersucht. Es könnten Daten mit strukturierten Fragebögen auf Schülerebene (a) und auf Lehrerebene (Beliefs zu Inquiry) und IRT-skalierten Leistungstests (b) erhoben werden. Um die Schachtelung der Schülerdaten adäquat zu berücksichtigen, wären mehrebenenanalytische Verfahren zur Datenauswertung denkbar. Auf der Schülerebene werden vor der Intervention eine Reihe von Kovariaten modelliert (z.B. Ausgangsleistung, Motivation). Ziel wäre es eine hohe Teststärke für die auf der Klassenebene modellierte Intervention zu erreichen. Wir erwarten mittlere Effekte auf der Klassenebene. Hierzu könnte eine randomisiert auf die Experimentalgruppen aufgeteilte Stichprobe von ca. 60 Schulklassen der gleichen Jahrgangsstufe mit gleichem Unterrichtsthema gewählt werden“ (vgl. Rehm et al., 2014, p. 3).

Literaturverzeichnis

- AAAS. (1989). *Science for all Americans: A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- AAAS Project 2061. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York.
- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education, 30*, 1945–1969.
- acatech. (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften . Ergebnisbericht [young researchers' barometer for technical sciences. Report]*. München/Düsseldorf.
- Anderson, D., & Lucas, K. B. (1997). The effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior to visitation. *Research in Science Education, 27*, 485–495.
- Anderson, D., Lucas, K. B., & Ginns, I. S. (2000). Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities. *Science Education, 84*, 658–680.
- Andrés, S. H., Steffen, K., & Ben, J. (2010). *TALIS 2008 technical report*. Paris: OECD, Teaching and Learning International Survey.
- Arbuckle, L. (1996). Full information estimation in the presence of incomplete data. In G. A. Marcoulides & R. E. Schumacker (Eds.), *Advanced structural equation modeling* (pp. 243–277). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Aufschnaiter, C. v., Dudzinska, M., Hauenschild, S., & Rode, H. (2007). Lernprozesse im Schülerlabor anregen und evaluieren. Eine Untersuchung im TechLab der Universität Hannover. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 60*(3), 132–139.
- Aufschnaiter, C. v., & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 95–114.
- Bader, H. J., & Schmidkunz, H. (2002). Das Experiment im Chemieunterricht. In P. Pfeifer (Ed.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie* (3rd ed., pp. 292–327). München: Oldenbourg.
- Bady, R. J. (1979). Students' Understanding of the Logic of Hypothesis Testing. *Journal of Research in Science Teaching, 16*, 61–65.
- Basey, J. M., & Francis, C. D. (2011). Design of inquiry-oriented science labs: impacts on students' attitudes. *Research in Science & Technological Education, 29*, 241–255.
- Baumert, J., Bos, W., & Lehmann, R. (Eds.). (2000). *TIMSS-III: Vol. 1. Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., & Stanat, P. (2001). *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., & Rainer, L. (1997). *TIMSS--Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich: Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske & Budrich.
- Beaton, A. E. (1996). *Mathematics achievement in the middle school years: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: TIMSS International Study Center, Boston College.
- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A., & Kelly, D. L. (1996). *Science achievement in the middle school years: IEA's third international mathematics and science study*

- (TIMSS). Chestnut Hill, MA: Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy, Boston College.
- Bell, P. (2004). *The school science laboratory: Considerations of learning, technology, and scientific practice*.
- Bitgood, S. (1993). Putting the horse before the cart: a conceptual analysis of educational exhibits. In S. Bicknell & G. Farmelo (Eds.), *Museum visitor studies in the 90s* (pp. 133–139). London: Science Museum.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94, 577–616.
- Bolstad, R., Bull, A., Carson, S., Gilbert, J., & MacIntyre, B. (2013). *Strengthening engagements between schools and the science community: Final report*. Wellington: New Zealand Council for Educational Research.
- Brandt, A. (2005). *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors [Advancement of motivation and interest in outreach science labs]*. Göttingen: Cuvillier.
- Brandt, A., Möller, J., & Kohse-Höinghaus, K. (2008). Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? [What's the effect of science laboratories?]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22, 5–12.
- Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a More Authentic Science Curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373–1388.
- Brönstrup, H. (2007). *Wege zu selbstreguliertem Lernen: Beispiele aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (1. Aufl.). *Programm Sinus-Transfer*. Stuttgart, Leipzig: Klett.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (2010). *Kompetenzen in einer digital geprägten Kultur. Medienbildung für die Persönlichkeitsentwicklung, für die gesellschaftliche Teilhabe und für die Entwicklung von Ausbildungs- und Erwerbsfähigkeit*. Berlin: BMBF.
- Butz, W. P. (2004). *Will the scientific and technical workforce meet the requirements of the federal government?* Santa Monica, CA: RAND.
- Carey, S. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': a study understanding of the construction of scientific knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 11, 514–529.
- Chen, F. F. (2007). Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 14, 464–504.
- Cheung, G. W., & Rensvold, R. B. (2002). Evaluating goodness-of-fit indexes for testing measurement invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 9, 233–255.
- Chi, Michelene T. H., Slotka, J. D., & Leeuw, N. de. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27–43.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175–218.
- Committee on Prospering in the Global Economy of the 21st Century. (2007). *Rising above the gathering storm: Energizing and employing america for a brighter economic future*. Washington: National Academies Press.

- Cox-Petersen, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, J., & Melber, L. M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*, 200–218.
- Dähnhardt, D. (Ed.). (2009). *Kursbuch 2010: Schülerlabore in Deutschland* (1. Aufl.). Marburg: Tectum-Verl.
- Dähnhardt, D., Sommer, K., & Euler, M. (2007). Lust auf Naturwissenschaft und Technik. Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, *18*(99), 4–10.
- Dairianathan, A., & Subramaniam, R. (2011). Learning about inheritance in an out-of-school setting. *International Journal of Science Education*, *33*, 1079–1108.
- Daniels, Z. (2008). *Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter [development of educational interest adolescence]*. *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Vol. 69*. Münster, München u.a: Waxmann.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Delhaxhe, A. (Ed.). (2011). *Science education in Europe: National policies, practices and research*. Brussels, [Belgium], [Luxembourg]: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency; Publications Office [of the European Union].
- Demuth, R. (Ed.). (2008). *Chemie im Kontext: Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- DeWitt, J., & Osborne, J. (2007). Supporting teachers on science-focused school trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, *29*, 685–710.
- DeWitt, J., & Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, *11*, 181–197.
- Ditton, H. (1998). *Mehrebenenanalyse: Grundlagen und Anwendungen des Hierarchisch Linearen Modells*: Juventa-Verlag.
- Dohn, N. B. (2011). Situational interest of high school students who visit an aquarium. *Science Education*, *95*, 337–357.
- Doll, J., & Prenzel, M. (2001). Das DFG-Schwerpunktprogramm Bildungsqualität von Schule (BIQUA). In E. Klieme & J. Baumert (Eds.), *TIMSS: Impulse für Schule und Unterricht* (pp. 99–103). Bonn.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Chemical Education Research*, *76*, 543–547.
- Dubs, R. (2002). Science Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & Evans. R. (Eds.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 69–82). Opladen: Leske + Budrich.
- Duit, R. (1995). Preconceptions and Misconceptions. In T. Husén (Ed.), *The international encyclopedia of education* (pp. 4648–4652). Oxford: Pergamon.
- Eccles, J. S. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives: Psychological and sociological approaches* (pp. 75–146). San Francisco: Freeman.

- Eccles, J. S. (2005a). Subjective Task Value and the Eccles et al. Model of Achievement-Related Choices. In A. J. Elliot & Dweck, C.S. (Eds.), *Handbook of Competence and Motivation* (pp. 105–121). New York: The Guilford Press.
- Eccles, J. S. (2005b). Subjective task values and the Eccles et al. model of achievement related choices. In A. J. Elliot & C. S. Dweck (Eds.), *Handbook of Competence and Motivation* (pp. 105–121). Guilford Press.
- Eccles, J. S., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives* (pp. 74–146). San Francisco, CA: W. H. Freeman.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109–132.
- Eccles, J. S., Wigfield, A., & Schiefele, U. (1998). Motivation to succeed. In W. Damon & N. Eisenberg (Eds.), *Handbook of child psychology* (pp. 1017–1095). Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.
- Enders, C. K. (2010). *Applied missing data analysis. Methodology in the social sciences*. New York: Guilford Press.
- Enders, C. K., & Tofighi, D. (2007). Centering predictor variables in cross-sectional multilevel models: A new look at an old issue. *Psychological Methods*, 12(2), 121–138.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors*. Univ, Berlin, Kiel.
- Engeln, K., & Euler, M. (2004). Forschen statt Pauken: Aktives Lernen im Schülerlabor. *Physik Journal*, 3.
- Engeln, K., & Vorst, S. (2007). Exkursionen. In S. Mikelskis-Seifert & Rabe T. (Eds.), *Physik Methodik Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Skriptor.
- Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 16, 4–12.
- Euler, M. (2009). Schülerlabore in Deutschland: Zum Mehrwert authentischer Lernorte in Forschung und Entwicklung. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 58(4), 5–9.
- Euler, M., & Thim, J. (2009). Industry meets school: Working in the plastics industry is exciting. *CHEManager Europe*, 5.
- Euler, M., & Wessnigk, S. (2011). Schülerlabore und die Förderung kreativer Potenziale: Lernen durch Forschen und Entwickeln. *Plus Lucis*, (1-2), 32–38.
- European Commission. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe. Community research Expert Group: Vol. 22845*. Luxembourg: EUR-OP.
- European Commission. (2010). *Special eurobarometer 73.1. January 2010 - February 2010. Science and Technology. Report*.
- Eysel, C., & Schallies, M. (2003). Zukunftswerkstatt Wissenschaft und Technik - die Begleitforschung im Laboratorium. In A. Pitton (Ed.), *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie* (pp. 99–101). Münster: LIT.
- Falk, J. H. (2004). The director's cut: Toward an improved understanding of learning from museums. *Science Education*, 88, 83–96.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1992). *The museum experience*. Washington: Whalesback Books.
- Falk, J. H., & Storksdieck, M. (2005). Using the contextual model of learning to understand visitor learning from a science center exhibition. *Science Education*, 89, 744–778.

- Fallik, O., Rosenfeld, S., & Eylon, B.-S. (2013). School and out-of-school science: a model for bridging the gap. *Studies in Science Education*, 49, 69–91.
- Ferreira, S., & Morais, A. M. (2013). The Nature of Science in Science Curricula: Methods and concepts of analysis. *International Journal of Science Education*, 35(16), 2670–2691.
- Ferreira, S., & Morais, A. M. (2014). Conceptual demand of practical work in science curricula. *Research in Science Education*, 44, 53–80.
- Fraser, B. J., Giddings, G. J., & McRobbie, C. J. (1995). Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(4), 399–422.
- Gaspard, H., Dicke, A.-L., Flunger, B., Schreier, B. M., Häfner, I., Trautwein, U., & Nagengast, B. (in press). More value through greater differentiation: Gender differences in value beliefs about math. *Journal of Educational Psychology*, XXX.
- Gennaro, E. D. (1981). The effectiveness of using previsit instructional materials on learning for a museum field trip experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 275–279.
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86, 693–705.
- Gilbert, J., & Priest, M. (1997). Models and discourse: A primary school science class visit to a museum. *Science Education*, 81(6), 749–762.
- Gläser-Zikuda, M. (2004). Emotions and Learning Strategies at school - Opportunities of Qualitative Content Analysis. In M. Kieglmann (Ed.), *Qualitative research in psychology* (pp. 32–50). Tübingen: Huber.
- Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebung*. Kiel: Christian-Albrechts-Universität.
- Glowinski, I., & Bayrhuber, H. (2011). Student labs on a university campus as a type of out-of-school learning environment: Assessing the potential to promote students' interest in science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6, 371–392.
- Gomes, D., & McCauley, V. (2012). *Science Outreach and Science Education at Primary Level in Ireland: a Mixed Methods Study*. New Perspectives in Science Education.
- Gottfried, A. E., Fleming, J. S., & Gottfried, A. W. (2001). Continuity of academic intrinsic motivation from childhood through late adolescence: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 93, 3–13.
- Gräber, W. (2002). „Scientific Literacy“ - Naturwissenschaftliche Bildung in der Diskussion. In P. Döbrich (Ed.), *Materialien zur Bildungsforschung: Bd. 7. Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachtagung am 15. Dezember 1999* (pp. 1–28). Frankfurt am Main: GPPF.
- Gräber, W., & Claus Bolte (Eds.). (1997). *IPN: Vol. 154. Scientific literacy: An international symposium*. Kiel: IPN.
- Gräber, W., Nenniger, P., & Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy - von der Theorie zur Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 135–145). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T., & Evans, R. (Eds.). (2002). *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Grawitch, M. J., & Munz, D. C. (2004). Are Your Data Nonindependent? A Practical Guide to Evaluating Nonindependence and Within-Group Agreement. *Understanding Statistics*, 3(4), 231–257.
- Griffin, J. (2004). Research on students and museums: Looking more closely at the students in school groups. *Science Education*, 88, S59–S70.
- Griffin, J., & Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81, 763–779.
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik [effectiveness of science labs- the influence of repeated science labs visits on the development of interest in physics]*. Berlin: Humboldt-Universität.
- Guderian, P., & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche – eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland [Enhancement of interest in out-of-school science laboratories - A review of research from Germany]. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2, 27–36.
- Guderian, P., Priemer, B., & Schön, L.-H. (2006). In den Unterricht eingebundene Schülerlaborbesuche und deren Einfluss auf das aktuelle Interesse an Physik. [Embedded out-of-school lab visits and their impact on situational interest in science subjects]. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2, 142–149.
- Haber, W., & Hasselhorn, M. (2000). Psychologische Interventionsmaßnahmen: Was sollen sie bewirken? In W. Hager, J.-L. Patry, & H. Brenzing (Eds.), *Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen. Standards und Kriterien* (pp. 41–85). Hans Huber Verlag: Bern.
- Hamann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57, 196–203.
- Hamann, M., Phan, T. H., & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 10, 33–49.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology*, 98, 307–326.
- Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science: A review of research. Using research series: Vol. 21*. Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 655–675.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, New York: Routledge.
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung [Outreach science lab - Concept and categorization]. *Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht*, 66, 324–330.
- Hausamann, D. (2012). Extracurricular science labs for STEM talent support. *Roeper Review*, 34, 170–182.

- Häußler, P., & Hoffmann, L. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht – Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4, 51–67.
- Heck, R. H., & Thomas, S. L. (2009). *An introduction to multilevel modeling techniques* (2nd ed). *Quantitative methodology series*. New York: Routledge.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (1. Aufl.). Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Helmke, A., & Weinert, F. E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In F. E. Weinert. In F. E. Weinert (Ed.), *Enzyklopädie der Psychologie, Band 3 (Psychologie der Schule und des Unterrichts)* (pp. 71–176). Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of interest development. *Educational Psychologist*, 41, 111–127.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85–142.
- Hofer, B. K. (2001). Personal epistemology research: Implications for Learning and Teaching. *Educational Psychology Review*, 13, 353–383.
- Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction*, 12, 447–465.
- Hofheinz, V. (2008). *Erwerb von Wissen über „Nature of Science“: Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht*. Siegen: Universität Siegen.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: Research and practice*, 5, 247–264.
- Hofstein, A., Eilks, I., & Bybee, R. W. (2010). Societal issues and their importance for contemporary science education. In I. Eilks & B. Ralle (Eds.), *Contemporary science education* (pp. 5–22). Aachen: Shaker.
- Hofstein, A., Kesner, M., & Ben-Zvi, R. (1999). Student perceptions of industrial chemistry classroom learning environments. *Learning Environments Research*, 2, 291–306.
- Hofstein, A., & Kind, P. M. (2012). Learning in and from science laboratories. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education: pt. 1. Second international handbook of science education* (pp. 189–207). Dordrecht: Springer.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201–217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the twenty-first century. *International Journal of Science Education*, 88, 28–54.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 791–806.
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education*, 28, 87–112.

- Hostenbach, J., Fischer, H. E., Kauertz, A., & Mayer, J. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 261–288.
- Howitt, C., Rennie, L. J., Heard, M., & Yuncken, L. (2009). The scientists in schools project. *Teaching Science*, 55, 35–38.
- Itzek-Greulich, H. (2009). *Fallstudie zum Einfluss des Schülerlabors science-live! auf die Selbststeuerungskompetenz von Schülern der Klassenstufe 5 einer ausgewählten Realschule des Rhein-Neckar Raums* (Diplomarbeit). Pädagogische Hochschule, Heidelberg.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (in press). Effects of a science center outreach lab on school students' achievement – Are student lab visits needed when they teach what students can learn at school? *Learning and Instruction*, XXX.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (2014a). Effekte der Einbindung eines Schülerlaborbesuchs in den Schulunterricht auf die Lernleistung. In S. Bernholt (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (pp. 258–260). Berlin: LIT.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (2014b). The impact of a science center outreach lab workshop on German 9th graders' achievement in science. In ESERA (Ed.), *10th Conference of the European Science Education Research Association, Proceedings* (pp. 97–106).
- Itzek-Greulich, H., & Schwarzer, S. (2015). Potenziale und Wirkungen von Schülerlaboren Vortragssymposium. In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (pp. 226–228). Berlin: LIT.
- 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, 53–83.
- Kampmeier, V., & Weiß, H.-H. (2002). Mehr Wirklichkeit im Klassenzimmer. *Forum Schule*.
- Kauertz, A., & Fischer, H. E. (2010). Standards und Physikaufgaben. In E. Kircher (Ed.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (pp. 663–688). Berlin: Springer.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–153.
- Kessels, U., & Hannover, B. (2007). How the image of math and science affects the development of academic interests. In M. Prenzel (Ed.), *Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme* (pp. 283–297). Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *British Journal of Educational Psychology*, 76(4), 761–780.
- King, D., & Ritchie, S. M. (2012). Learning science through real-world contexts. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education: pt. 1. Second international handbook of science education* (pp. 69–79). Dordrecht: Springer.
- Kisiel, J. (2005a). Understanding elementary teacher motivations for science fieldtrips. *Science Education*, 89(6), 936–955.
- Kisiel, J. (2006b). An examination of fieldtrip strategies and their implementation within a natural history museum. *Science Education*, 90(3), 434–452. doi:10.1002/sce.20117

- Kisiel, J. (2013c). Introducing future teachers to science beyond the classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 24, 67–91.
- Klaes, E. (2008). *Ausserschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht: Die Perspektive der Lehrkraft. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 86*. Berlin: Logos-Verl.
- Klahr, D. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1–48.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The cognition and development of discovery processes*. Massachusetts.
- Kleickmann, T., Brehl, T., Saß, S., Prenzel, M., & Köller, O. (2012). Naturwissenschaftlichen Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In W. Bos, H. Wendt, O. Köller, & C. Selter (Eds.), *TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (pp. 203–230). Münster, München [u.a.]: Waxmann.
- Klieme, E., Artelt, C., Hartig, J., Jude, N., Köller, O., & Prenzel, M. (Eds.). (2010). *PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt [PISA 2009. Results after a decade.]*. Münster: Waxmann.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., . . . Vollmer, H. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards – Eine Expertise*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- KMK. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- KMK. (2009). *Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung [The Ministry of Education and Cultural Affairs' recommendation for the strengthening of the STEM education]*.
- Köller, O., Daniels, Z., Schnabel, K. U., & Baumert, J. (2000). Kurswahlen von Mädchen und Jungen im Fach Mathematik: Zur Rolle von fachspezifischem Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14(1), 26–37.
- Köller, O., Trautwein, U., Lüdtke, O., & Baumert, J. (2006). Zum Zusammenspiel von schulischer Leistung, Selbstkonzept und Interesse in der gymnasialen Oberstufe [to the interplay of academic achievements and interest in senior high school]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20, 27–39.
- Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning: an educational-psychological perspective. *European Journal of Psychology of Education*, 14, 23–40.
- Krapp, A. (2000). Interest and human development during adolescence: An educational-psychological approach. In J. Heckhausen (Ed.), *Motivational psychology of human development* (pp. 109–128). London: Elsevier.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), 383–409.
- Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, A. (1992). Interest, learning and development. In K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp A. (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 3–25). Erlbaum: Hillsdale, NJ.
- Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. A. (1992). Interest, learning and development. In K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 3–25). Erlbaum: Hillsdale, NJ.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33, 27–50.

- Krombass, A., & Harms, U. (2006). Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernfördernde Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 7–22.
- Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Eds.). (2014). *SpringerLink : Bücher. Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum.
- Lau, S., & Roeser, R. W. (2002). Cognitive abilities and motivational processes in high school students' situational engagement and achievement in science. *Educational Assessment*, 8, 139–162.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94–130). New York: Macmillan.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331–359.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521.
- Lentz, R., & Heintz, B. (Eds.). (2013). *Aufbau von regionalen Schülerforschungszentren: Berichte und Praxisempfehlungen* (1 Aufl.). Stuttgart: Klett MINT.
- Leonhard, T. (2008). *Professionalisierung in der Lehrerbildung. Eine explorative Studie zur Entwicklung von Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*. Berlin: Logos.
- Lernort Labor (LeLa). (2013). *Gesamtanzahl der bei LeLa registrierten außerschulischen Lernorte [Number of registered extramural student labs in Germany]*. Retrieved from www.lernort-labor.de
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Eds.), *Zeitschrift für Pädagogik: Beiheft; 51. Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern* (pp. 47–70). Weinheim u.a.: Beltz.
- Lucas, K. B. (2000). One teacher's agenda for a class visit to an interactive science center. *Science Education*, 84, 524–544.
- Lüdtke, O., & Köller, O. (2006). Mehrebenenanalyse. In D. H. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (pp. 469–474). Weinheim: Beltz.
- Luehmann, A. L. (2009). Students' perspectives of a science enrichment programme: out-of-school inquiry as access. *International Journal of Science Education*, 31, 1831–1855.
- Luehmann, A. L., & Markowitz, D. G. (2007). Science teachers' perceived benefits of an out-of-school enrichment programme: identity needs and university affordances. *International Journal of Science Education*, 29, 1133–1161.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: historical perspectives and centers for contemporary teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *Kluwer international handbooks of education: v. 2. International handbook of science education* (pp. 249–262). Dordrecht, Boston: Kluwer Academic.

- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 393–420). Mahwa: Lawrence Erlbaum.
- Maier, U., Bohl T., Kleinknecht, M., & Metz, K. (2013). Allgemein-didaktische Kategorien für die Analyse von Aufgaben. In M. Kleinknecht, Bohl T., U. Maier, & K. Metz (Eds.), *Lern- und Leistungsaufgaben im Unterricht. Fächerübergreifende Kriterien zur Auswahl und Analyse*. (pp. 9–45). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Marsh, H. W. (1990). The Structure of Academic Self-Concept: The Marsh/Shavelson Model. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 623–36.
- Marsh, H. W. (1992). *Self Description Questionnaire (SDQ) III: A theoretical and empirical basis for the measurement of multiple dimensions of late adolescent self-concept: An interim test manual and a research monograph*. Macarthur, New South Wales, Australia: University of Western Sydney, Faculty of Education.
- Marsh, H. W., Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U., Asparouhov, T., Muthén, B. O., & Nagengast, B. (2009). Doubly-Latent Models of School Contextual Effects: Integrating Multilevel and Structural Equation Approaches to Control Measurement and Sampling Error. *Multivariate Behavioral Research*, 44, 764–802.
- Marsh, H. W., & Martin, A. J. (2011). Academic self-concept and academic achievement: relations and causal ordering. *The British journal of educational psychology*, 81(Pt 1), 59–77.
- Marsh, H. W., & O'Mara, A. (2008). Reciprocal effects between academic self-concept, self-esteem, achievement, and attainment over seven adolescent years: unidimensional and multidimensional perspectives of self-concept. *Personality & social psychology bulletin*, 34(4), 542–552.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering. *Child Development*, 76, 397–416.
- McClafferty, T., & Rennie, L. J. (1993). Learning in science centres and science museums: A review of recent studies. *Research in Science Education*, 23, 351.
- Meissner, B., & Bogner, F. X. (2011). Enriching students' education using interactive workstations at a salt mine turned science center. *Journal of Chemical Education*, 88, 510–515.
- Meissner, B., & Bogner, F. X. (2012). Science teaching based on cognitive load theory: Engaged students, but cognitive deficiencies. *Studies in Educational Evaluation*, 38, 127–134.
- Meredith, W. (1993). Measurement invariance, factor analysis and factorial invariance. *Psychometrik*, 58, 525–543.
- Merzlyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter?: Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen* (2. unveränd. Aufl). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Ed.). (2004). *Bildungsplan Realschule*. Stuttgart.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85, 424–436.

- Möller, J., & Köller, O. (2004). Die Genese akademischer Selbstkonzepte: Effekte dimensionaler und sozialer Vergleiche. *Psychologische Rundschau*, 55(1), 19–27.
- Möller, J., & Trautwein, U. (2009). Selbstkonzept. In E. Wild & J. Möller (Eds.), *Pädagogische Psychologie* (pp. 179–204). Berlin: Springer.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2012). *Mplus user's guide. Seventh edition*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Nagy, G., Trautwein, U., Baumert, J., Köller, O., & Garrett, J. (2006). Gender and course selection in upper secondary education: Effects of academic self-concept and intrinsic value. *Educational Research and Evaluation*, 12, 323–345.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Retrieved from http://www.kids4research.org/frog_dvd/NSE_Standards.pdf
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Neumann, K., Fischer, H. E., & Kauertz, A. (2010). From PISA to educational standards: The impact of large-scale assessments on science education in Germany. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 545–563.
- OECD. (2007). *PISA 2006 - Schulleistungen im internationalen Vergleich: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*. Bielefeld: Bertelsmann.
- OECD. (2011). *Education at a glance, 2011: OECD indicators*. Paris: OECD.
- OECD. (2014). *PISA 2012 Results: Students and Money (Volume VI)*: OECD Publishing.
- OECD Global Science Forum. (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies Policy Report*. Retrieved from <http://www.oecd.org/science/sci-tech/36645825.pdf>
- Orion, N. (1989). Development of a high-school-geology course based on field trips. *Journal of Geological Education*, 37, 13–17.
- 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, 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, 1097–1119.
- Osborne, J. (2007). Science Education for the Twenty First Century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3, 173–184.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008a). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008b). *Science education in Europe: Critical reflections. A report to the Nuffield Foundation*. London: King's College.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2010). *Good practice in science teaching: What research has to say* (2nd ed). Maidenhead, England, New York: McGraw-Hill/Open University Press.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049–1079.
- Overbaugh, R. C., & Lin, S. Y. (2006). Student characteristics, sense of community, and cognitive achievement in web-based and lab-based learning environments. *Journal of Research on Technology in Education*, 39, 205–223.

- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Eds.). (2013). *IQB-Ländervergleich 2012: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe. Zusammenfassung*. Münster: Waxmann.
- Patrick, P. G., Mathews, C., & Tunnicliffe, S. D. (2013). Using a field trip inventory to determine if listening to elementary school students' conversations, while on a zoo field trip, enhances preservice teachers' abilities to plan zoo field trips. *International Journal of Science Education*, *35*, 2645–2669.
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe [Science laboratories as a supporting interest environment for middle school and high school students]* (Dissertationsschrift). Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel.
- Pawek, C. (2012). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen [Science laboratories as a supporting interest environment]. In D. Brovelli, K. Fuchs, R. v. Niederhäusern, & A. v. Rempfler (Eds.), *Kompetenzentwicklung an Außerschulischen Lernorten* (pp. 69–94). Münster/Wien/Zürich: LIT.
- Pekrun, R. (1992). The Impact of Emotions on Learning and Achievement: Towards a Theory of Cognitive/Motivational Mediators. *Applied Psychology*, *41*(4), 359–376.
- Pekrun, R. (2006). The Control-Value Theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, *18*, 315–341.
- Pekrun, R., Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2006). Achievement goals and discrete achievement emotions: A theoretical model and prospective test. *Journal of Educational Psychology*, *98*, 583–597.
- Pekrun, R., Frenzel, A., Zimmer, C., & Lichtenfeld, S. (2005). Schülermerkmale im Ländervergleich. In M. Prenzel (Ed.), *PISA 2003. Der zweite Vergleich der Länder in Deutschland - was wissen und können Jugendliche?* (pp. 147–156). Münster, München [u.a.]: Waxmann.
- Pekrun, R., Frenzel, A. C., Götz, T., & Raymond, P. P. (2007). The Control-Value Theory of Achievement Emotions: An Integrative Approach to Emotions in Education. In P. R. Schutz & R. Pekrun (Eds.), *Emotion in education* (pp. 13–36). Amsterdam: Academic Press.
- Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P., & Perry, Raymond, P. (2011). Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). *Contemporary Educational Psychology*, *36*, 36–48.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative Research. *Educational Psychologist*, *37*, 91–105.
- Pekrun, R., Götz, T., Zirngibl, A., & Jullien, S. (2002). *PALMA: Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik. [PALMA - Project for the analysis of achievement development in Mathematics]*. Universität München: Institut Pädagogische Psychologie.
- Pekrun, R., & Stephens, E. J. (2009). Goals, Emotions, and Emotion Regulation: Perspectives of the Control-Value Theory. *Human Development*, *52*, 357–365.
- Peper, M., Schmidt, S., Wilms, M., Oetken, M., & Parchmann, I. (2007). Modellvorstellungen entwickeln und anwenden- Einsatz von Medien, Alltagsphänomen und Experimenten. *NiU-Chemie*, *10*, 17–22.

- Pfenning, U. (2013). Schülerlabore als wichtiges Element der MINT Bildung und Förderung. In R. Lentz & B. Heintz (Eds.), *Aufbau von regionalen Schülerforschungszentren. Berichte und Praxisempfehlungen* (1st ed., pp. 75–77). Stuttgart: Klett MINT.
- Pintrich, P. R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95, 667–686.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. (1996). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Englewood Cliffs:: Merrill-Prentice Hall.
- Plasa, T. (2013). *Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 152*. Berlin: Logos Berlin.
- Prenzel, M. (2004). *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland: Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs [Students' competencies in the second federal state comparison]*. Münster, New York: Waxmann.
- Prenzel, M. (Ed.). (2005). *PISA 2003: Der zweite Vergleich der Länder in Deutschland - was wissen und können Jugendliche?* Münster, München [u.a.]: Waxmann.
- Prenzel, M. (2007a). *PISA 2006: Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster, München [u.a.]: Waxmann.
- Prenzel, M. (Ed.). (2007b). *PISA 2006 in Deutschland: Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich [PISA 2006 in Germany: Competences of adolescents across countries]*. Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Prenzel, M. (2009). *Von SINUS lernen: Wie Unterrichtsentwicklung gelingt* (1. Aufl.). *Sinus-Transfer*. Seelze: Kallmeyer.
- Prenzel, M. (2013). *PISA 2012: Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*. Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E., & Pekrun, R. (2010). *PISA 2009: Bilanz nach einem Jahrzehnt*. Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Prenzel, M., Friedrich, A., & Stadler, M. A. (2009). *Von SINUS lernen. Wie Unterrichtsentwicklung gelingt*. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Prenzel, M., & Parchmann, I. (2003). Kompetenz entwickeln: Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Naturwissenschaften im Unterricht/Chemie*, 14, 15–19.
- Prenzel, M., Sälzer, C., Klieme, E., & Köller, O. (2013). *PISA 2012: Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*: Waxmann Verlag GmbH.
- Prenzel, M., & Schütte, K. (2007). Interesse an den Naturwissenschaften. In M. Prenzel (Ed.), *PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich [PISA 2006 in Germany: Competences of adolescents across countries]* (pp. 95–106). Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Price, S., & Hein, G. E. (1991). More than a field trip: science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education*, 13, 505–519.
- Priemer, B. (2008). Extracurricular science laboratories: an innovative informal learning facility for school students. In *Proceedings of Groupe Internationale de Recherche sur l'Enseignement de la Physique (GIREP) Conference* (pp. 66–67).
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offeneren Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315–337.

- Priemer, B. & Pawek, C. (2014). *Out-of-school STEM learning in Germany: Can we catch and hold students' interest?* Paper presented at the NARST 2014 annual conference.
- Rahm, I. (2012). Diverse urban youth's learning of science outside school in university outreach and community science programs. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education: pt. 1. Second international handbook of science education* (pp. 47–58). Dordrecht: Springer.
- Ramey-Gassert, L., & Walberg, H. J. (1994). Reexamining connections: Museums as science learning environments. *Science Education*, 78, 345–363.
- Randler, C., Ilg, A., & Kern, J. (2005). Cognitive and emotional evaluation of an amphibian conservation program for elementary school students. *Journal of Environmental Education*, 37, 43–52.
- Randler, C., Kummer, B., & Wilhelm, C. (2012). Adolescent learning in the zoo: Embedding a non-formal learning environment to teach formal aspects of vertebrate biology. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 384–391.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. (2002). *Hierarchical linear models: applications and data analysis methods* (2nd ed). *Advanced quantitative techniques in the social sciences: Vol. 1*. Thousand Oaks: Sage.
- Rehm, M., Dörfler, T., Vogel, M., & Vollmer, C. (2014). *Effektive der Lehrerfortbildung für außerschulische Lernorte des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts: Nicht genehmigte Antragsfassung im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs. Professionalisierung im Lehrberuf*. Heidelberg: Pädagogische Hochschule Heidelberg.
- Reiss, M. (2012). Learning out of the classroom. In J. Oversby (Ed.), *ASE Guide to Research in Science Education* (pp. 91–97). Hatfield: The Association for Science Education.
- Rennie, L., & McClafferty, T. (1995). Using visits to interactive science and technology centers, museums, aquaria, and zoos to promote learning in science. *Journal of Science Teacher Education*, 6, 175–185.
- Rennie, L. J. (2007). Learning science outside of school. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 125–167). Mahwa: Lawrence Erlbaum.
- Rennie, L. J., & McClafferty, T. P. (1996). Science Centers and Science Learning. *Studies in Science Education*, 27, 53–98.
- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2004). *A review of research on outdoor learning*. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Rieß, W. (2010). *Bildung für nachhaltige Entwicklung: Theoretische Analysen und empirische Studien. Internationale Hochschulschriften: Vol. 542*. Münster [u.a.]: Waxmann.
- Ringelband, U., Prenzel, M., & Euler, M. (Eds.). (2001). *Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft*. Kiel: IPN.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Mahwa: Lawrence Erlbaum.
- Roberts, R., & Gott, R. (2004). Assessment of Sc1 : alternatives to coursework ? *School Science Review*, 85, 103–108.
- Rönnebeck, S., Schöps, K., Prenzel, M., Mildner, D., & Hochweber, J. (2010). Naturwissenschaftliche Kompetenz von PISA 2006 bis PISA 2009. In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, . . . P. Stanat (Eds.), *PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt* (pp. 177–198). München: Waxmann.

- Roth, J., Walter, O., & Carstensen, C. H. (2004). Naturwissenschaftliche Kompetenz. In M. Prenzel, J. Baumert, & W. Blum (Eds.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (pp. 111–146). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Rudolph, U. (2003). *Motivationspsychologie* (1. Aufl.). *Lehrbuch*. Weinheim, Basel, Berlin: Beltz, PVU.
- Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Salmi, H. (2012). Evidence of bridging the gap between formal education and informal learning through teacher education. *Reflecting Education*, 8, 45–61.
- Sawyer, R. K. (2008). Optimising learning implications of learning sciences research. In OECD (Ed.), *Innovating to Learn, Learning to Innovate* (pp. 45–65). OECD Publishing.
- Scharfenberg, F.-J. (2005). *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse*. Bayreuth: Universität.
- Scharfenberg, F.-J., & Bogner, F. X. (2011). A new two-step approach for hands-on teaching of gene technology: Effects on students' activities during experimentation in an outreach gene technology lab. *Research in Science Education*, 41, 505–523.
- Scharfenberg, F.-J., Bogner, F. X., & Klautke, S. (2007). Learning in a gene technology laboratory with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and molecular biology education : a bimonthly publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 35, 28–39.
- Schiefele, U. (2001). The role of interest in motivation and learning. In J. M. Collis & Messick S. (Eds.), *Intelligence and personality: Bridging the gap in theory and measurement* (pp. 163–194). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Schiefele, U. (2009a). Motivation. In E. Wild & J. Möller (Eds.), *Pädagogische Psychologie* (pp. 151–177). Berlin: Springer.
- Schiefele, U. (2009b). Situational and individual interest. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 197–222). New York/London: Routledge.
- Schiefele, U., & Wild, K. P. (Eds.). (2000). *Interesse und Lernmotivation: Neue Studien zu Entwicklung und Wirkungen*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Schmidt, I., DiFuccia, D. S., & Ralle, B. (2014). Science education in out-of-school contexts. In ES-ERA (Ed.), *10th Conference of the European Science Education Research Association, Proceedings* (pp. 3–13).
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). *Sowing the seeds of ROSE: Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education): a comparative study of students' views of science and science education*. *Acta didactica*. Oslo: Faculty of Education, Department of Teacher Education and School Development; Unipub.
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T.-Y., & Lee, Y.-H. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 1436–1460.
- Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 113*. Berlin: Logos Verlag.
- Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. (2008). *Motivation in education: Theory, research, and applications* (3rd ed.). Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Merrill Prentice Hall.

- Schutz, P. A., & Pekrun, R. (Eds.). (2007). *Emotion in education*. Amsterdam: Academic Press.
- Schwanzer, A. D., Trautwein, U., Lüdtke, O., & Sydow, H. (2005). Entwicklung eines Instruments zur Erfassung des Selbstkonzepts junger Erwachsener [Development an instrument of measuring adolescent self-concept. *Diagnostica*, 51, 183–194.
- Seybold, B., Braunbeck, T., & Randler, C. (2014). Pirmate conservation – An evaluation of two different educational programs in Germany. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12, 285–305.
- Shulman, L. S. (1991). Von einer Sache etwas verstehen: Wissensentwicklung bei Lehrern. In E. Terhart (Ed.), *Unterrichten als Beruf. Neuere amerikanische und englische Arbeiten zur Berufskultur und Berufsbiographie von Lehrern und Lehrerinnen* (pp. 145–160). Köln: Böhlau.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2006). How do learners in different cultures relate to science and technology? Results an perspectives from the project ROSE (the Relevance Of Science Education). *APFSLT: Asia Pacific Forum o Science Learning and Teaching*, 7, 1–17.
- Snijders, T. A. B., & Bosker, R. J. (1993). Standard errors and sample sizes for two-level research. *Journal of Educational Statistics*, 18(3), 237–259.
- Snijders, T. A. B., & Bosker, R. J. (1994). Modeled variance in two-level models. *Sociological Methods & Research*, 22, 342–363.
- Sommer, K., Russek, A., Kakoschke, A., & Pfeffer, P. (2012). Stärke-echt stark! *Unterricht Chemie*, 23(130/131), 66–69.
- Stäudel, L., & Sauer, D. (1994). Nachwachsende Rohstoffe. Fächerübergreifende Unterrichtseinheit. In R. Drömer (Ed.), *RAAbits Chemie* (pp. 1–51). Stuttgart: Raabe.
- Stäudel, L., & Wöhrmann, H. (1999). Chemieunterricht zwischen Alltag, Technik und Umwelt Unterstützungsmöglichkeiten im regionalen Verbund. *CHEMKON*, 6, 114–117.
- Stipek, D. J. (1996). Motivation and instruction. In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 85–113). New York: Simon and Schuster Macmillan.
- Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J., & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46, 1–44.
- Storksdieck, M. (2006). *Field trips in environmental education*. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag.
- Sturm, H., & Bogner, F. X. (2010). Learning at workstations in two different environments: A museum and a classroom. *Studies in Educational Evaluation*, 36, 14–19.
- Swarat, S., Ortony, A., & Revelle, W. (2012). Activity matters: Understanding student interest in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 515–537.
- Tal, R., Bamberger, Y., & Morag, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel: Teachers' roles. *Science Education*, 89, 920–935.
- Tal, T. (2012). Out-of-school: Learning experiences, teaching and students' learning. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education: pt. 1. Second international handbook of science education* (pp. 1109–1122). Dordrecht: Springer.
- Tamir, P. (1990). Evaluation of Student Laboratory Work and its Role in in Developing. In E. Heggarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science curriculum* (pp. 242–266). London and New York: Routledge.

- Taylor, P. C., & Fraser, B. J. (1994). CLES: An instrument for assessing constructivist learning environments. In NARST (Ed.), *Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*.
- Tepner, O., Roeder, B., & Melle, I. (2010). Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16(209-233).
- Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51–69.
- Thiry, H., Laursen, S. L., & Hunter, A.-B. (2008). Professional development needs and outcomes for education-engaged scientists: A research-based framework. *Journal of Geoscience Education*, 235–246.
- Thomas, C. L. (2012). Assessing high school student learning on science outreach lab activities. *Journal of Chemical Education*, 89, 1259–1263.
- Todt, E., & Schreiber, S. (1998). Development of interest. In L. Hoffmann, J. Baumert, A. Krapp, & K. A. Renninger (Eds.), *IPN: Vol. 164. Interest and learning. Proceedings of the Seeon conference on interest and gender* (pp. 25–40). Kiel, Germany: IPN.
- Trautwein, U., Marsh, H. W., Nagengast, B., Lüdtke, O., Nagy, G., & Jonkmann, K. (2012). Probing for the multiplicative term in modern expectancy-value theory: A latent interaction modeling study. *Journal of Educational Psychology*, 104, 763–777.
- Tytler, R. (2007). *Re-imagining science education: Engaging students in science for Australia's future*. Australian education review. Camberwell, Vic: ACER Press.
- Tytler, R., Osborne, J., Williams, G., Tytler, K., & Cripps Clark, J. (2008). *Opening up pathways: engagement in STEM across the primary-secondary school transition*. Canberra, A.C.T.: Australian Department of Education, Employment and Workplace Relations.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, I. (2008). The Framework Theory Approach to the Problem of Conceptual Change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 3–34). New York: Routledge.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Fischer, H. E., Kampa, N., Mayer, J., Sumfleth, E., & Wellnitz, N. (2010). ESNaS – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrman, U. Hericks, & M. Lüders (Eds.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (pp. 171–184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Walpuski, M., & Schulz, A. (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente. *chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 37, 6–27.
- Waltner, C., & Wiesner, H. (2009). Mit der Schulklasse ins Deutsche Museum: Lernerfolg automatisch inbegriffen? *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 58(4), 21–32.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative Conceptions in Science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teachers Association* (pp. 177–210). New York: Macmillan.
- Weinert, F. E. (2002). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Ed.), *Beltz Pädagogik. Leistungsmessungen in Schulen* (2nd ed., pp. 17–31). Weinheim [u.a.]: Beltz-Verl.
- Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H. A., . . . Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kom-

- petenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 261–291.
- Welzel, M., Haller, K., Bandera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., . . . Aufschnaiter, S. v. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden - Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 29–44.
- Wendt, T., Gilbert, P., Hemmelskamp, J., Welzel, M., & Schulze, C. (2007). Communicating Science - Regional Network of Science Centres and Initiatives. In Csermely, Péter, Korlevic, Korado & K. Sulyok (Eds.), *Science Education: Models and Networking of Student Research Training under 21* (pp. 103–110). Amsterdam: IOS-press.
- Wessnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an instrienahen außerschulischen Lernorten*. Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel.
- White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18, 761–774.
- Widaman, K. F., & Reise, S. P. (1997). Exploring the measurement invariance of psychological instruments: Applications in the substance use domain. In Bryant K. J., M. Windle, & West S. G. (Eds.), *The science of prevention: Methodological advances from alcohol and substance abuse research* (pp. 281–324). Washington, DC: American Psychological Association.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (1992). The development of achievement task values: A theoretical analysis. *Developmental Review*, 12, 1–46.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68–81.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2002). The development of competence beliefs, expectancies for success, and achievement values from childhood through adolescence. In A. Wigfield, J.-S. J.S. Eccles, & The Institute for Research on Women and Gender (Eds.), *Development of Achievement Motivation* (pp. 91–120). San Diego: Academic Press.
- Wigfield, A., Tonks, S., & Klauda, S. T. (2009). Expectancy-value theory. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 55–75). New York, London: Routledge.
- Wild, E., Hofer, M., & Pekrun, R. (2006). Psychologie des Lerner. In A. Krapp & B. Weidenmann (Eds.), *Lehrbuch. Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch* (5th ed., pp. 203–265). Weinheim [u.a.]: Beltz.
- Wilde, M., & Bätz, K. (2006). Einfluss unterrichtlicher Vorbereitung auf das Lernen im Naturkundemuseum [Influence of course preparation on learning in a natural history museum]. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 77–88.
- Willems, A. S. (2011). *Bedingungen des situationalen Interesses im Mathematikunterricht: Eine mehrbenenanalytische Perspektive [Conditions of situational interest in mathematic lessons. A multilevel perspective]*. *Empirische Erziehungswissenschaft: Vol. 30*. Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E., & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54, 361–375.
- Woest, V. (1997). Der "ungeliebte" Chemieunterricht? Ergebnisse einer Befragung von Schülern der Sekundarstufe 2. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 50, 50–57.

- Yager, R. E., & Yager, S. O. (1985). Changes in perceptions of science for third, seventh, and eleventh grade students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 347–358.
- Zehren, W. (2009). *Forschendes Experimentieren im Schülerlabor*. Saarbrücken: Universität.
- Zhu, X., & Chen, A. (2010). Adolescent expectancy-value motivation and learning: A disconnected case in physical education. *Learning and Individual Differences*, 20, 512–516.
- Zwick, M. M., & Renn, O. (2000). *Die Attraktivität von technischen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern bei der Studien- und Berufswahl junger Frauen und Männer: Eine Präsentation der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Präsentation / Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg*.

Anhang

- Anhang 1: Faltblatt (Akquise)
- Anhang 2: Ausschreibungen regionale Lehrerfortbildungen
- Anhang 3: Schülerarbeitsheft „Starke Stärke“
- Anhang 4: Gefährdungsbeurteilungen
- Anhang 5: Folien „Starke Stärke-Kohlenhydrate“
- Anhang 6: Materialliste Experimentierkiste
- Anhang 7: Experimentierkisten, Schülerinnen beim Experimentieren
- Anhang 8: Fragebogen „Starke Stärke“

Wissenschaftliche Einbindung

Unter dem Titel „Effektive Lehr-Lernarrangements: Empirische Evaluation und Intervention in der pädagogischen Praxis“ wird ein Kooperatives Promotionskolleg der Universität Tübingen und der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg vom Land Baden-Württemberg gefördert und finanziert.

Das Promotionskolleg stellt in seiner kooperativen Ausrichtung mit Beteiligung der empirischen Bildungsforschung, den Fachdidaktikern und der Erziehungswissenschaft ein Novum in der Hochschullandschaft in Baden-Württemberg dar. Die effektiven Lehr-Lernarrangements im naturwissenschaftlichen Unterricht werden von Diplom Pädagogin und Realschullehrerin Heike Itzek-Greulich entwickelt. Sie ist an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig.



Projektteam



Dipl.-Päd. Heike Itzek-Greulich
Projektkoordination
Abteilung Chemie und ihre Didaktik
PH Ludwigsburg



Prof. Dr. Markus Rehm
Didaktik der Naturwissenschaft
PH Heidelberg



Prof. Dr. Ulrich Trautwein
Empirische Bildungsforschung
Universität Tübingen



Prof. Dr. Thorsten Bohl
Schulpädagogik
Universität Tübingen



Prof. Dr. Benjamin Nagengast
Empirische Bildungsforschung
Universität Tübingen

Informationen und Anmeldung

Heike Itzek-Greulich
Tel.: 07141-140 849,
Mobil: 0172 864 8459
Email: itzek@ph-ludwigsburg.de
Pädagogische Hochschule
Ludwigsburg
Institut für Naturwissenschaft
und Technik
Reuteallee 46,
71634 Ludwigsburg

Ein Forschungsprojekt im naturwissenschaftlichen Unterricht



Wie effektiv sind Schülerlabore?



Hintergrund Unterrichtsintervention Einladung zur Teilnahme

Disziplinübergreifend:

Didaktik der Naturwissenschaften/ Empirische Bildungswissenschaft/ Erziehungswissenschaft
Naturwissenschaftlicher Schwerpunkt:
 Biochemie „Starke Stärke“



Schraubenform der Amylose

Schülerlabore.....

In den letzten Jahren wurde eine große Zahl von **Schülerlaboren** in Deutschland gegründet. In diesen außerschulischen Lernorten arbeiten die Schülerinnen und Schüler projektartig und experimentell an naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Durch Schülerlabore wird versucht, dem Interessens- und Kompetenzverlust der Jugendlichen an den Naturwissenschaften mit Konzepten des eigenständigen Forschens und Experimentierens zu begegnen.

.....warum?

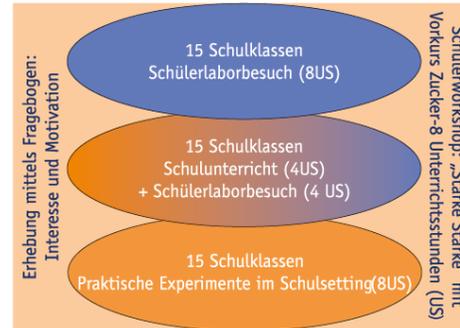
Wir beforschen die **curriculare Einbindung** des neuen und modernen Schülerlabors „experimenta“ in Heilbronn in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Ziel unserer Studie ist es, Aussagen zur **Effektivität** dieser Lehr-Lernarrangements zu treffen.

Übersichtskarte Schülerlabore in Baden-Württemberg



© 2011 by LeLa

Design der Studie



Unterrichtsintervention

In insgesamt acht Schulstunden wird das Thema „Starke Stärke“ entweder von der Lehrperson an den Schülern oder der Kursleiterin an der experimenta unterrichtet.

Randomisierung

Alle drei Unterrichtsarrangements implementieren eine Unterrichtseinheit, die nach höchsten fachdidaktischen Standards konzipiert wurde. Aus forschungsmethodischen Gründen erfolgt die Zuweisung zu den Unterrichtsbedingungen per Zufall. Nur so lassen sich Unterschiede in der Wirksamkeit der Unterrichtsarrangements, z. B. auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler unabhängig von Vorbedingungen erfassen.

Bezug zum Bildungsplan

Das Thema „**Starke Stärke**“ verfolgt zahlreiche **Kompetenzziele** aus den Bildungsplänen Baden-Württembergs. Zugleich wird das Verständnis von drei Basiskonzepten (Stoff-Teilchen-Konzept Struktur-Eigenschafts-Konzept, Konzepte der chemischen Reaktion) gefördert. Für dieses Unterrichtsthema wird ein Lehr-Lernarrangement (Unterrichtseinheit und zugehörige Unterrichtsmaterialien) von 8 Unterrichtsstunden entwickelt und über die drei oben angeführten Lerngruppen variiert.

Wir bieten

- Eine handlungsorientierte naturwissenschaftliche Unterrichtseinheit
- Nach neuesten didaktischen Gesichtspunkten ausgewähltes Lehr- und Lernmaterial, speziell für die Schulklassen, die an der Schule unterrichtet werden
- Die Gelegenheit für die Besuchsklassen, die „experimenta“ live und kostenlos zu erleben
- Übernahme der anfallenden Kosten, sowohl des Laborbesuchs als auch Bereitstellung von Experimentierkosten mit ausgearbeitetem Arbeitsheft für die Arbeit an den teilnehmenden Schulen
- Teilnahme am wissenschaftlichen Diskurs über die Messung von naturwissenschaftlichen Kompetenzen, Interesse und Motivation
- Ideen, Umsetzung und Materialien für die Gestaltung einer Unterrichtseinheit „Starke Stärke“
- Entlastung durch die Konzeption von einer im 9. Schuljahr durchzuführenden Unterrichtseinheit
- Einblick in die empirische Bildungsforschung



Wir suchen

- Im Schuljahr 2012/2013 sechzig NWA- Schulklassen und MNT-Schulklassen, die an der Haupterhebung teilnehmen
- Dauer 8 Unterrichtsstunden zuzüglich des Ausfüllens der Fragebögen: Vortest und 2 Nachtests

Wir garantieren

- Die Einhaltung hoher wissenschaftlicher Standards bei der Durchführung und Auswertung der Studie. Alle Materialien und Vorkehrungen zur Sicherung der Anonymität der Teilnehmer und des Datenschutzes werden durch das Kultusministerium des Landes Baden-Württemberg geprüft und genehmigt

LFB-Inhalte Darstellung im Web-Format

- Lehrgangsdetails -

Thema	Starke Stärke - eine Unterrichtseinheit für den NWA-Unterricht mit Arbeitsheft und Experimentierkisten
Zielgruppe	Lehrerinnen und Lehrer Lehrerinnen und Lehrer der naturwissenschaftlichen Fachbereiche NWA/MNT/Bio/Ch 7. - 9. Schuljahr
Ziel	Mit dieser Veranstaltung soll das groß angelegte Forschungsprojekt "Wirksamkeit des Lernens im Schülerlabor - Curriculare Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht" (siehe http://www.ph-heidelberg.de/chemie/startseite-neu/forschung/wirksamkeit-des-lernens-im-schuelerlabor.html) erläutert werden. Zugleich erhalten die Lehrpersonen detaillierte Informationen, Anregungen und Materialien für eine im naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzbare Unterrichtseinheit.
Termin	05.12.12
LG-Nr	56119199
Veranstalter	Staatliches Schulamt Heilbronn Rollwagstr. 14 74072 Heilbronn
Ort	Helene-Lange-Realschule Weststr. 33 74072 Heilbronn
Termin Ausschreibungsunterlagen (nur für LGL/REF)	05.12.2012
Termin Tagungsprogramm (nur für LGL/REF)	05.12.2012
Meldeschluss	27.11.2012
Zulassung am	29.11.2012
Leitung	RL Harald Hoßfeld, Heilbronn RL'in R.L. Dipl.-Päd. Heike Itzek-Greulich, Ludwigsburg
Verantwortlich	Christoph Egerding-Krüger
Tagungsprogramm	Der verstärkte Anbau nachwachsender Rohstoffe (z.B. Kartoffeln), spielt eine wichtige Rolle bei der Herstellung biologisch abbaubarer Werkstoffe. In diesem Workshop beschäftigen wir uns mit biologisch abbaubaren Kunststoffen, insbesondere auf Stärkebasis. Z.B. gewinnen wir Stärke aus der Kartoffel, weisen diese nach und stellen eine Stärkefolie und Einweggeschirr auf Stärkebasis her. Theoretische Grundlagen rund um das Thema Kohlenhydrate und Nachweismethoden werden zu Anfang erläutert, dann folgt die praktische Umsetzung anhand von fertig erstellten Schülerexperimentierkisten und einem Arbeitsheft rund um das Thema "Starke Stärke". Chemische Grundlagen zu dem Thema sind nicht erforderlich.

Anhang 2: Ausschreibungen regionale Lehrerfortbildungen

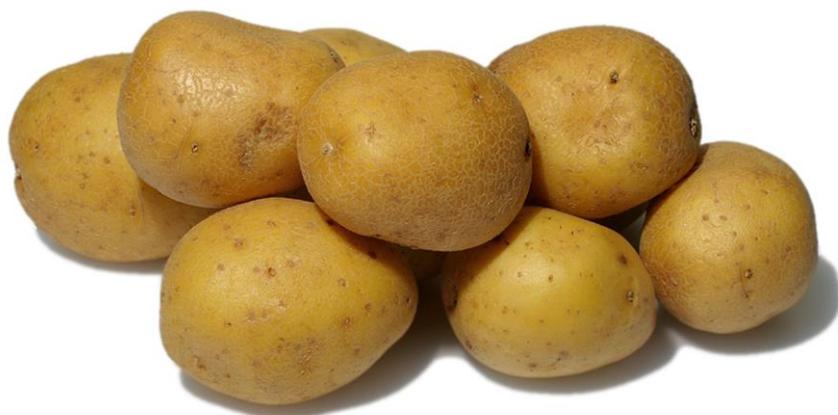
Staatliches Schulamt Mannheim

Schulartübergreifende und sonstige Veranstaltungen
Fachbezogene, fächerverbindende und musische Themen
Mathematik, Naturwissenschaften

Thema	"Starke Stärke" Eine Unterrichtseinheit für den naturwissenschaftlichen Unterricht mit Schülerarbeitsheft und Experimentierkisten		
Zielgruppe	Lehrerinnen und Lehrer NWA/MNT/Bio/Chemie- 9. Schuljahr		
Ziel	Mit dieser Veranstaltung soll das groß angelegte Forschungsprojekt "Wirksamkeit des Lernens im Schülerlabor - Curriculare Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht" (siehe http://www.ph-heidelberg.de/chemie/startseite-neu/forschung/wirksamkeit-des-lernens-im-schuelerlabor.html) erläutert werden, zugleich erhalten die Lehrpersonen detaillierte Informationen, Anregungen und Materialien für eine im naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzbare Unterrichtseinheit.		
Termin	15.11.2012	Beginn 14:30 Uhr	Ende 17:00 Uhr
LG-Nr	47917578	Typ	regionale Veranstaltung Art Lehrgang
Ort	Theodor-Heuss-Realschule, Schwetzinger Str. 95, 69190 Walldorf		
Meldeschluss	01.11.2012		
Teilnehmer	Es können alle Teilnehmer zugelassen werden.		
Leitung	Realschulkonrektor Helmut Hibschenberger, Walldorf		
Referierende	Realschullehrerin R.L. Dipl.-Päd. Heike Itzek-Greulich, Bruchsal Prof. Dr. Markus Rehm, Heidelberg		
Verantwortlich	Ulrike Schmidt		
Programm	Nachwachsende Rohstoffe gewinnen in unserer Welt immer mehr an Bedeutung. Der verstärkte Anbau nachwachsender Rohstoffe (z.B. Kartoffeln), spielt eine wichtige Rolle vor allem bei der Herstellung biologisch abbaubarer Werkstoffe. In diesem Workshop beschäftigen wir uns mit biologisch abbaubaren Kunststoffen, insbesondere auf Stärkebasis. Z.B. Gewinnen wir Stärke aus der Kartoffel, weisen diese nach und stellen eine Stärkefolie und Einweggeschirr auf Stärkebasis her. Theoretische Grundlagen rund um das Thema Kohlenhydrate und Nachweismethoden werden zu Anfang erläutert, dann folgt die praktische Umsetzung anhand von fertig erstellten Schülerexperimentierkisten und einem Arbeitsheft rund um das Thema "Starke Stärke". Chemische Grundlagen zu dem Thema sind nicht erforderlich.		
Kooperationspartner	Pädagogische Hochschulen Heidelberg und Ludwigsburg, Universität Tübingen, Fonds der chemischen Industrie		

gez. Ulrike Schmidt
 Ansprechpartnerin für Lehrerfortbildung

Anhang 3: Schülerarbeitsheft „Starke Stärke“



Ausarbeitung und Erprobung: Heike Itzek-Greulich
Versuchsaufbauten unter Verwendung der Software Labormaker (Thomas Seilnacht)

Inhaltsverzeichnis

Einführung

Zeitungsartikel über Plastikmüll	3 (129)
Arbeitsblatt: Zum Zeitungsartikel	4 (130)
Arbeitsblatt: Lebenslauf eines Joghurtbechers	5 (131)

Theoretische Grundlagen

Kohlenhydrate: Stärke und Zucker als Energiespeicher.....	6 (132)
Quellfähigkeit und Wasserlöslichkeit der Stärke	8 (134)

Schülerübungen

Übung 1: Chemische Unterscheidung der Kohlenhydrate	9 (135)
Übung 2: Einfluss von Enzymen und Säuren auf die Stärke.....	12 (140)
Übung 3: Verkleisterung der Stärke beim Erhitzen	15 (144)
Übung 4: Stärkegewinnung aus Kartoffeln.....	18 (149)
Übung 5: Herstellen einer biologisch abbaubaren Folie aus Stärke	21 (150)

Vertiefungen

Druckvorlage: Bau eines Amylose-Moleküls.....	23 (152)
Puzzle: Kohlenhydrate	24 (153)
Mind Map "Starke Stärke"	27 (154)

Allgemeine Arbeitshinweise

- Beim Arbeiten mit Chemikalien und mit dem Brenner müssen immer Schutzbrillen aufgezogen werden!
- Vor jeder Arbeit wird mit dem Partner/der Partnerin besprochen, wie die Arbeit aufgeteilt wird. Experimente werden immer gemeinsam durchgeführt.
- Die Anleitungen werden zuerst absatzweise gelesen und dann erst Schritt für Schritt durchgeführt. Tipp: Hake immer die bereits erledigten Arbeitsschritte ab!
- Bleibe beim Experimentieren immer beim Versuchsaufbau und beobachte alle Phänomene so genau wie möglich!
- Die Versuchsergebnisse werden protokolliert, falls möglich auch mit Skizzen.
- Chemikalienreste werden im Entsorgungsgefäß entsorgt.
- Sämtliche Geräte sollten geputzt und abgetrocknet werden.

11.01.2011 | Süddeutsche Zeitung | München, Bayern | Panorama

500 Tonnen Plastikmüll im Mittelmeer

München – Es ist eine ungenießbare Suppe, die über die Mittelmeerküsten von Frankreich, Norditalien und Spanien schwappt: Einwegrasierer, Kabeltrommeln, Zahnbürsten und Feuerzeuge, von den Wellen in Milliarden winzige Teilchen zerschlagen. Etwa 500 Tonnen solcher Plastikkrümel schwimmen im Mittelmeer [...]. Die Forscher warnen davor, dass diese Brühe auf unsere Teller gelangt.

Denn Fische oder andere Meerestiere halten die Teilchen mit einem Durchschnittsgewicht von 1,8 Milligramm für Plankton und fressen sie; auch Algen besiedeln die Partikel.

Die Partikel stammen von Plastikabfall, den Menschen auf den Stränden zurücklassen oder von Schiffen aus ins Wasser werfen; ein großer Teil des Mülls wird auch von Flüssen angeschwemmt oder vom Wind ins Meer geblasen.

Die derzeitige Verschmutzung des Mittelmeers durch Plastikteilchen sei nicht mehr rückgängig zu machen, erklärt der Leiter der Expedition, Bruno Dumontet. [...]. Um zu verhindern, dass das Meer eine einzige „Plastiksuppe“ werde, müsse man die Verschmutzung an der Quelle eindämmen.

Es wurde eine Internet Petition erarbeitet, dessen Ziel es ist, in der EU neue Vorschriften für umweltfreundlichere Produkte – vor allem Verpackungen – durchzusetzen.

Unter anderem soll der Verbrauch von Einwegverpackungen stärker eingeschränkt werden.

Plastikmüll in Meeren und Ozeanen wurde bereits in den 1990er Jahren als Problem erkannt. Die millimetergroßen Partikel sammeln sich insbesondere in großen Strömungswirbeln.

Als größter Müllstrudel gilt der Nordpazifikwirbel, der deshalb auch „Great Pacific Garbage Patch“ („Großer Pazifischer Müllteppich“) genannt wird

11.01.2011 | Süddeutsche Zeitung | München, Bayern | Panorama

11.01.2011 | Süddeutsche Zeitung | München, Bayern | Panorama

500 Tonnen Plastikmüll im Mittelmeer



Arbeitsauftrag: Lies den Zeitungsartikel sorgfältig durch, unterstreiche mit bunten Farbstiften die Antworten auf die unteren Fragen in verschiedenen Farben.

Leitfragen

a) **Wie viele Tonnen Abfalls schwimmen im Mittelmeer?**

Warum sehen die Forscher eine große Gefahr für unsere Ernährung?

Nenne Verursacher des Abfalls.

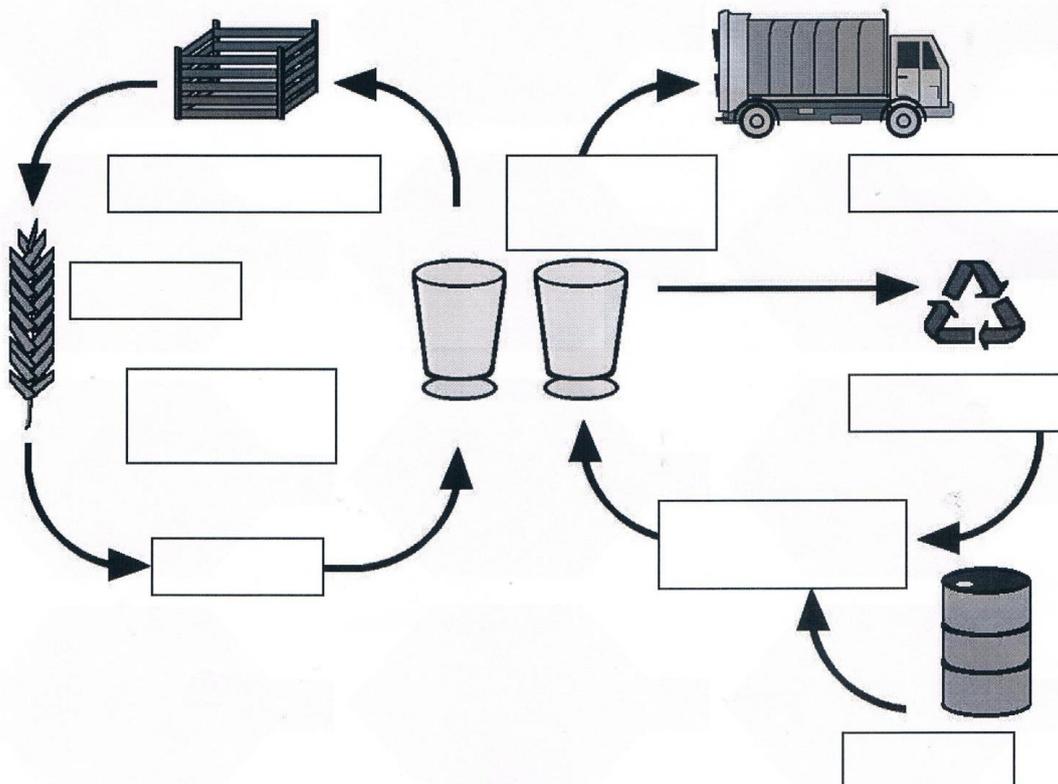
Wer und wie will man Abhilfe dieser Problematik entgegen wirken?

Arbeitsblatt: Lebenslauf eines Joghurtbechers

Erdöl enthält Kohlenwasserstoffe, aus denen man die Kunststoffe für einen Joghurtbecher gewinnen kann. Doch dieser fossile Rohstoff, der als Zersetzungsprodukt aus ehemaligen Lebewesen entstanden ist, steht nicht unbegrenzt zur Verfügung. Viele Kunststoffe sind gegen Umwelteinflüsse äußerst widerstandsfähig und bauen sich in der Natur nur schlecht ab. Bei der Einwegproduktion landen sie zur Entsorgung auf Mülldeponien, wo sie für Jahrtausende lagern. Manche Kunststoffe erzeugen bei der Müllverbrennung sehr giftige Reaktionsprodukte. Daher erscheint es sinnvoll, wenn Kunststoffe im Recycling wiederverwertet werden.

Noch besser wäre es aber, wenn man solche Verpackungen konstruiert, die zwar eine Weile stabil bleiben, die sich zur Kompostierung eignen und sich in der Natur schnell abbauen. Bei der Kreislaufwirtschaft dient der entstehende Kompost als Düngemittel zum Anbau stärke- oder cellulosehaltiger Pflanzen. Damit die Stärke verarbeitet und verformt werden kann, wird sie mit Wasser oder mit Alkoholen als Weichmacher versetzt. Auf diese Art und Weise lassen sich aus Stärke Joghurtbecher, Suppenteller oder Kaffeetassen herstellen.

Ergänze auf der Grafik die fehlenden, im Text unterstrichenen Begriffe!



Kohlenhydrate: Stärke und Zucker als Energiespeicher



Schneeglöckchen



Scharbockskraut mit Wurzelknollen

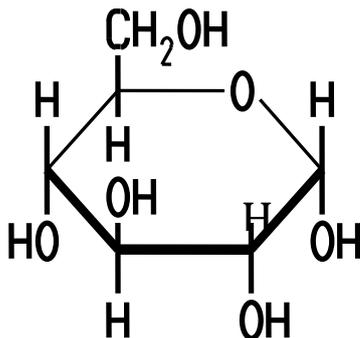
Schon im Januar blühen die ersten Pflanzen im Schnee. Frühblüher wie das Schneeglöckchen suchen sich durch den Schnee hindurch Licht und Wärme. Die Frühblüher legen über den Winter Vorräte in Form von Stärke oder Mineralstoffen in ihren Zwiebeln, Wurzelknollen oder Erdsprossen an. Diese Stoffe benötigen sie als Energiespeicher, denn so früh im Jahr reicht die Sonneneinstrahlung nicht aus, um durch Fotosynthese genügend Energie zum Austreiben der Blüten zu erzeugen.



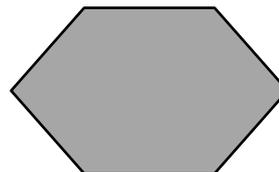
In den Wurzelknollen des Scharbockskrauts oder in den Zwiebeln der Narzissen und Tulpen kann man die Stärke mit Iod-Kaliumiodid-Lösung nachweisen. Die auf getropfte Lösung färbt sich blauschwarz oder violett. Der Versuch gelingt auch bei anderen stärkehaltigen Produkten, so auch bei Rüben, bei Kartoffelknollen oder bei Brot.

Stärke wird von den Pflanzen als Reservestoff in den Wurzeln, Blättern, Samen oder Früchten hergestellt und gespeichert. In den Pflanzen findet man Stärkekörner, wobei jede Pflanze besondere Formen ausbildet, es existieren kugelige, ovale, spindel- oder linsenförmige Strukturen.

Stärke gehört wie die Zucker zu den Kohlenhydraten. Der Begriff „Hydrat“ entstand früher fälschlicherweise daraus, dass man zuerst dachte, dass diese Stoffe Wasser enthielten. Heute weiß man jedoch, dass Kohlenhydrate aus Kohlenstoff-Atomen aufgebaut sind, die mit Wasserstoff- und Sauerstoff-Atomen verbunden sind:



Ringstruktur eines Traubenzucker-Moleküls



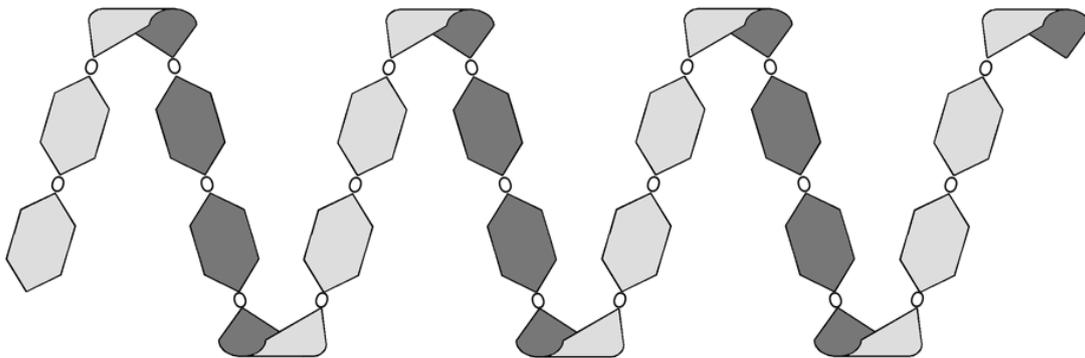
Schematische Darstellung einer Zuckereinheit

Die Pflanzen in der Natur produzieren bei der Fotosynthese Kohlenhydrate. Das Chlorophyll der grünen Blätter wandelt mit Hilfe von Lichtenergie Kohlenstoffdioxid und Wasser in Kohlenhydrate um:

Kohlenstoffdioxid + Wasser \rightarrow Kohlenhydrate + Sauerstoff

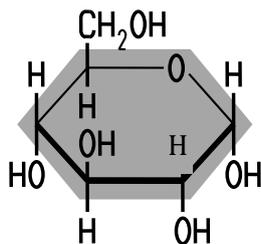
Kaut man mindestens eine Minute lang auf einem Stück Weißbrot, dann schmeckt das zerkaute Brot plötzlich süß. Wie kommt das Phänomen zustande?

Bei der Stärke im Brot sind Zucker-Einheiten zu langen Ketten miteinander verknüpft. Die in der Grafik durch ein Sechseck dargestellten Zucker-Einheiten können bei der Stärke Ketten mit mehreren hundert Kettenglieder bilden. Die Ketten bilden bei der Amylose eine schraubenförmige Anordnung, die durch Sauerstoff-Atome miteinander verknüpft sind:

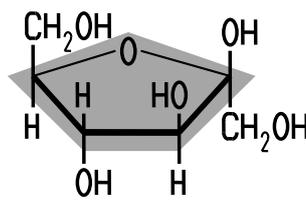


Kaut man längere Zeit auf einem Brot, dann zerlegt das Enzym Amylase im Speichel die Ketten, und man erhält kürzere Ketten. Die hierbei entstehenden Dextrine lassen sich am süßen Geschmack erkennen. Auch durch Erhitzen oder durch die Zugabe von Säure lassen sich die Ketten in kurze Abschnitte oder in einzelne Zucker-Einheiten zerlegen.

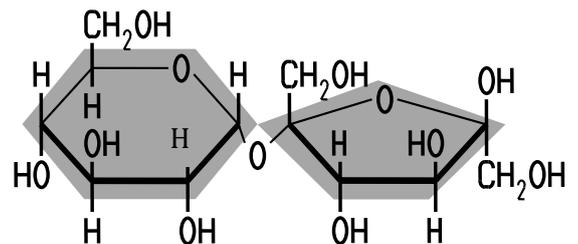
Der Mensch kann aus allen Kohlenhydraten Energie gewinnen. Nimmt er Traubenzucker zu sich, wird dieser Zucker direkt im Blut zu den Muskeln oder zum Gehirn transportiert. Traubenzucker ist dem Chemiker auch unter dem Namen Glucose bekannt. Er wird zu den Einfachzuckern oder den Monosacchariden gezählt, da ein Molekül nur aus einer Zuckereinheit aufgebaut ist. Auch die Fructose oder der Fruchtzucker zählt zu den Monosacchariden, allerdings hat diese einen etwas anderen Molekülbau. Zucker mit zwei Zucker-Einheiten im Molekül bezeichnet man als Zweifachzucker oder Disaccharide. Der Rohrzucker oder die Saccharose wird dazu gezählt. Zucker mit vielen Zucker-Einheiten heißen Vielfachzucker oder Polysaccharide. Zu welcher Zuckerart gehört also die Stärke?



Einfachzucker
(Monosaccharid)
Traubenzucker
(Glucose)



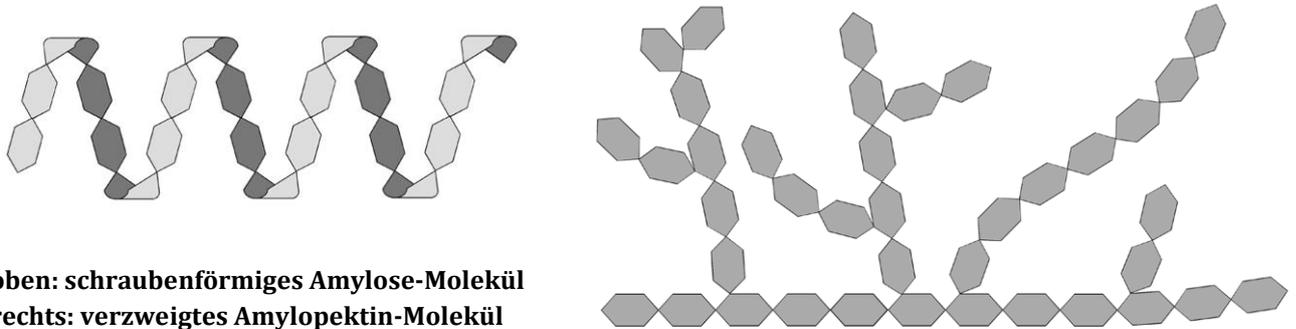
Einfachzucker
(Monosaccharid)
Fruchtzucker
(Fructose)



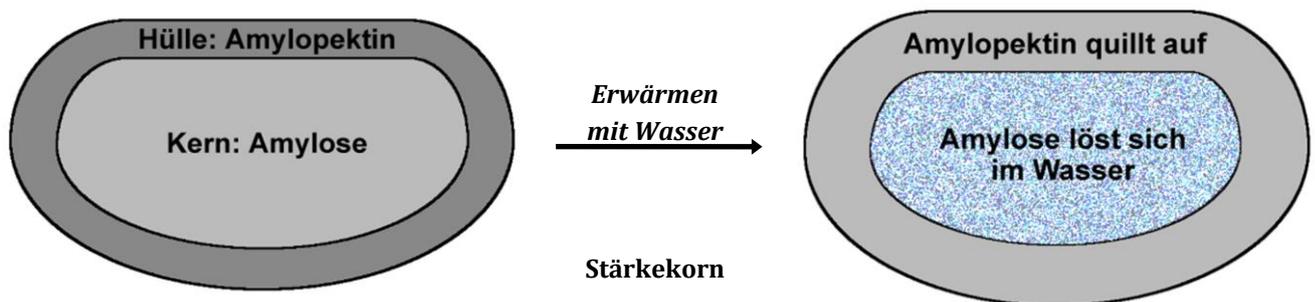
Zweifachzucker
(Disaccharid)
Rohrzucker
(Saccharose)

Quellfähigkeit und Wasserlöslichkeit der Stärke

Die Kartoffelstärke besteht etwa zu 20% aus wasserlöslicher Amylose und zu 80% aus wasserunlöslichem Amylopektin. Beim Amylopektin sind die Zuckereinheiten nicht schraubenförmig, sondern in verzweigten Ketten miteinander verbunden:

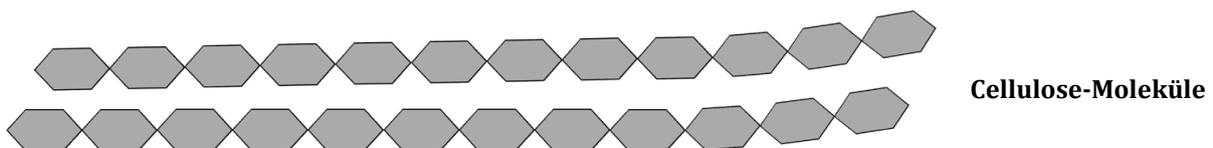


Amylopektin- und Amylose-Moleküle bilden in der Stärke eine vernetzte Struktur. Dadurch entstehen die (im Mikroskop sichtbaren) typischen Stärkekörner. Im Kern befindet sich die Amylose, die feste Hülle des Stärkekorns wird durch das Amylopektin aufgebaut.



Bei Zimmertemperatur können Wasser-Moleküle nicht durch die Hülle der Stärkekörner eindringen. Sie haften nur an der Oberfläche der Hülle. Beim Erwärmen beginnt das Amylopektin zu quellen, es nimmt dabei Wasser auf. Die Hülle wird so durchlässig, dass das Wasser zur Amylose gelangt und sich diese im Wasser löst. Die Kombination dieser beiden Wirkungen erzeugt die ab 60-70°C eintretende, typische Verkleisterung der Stärke.

Im Vergleich dazu bildet Cellulose lange, unverzweigte Ketten. Die Quellfähigkeit der Cellulose ist nicht so gut wie die der Stärke, da sich im Cellulose-Molekül keine Wasser-Moleküle einlagern können.



Cellulose kann vom Menschen nicht verdaut werden, sie stellt aber einen unentbehrlichen Ballaststoff dar. In der Natur sind die pflanzlichen Zellwände aus Cellulose aufgebaut, beispielsweise beim Holz oder bei Baumwollfasern.

Chemische Unterscheidung der Kohlenhydrate

Schülerübung 1

Geräte

1 Reagenzglasgestell
8 Reagenzgläser
1 Reagenzglashalter
2 Stopfen
1 Spatel
1 Messer
1 Becherglas 250ml
1 Thermometer
1 Heizquelle
Siedesteinchen

Stoffe

Reagenzien in Tropfflaschen:
Fehlingsche Lösung 1
Fehlingsche Lösung 2
Iod-Kaliumiodid-Lösung (frisch),
5%ige Resorcinlösung in Ethanol
10%ige Salzsäure

A = Traubenzucker (Glucose)

B = Fructozucker (Fructose)

C = Maisstärke

D = Kartoffelstärke

E = Rohrzucker (Saccharose)



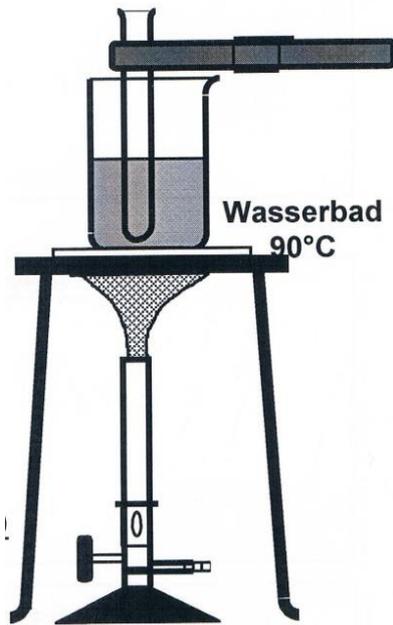
Sicherheitsvorkehrungen

Eine Schutzbrille muss aufgezogen werden!
Die Reagenz-Lösungen sind giftig oder ätzend!
Die Reste müssen fachgemäß entsorgt werden!



Vorbereitung des Wasserbades (siehe Grafik)

250ml-Becherglas mit 150ml Wasser und drei Siedesteine auf Dreifuß stellen und bis auf 90°C erhitzen.



1 Spatelspitze Substanz

1a Fehling-Probe (Unterscheidung Einfachzucker - Zweifachzucker)

1. Beschrifte 3 Reagenzgläser: Traubenzucker (A), Fruchtzucker (B) Rohrzucker (E)
2. Fülle in jedes Reagenzglas ca. 1 cm Fehlingsche Lösung 1
3. Die gleiche Menge Fehlingsche Lösung 2 zugeben
4. Stopfen aufsetzen und vorsichtig schütteln
5. Gib 1 Spatelspitze Traubenzucker (Glucose) in Reagenzglas A
6. ! danach Spatel gründlich reinigen
7. Das Reagenzglas schütteln, Stopfen abnehmen
8. 2 Minuten im Wasserbad erwärmen (mit Siedesteinchen)
9. Führe den Test erneut, mit Fruchtzucker (Fructose) und mit Rohrzucker (Saccharose) durch. Wiederhole dabei die Arbeitsschritte 5 – 8.

1b Seliwanoff-Probe (Unterscheidung Fructose - Traubenzucker)

1. Beschrifte 2 neue Reagenzgläser mit A und B
2. In Reagenzglas A, ca. 1 cm hoch 10%iger Salzsäure füllen, 10 Tropfen Resorcinlösung und eine Spatelspitze Traubenzucker zugeben und schütteln
3. In Reagenzglas B, ca. 1 cm hoch 10%ige Salzsäure füllen, 10 Tropfen Resorcinlösung und eine Spatelspitze Fructose zugeben und schütteln.
4. Beide Reagenzgläser gleichzeitig in das Wasserbad stellen
5. Beobachte! Nach der ersten Verfärbung beide Reagenzgläser aus dem Wasserbad nehmen

1c Iod-Kaliumiodid-Probe (Stärkenachweis)

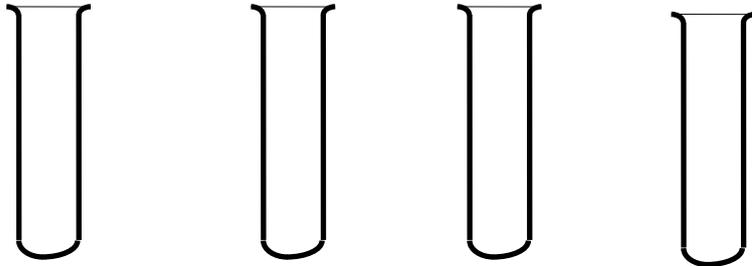
1. Eine dünne Kartoffelscheibe abschneiden
2. Iod-Kalium-Iodidlösung auf die Scheibe tropfen
3. Beobachte!
4. Beschrifte ein Reagenzglas mit C
5. Eine Spatelspitze Maisstärke in Reagenzglas C geben und mit ca. 3 cm destilliertem Wasser auffüllen. Schütteln
6. Gebe 2 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung in Reagenzglas C
7. Beobachte!

Chemische Unterscheidung der Kohlenhydrate

Protokollblatt - Schülerübung 1

1a Fehling-Probe

Zeichne in die Reagenzgläser die Farbe nach der Reaktion



Fehling 1 + 2
nach dem Schütteln

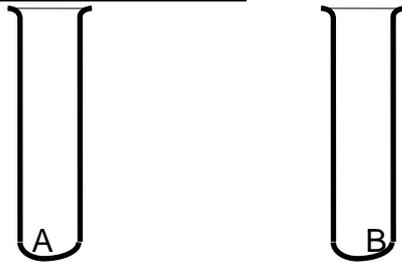
mit Glucose
Erwärmen

mit Fructose
Erwärmen

mit Saccharose
Erwärmen

Beobachtung

1b Seliwanoff-Probe

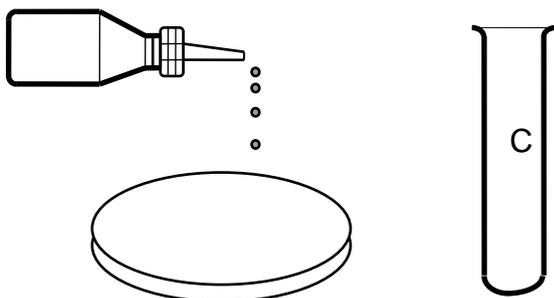


Seliwanoff-Probe
mit Glucose

Seliwanoff-Probe
mit Fructose

Unterschied

1c Iod-Kaliumiodid-Probe (Stärkenachweis)



Gelingt der Stärkenachweis?

Einfluss von Enzymen und Säuren auf die Stärke

Schülerübung 2

Geräte

1 Reagenzglasgestell
8 Reagenzgläser
1 Reagenzglashalter
2 Stopfen
1 Spatel
1 Becherglas 250ml
1 Becherglas 400ml
1 Thermometer
1 Heizplatte
1 Trinkhalm
Siedesteinchen

Stoffe

Destilliertes Wasser
Iod-Kaliumiodid-Lösung
10%ige Salzsäure
C = Maisstärke
D = Kartoffelstärke



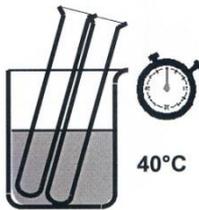
Sicherheitsvorkehrungen

Eine Schutzbrille muss aufgezogen werden!
Salzsäure ist ätzend!
Iod-Kaliumiodidlösung ist giftig!



Versuch 2a: Einfluss der Speichel-Enzyme auf die Stärke

1. Beschrifte 2 Reagenzgläser mit C1 und C2
2. Gib in beide Reagenzgläser jeweils eine Spatelspitze Maisstärke
3. Spucke in Reagenzglas C1 über einen Trinkhalm hinein, bis die Stärke bedeckt ist
4. Fülle beide Reagenzgläser mit ca. 4 cm dest. Wasser auf und schüttle (Stopfen)
5. Fülle in das Becherglas (400 ml) bis zur Hälfte ca. 40 ° C heißes Wasser
6. Stelle die Reagenzgläser mindestens 30 Minuten lang in das Wasserbad



7. Führe in der Zwischenzeit Versuch 2 b durch
8. Tropfe jeweils 2 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung in die Reagenzgläser, vergleiche die Verfärbungen

Versuch 2b Einfluss von Säure und Hitze auf die Stärke

- Beschrifte 2 Reagenzgläser mit C3 und C4
- Gib in beide Reagenzgläser eine Spatelspitze Maisstärke
- In Reagenzglas C3, ca. 2 cm 10 % Salzsäure füllen
- In Reagenzglas C4, ca. 2 cm dest. Wasser füllen
- Wasserbad herstellen (Erhitze 150ml Wasser mit 3 Siedesteinchen im 250ml-Becherglas bis zum Sieden)
- Beide Reagenzgläser 3 Minuten lang in das siedende Wasserbad stellen



1. Kühle die Reagenzgläser vorsichtig unter kaltem Wasser ab
2. Tropfe jeweils 2 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung in die Reagenzgläser
Vergleiche die Färbung

! Vergesse Versuch 2a nicht zu beenden!

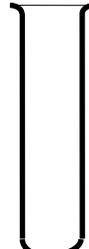
**Wo ist mehr und wo ist weniger Stärke nachweisbar?
Erörtere den Einfluss der Speichel-Enzyme.
Welches Produkt entsteht?**

Einfluss von Enzymen und Säuren auf die Stärke

Protokollblatt - Schülerübung 2

Versuch 2a: Einfluss der Speichel-Enzyme auf die Stärke

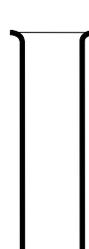
Zeichne in die Reagenzgläser die jeweiligen Färbungen nach der Reaktion

 C1 Stärke + <u>Speichel</u> + Wasser	 40°	 C1 Stärke + <u>Speichel</u> + Wasser + Iod- Kaliumiodid- Lösung	 C2 Stärke + Wasser	 40°	 C2 Stärke + Wasser + Iod- Kaliumio- did-Lösung
--	--	--	---	--	---

Zusammenfassung

Versuch 2b Einfluss von Säure und Hitze auf die Stärke

Zeichne in die Reagenzgläser die jeweiligen Färbungen nach der Reaktion

 C3 Stärke + + <u>Salzsäure</u>	 100°C	 C3 Stärke + <u>Salzsäure</u> + Iod- Kaliumiodid- Lösung	 C4 Stärke + <u>Wasser</u>	 100°	 C4 Stärke + <u>Wasser</u> + Iod- Kaliumio- did-Lösung
---	--	---	--	---	--

Zusammenfassung

Übersicht

	Kaliumiodid-Probe	Ergebnis
Stärke + <u>Speichel</u> + Wasser + Iod-Kaliumiodid-Lösung (C1)		
Stärke + <u>Wasser</u> + Iod-Kaliumiodid-Lösung (C2/C4)		
Stärke + <u>Salzsäure</u> + Iod-Kaliumiodid-Lösung (C3)		

Verkleisterung der Stärke beim Erhitzen

Schülerübung 3

Geräte

1 Mikroskop bis 400fach	1 Thermometer
1 Objektträger	1 Reagenzglasgestell
Deckgläser	8 Reagenzgläser
1 Pipette	1 Reagenzglashalter
1 Messer	1 Stopfen
1 Spatel	1 Glasstab
Becherglas 100ml	1 Heizplatte
Becherglas 250ml	

Stoffe

Destilliertes Wasser
Iod-Kaliumiodidlösung
D = Kartoffel
C = Maisstärke
F = Evtl. Erbsenstärke



Sicherheitsvorkehrungen

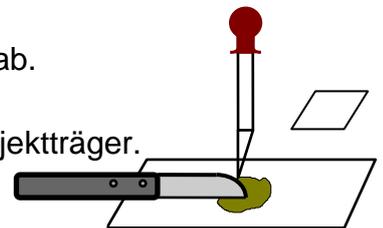
Eine Schutzbrille muss aufgezogen werden!

Iod-Kaliumiodidlösung ist giftig! Nicht berühren!



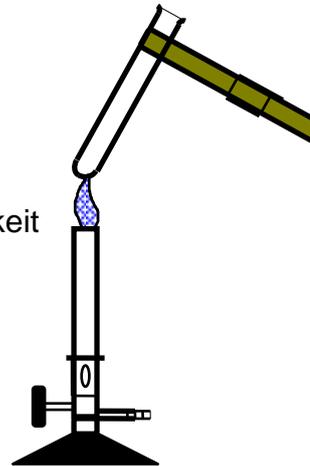
3a Stärkekörner im Mikroskop

- Kratze mit dem Messer ein wenig von einer Kartoffelscheibe ab.
- Gib das Material mit Hilfe eines Wassertropfens auf einen Objektträger.
- Lege ein Deckglas darauf.
- Mikroskopiere zunächst bei 40-facher Vergrößerung dann bei 100-facher Vergrößerung.
- Stelle danach ein angefärbtes Präparat her: Gib 1 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung auf den Objektträger. Betrachte die gefärbten Stärkekörner wieder unter dem Mikroskop. Erstelle eine Zeichnung (s. Arbeitsblatt).
- Zusatz: Betrachte im Mikroskop Stärkekörner von anderen Stärkesorten, z.B. Maisstärke oder Erbsenstärke und zeichne diese. Beschreibe ihr Aussehen.



3b Verhalten der Stärke beim Erhitzen, Stärkekleber herstellen

1. Gib in Reagenzglas C ca. 1cm Maisstärke und fülle ca. 4cm destilliertes Wasser hinzu
2. Schüttele. Löst sich die Stärke?
3. Mischung bei geringer Wärmezufuhr langsam erwärmen.
4. Schüttele vorsichtig. Beobachte die Löslichkeit
5. Steche mit einem Glasstab hinein und überprüfe die Zähflüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen
6. Lösung abkühlen
7. Erneut Glasstabprobe durchführen
8. Sehr wenig vom entstandenen Stärkekleister auf Objektträger geben
9. Mit einem Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung anfärben, Deckglas darauf legen
10. Mikroskopiere und zeichne (s. Arbeitsblatt)
11. Beschreibe die Veränderungen bei den Stärkekörnern!
12. Klebe mit dem Kleister Papierschnipsel auf
13. Halten diese nach dem Trocknen?



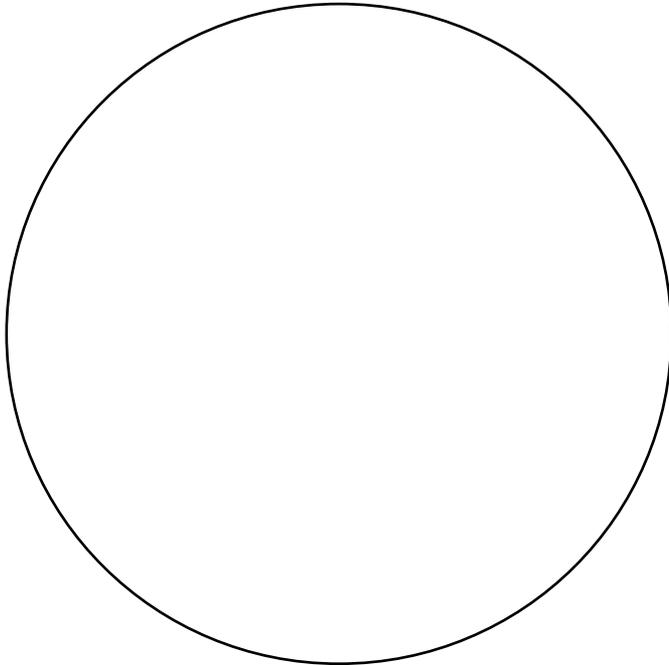
Verkleisterung der Stärke beim Erhitzen

Protokollblatt - Schülerübung 3

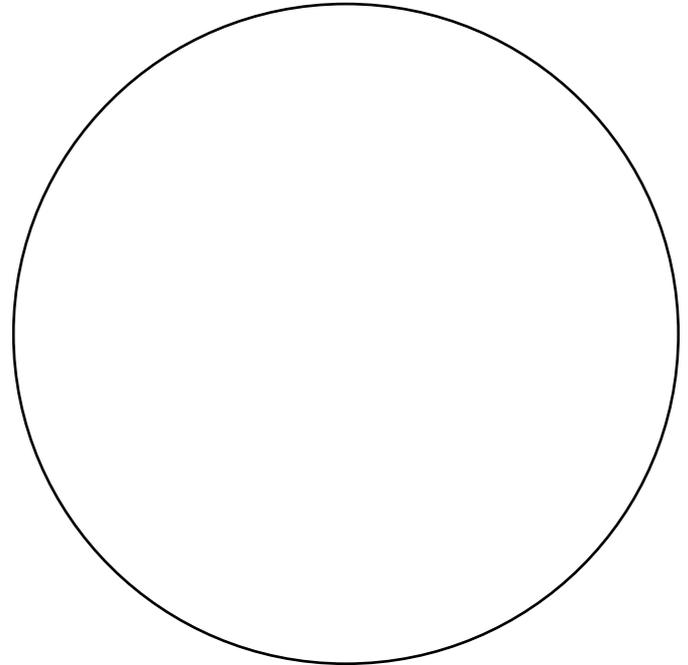
Erstelle Zeichnungen der mikroskopischen Bilder. Schätze die Größe ab:

Zu 3a Nr. 5

zu 3b Nr. 10



Stärkekorner der Kartoffelstärke oder



Veränderte Stärkekorner im Stärke-Kleister

Beschreibung

Beschreibung

Klebe in den Kasten rechts mit Hilfe des selbst hergestellten Stärkekleisters Papierschnipsel auf. Beurteile die Haftkraft:



Stärkegewinnung aus Kartoffeln

Schülerübung 4

Geräte

1 Messer
1 Spatellöffel
1 Haushalts-Sieb
1 Reibe
1 Becherglas 400ml
1 Schraubglas
1 Becherglas 100ml
1 Einweg-Pipette
1 Rundfilterpapier
1 Mikroskop
1 Objektträger
1 Deckgläschen

Stoffe

Kartoffel
Iod-Kaliumiodid-Lösung
Dest. Wasser
Zeitung



Sicherheitsvorkehrungen

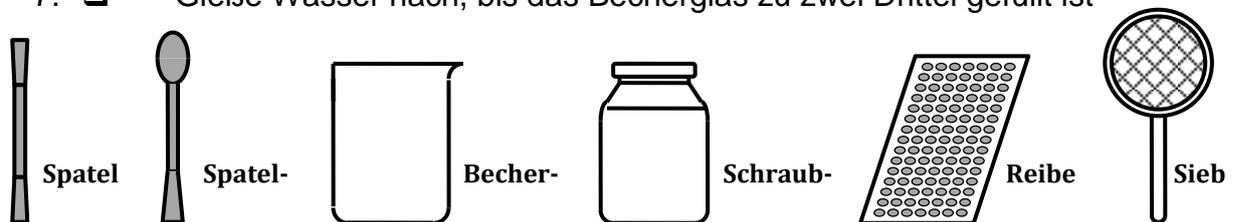
Wird Iod-Kaliumiodid-Lösung eingesetzt,



Prinzip der Herstellung Die Gewinnung von Stärke erfolgt aus Mais oder Kartoffeln. Die Kartoffeln werden zerrieben, damit die Zellwände aufreißen. Dann werden die Stärkekörner herausgewaschen. Die Eiweißstoffe verursachen das Schäumen, ihre Abtrennung erfolgt durch Aufschlännen. Die schwereren Stärkekörner sinken zu Boden. Die groben Zellbestandteile trennt man mit einem Sieb ab, dabei setzen sich die Stärkekörner in einer milchigen Suspension ab.

Arbeitsanleitung

1. Entferne mit einem Messer die Schalen einer rohen Kartoffel
2. Reibe die Kartoffel
3. Fülle den Brei in das Schraubglas und gib 200ml Wasser hinzu
4. Schraube den Deckel fest auf und schüttele das Glas kräftig
5. Lass den Inhalt nach dem Schütteln drei Minuten lang stehen
6. Setze ein feines Haushalts-Sieb auf das 400ml-Becherglas und schüttele den Inhalt aus dem Schraubglas in das Sieb
7. Gieße Wasser nach, bis das Becherglas zu zwei Drittel gefüllt ist



8. Die entstehende Suspension im Becherglas ca. fünf Minuten ruhig stehen lassen
9. Stärke am Boden absetzen lassen. Beobachte! Welche Farbe hat die Stärke?
10. Gieße die darüber stehende Flüssigkeit vorsichtig ab, sodass die Stärke im Glas verbleibt.
Der Chemiker nennt diese Trennung Dekantieren
11. Rundfilterpapier auf ein Zeitungsblatt legen.
12. Die gewonnene Stärke mit dem Spatel herauskratzen und auf ein Filterpapier geben. Stärke an der Luft trocknen lassen
13. Die gewonnenen Stärkekörner mikroskopieren. Gehe dabei vor wie in Schülerübung 4 und färbe die Stärkekörner mit verdünnter Iod-Kaliumiodid- Lösung an. Diese Untersuchung kann auch mit der feuchten Stärke durchgeführt werden

Stärkegewinnung aus Kartoffeln

Protokollblatt - Schülerübung 4

Erstelle sechs beschriftete Zeichnungen, in der das Ablaufschema dargestellt wird:

1. Zerreiben	2. Ausschütteln der Stärkekörner in Wasser
3. Aufschlämmen der Eiweißstoffe	4. Absieben der groben Bestandteile
5. Absetzen lassen und Dekantieren	6. Trocknen

Biologisch abbaubare Folie aus Stärke

Schülerübung 5

Geräte

1 Becherglas 250ml
1 Uhrglas
1 Glasstab
1 Löffel
1 Pipette
1 Messzylinder 25ml
1 Prospekthülle
1 Heizplatte
1 Mundspatel

Stoffe

Destilliertes Wasser
C = Maisstärke
D = evtl. Kartoffelstärke
Glycerin,
Lebensmittelfarbstoff flüssig

Sicherheitsvorkehrungen



Beim Erhitzen von Stoffen und beim Arbeiten mit dem Brenner ist eine Schutzbrille aufzuziehen.

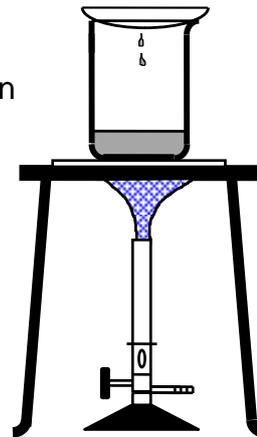


Informationen Für die Produktion von Kunststoffen benötigt es Erdöl, deren Vorräte irgendwann erschöpft sind. Werden Joghurtbecher aus diesen Kunststoffen gefertigt, benötigt es bis zu 500 Jahre, bis die Becher in der Natur auf einer Müllhalde verrottet sind. Wie lässt sich alternativ dazu ein umweltfreundlicher Joghurtbecher aus nachwachsenden Rohstoffen herstellen?

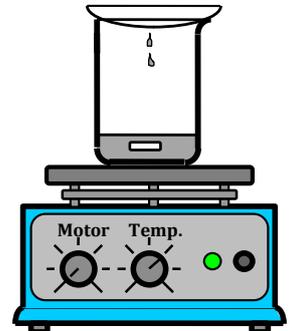
Anleitung

1. 20ml destilliertes Wasser und einen gehäuften Teelöffel Maisstärke in das Becherglas (250ml) geben
2. Umrühren und 1ml Glycerin hinzugeben
3. Becherglas auf die vorgeheizte Heizplatte stellen

Uhrglas auf das Becherglas legen
Info: Dieses dient als einfache Apparatur zur Rückflusskühlung



Alternative zum Rühren:
Magnetrührer einsetzen



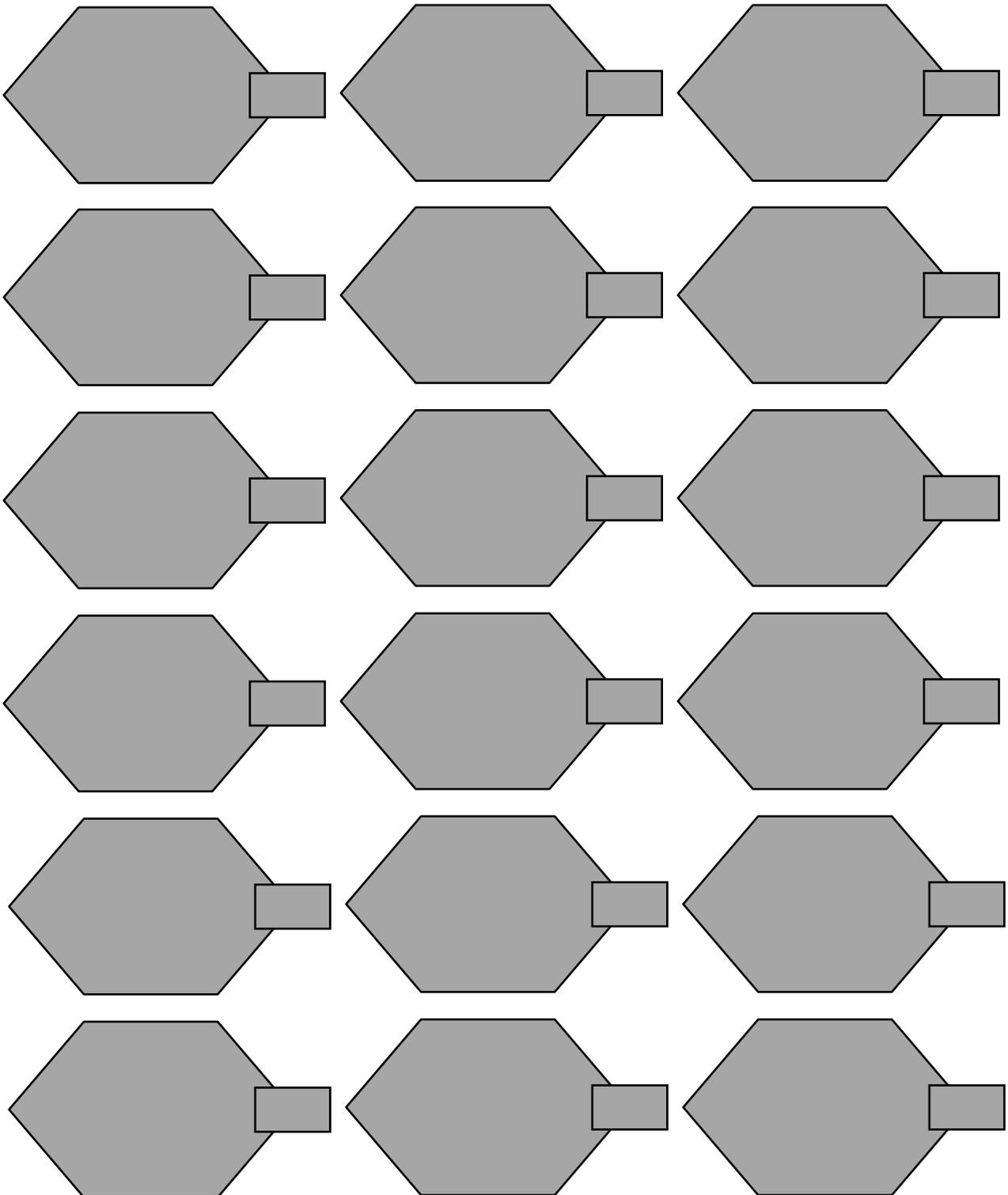
4. Bis zum Sieden erhitzen, unter schwachem Sieden weiter erhitzen (ca. 15 Min.), umrühren, um Verklumpungen zu vermeiden
5. Mit ein paar Tropfen Lebensmittelfarbstoff anfärben
6. Masse kurz vor dem Abgießen intensiv umrühren. Es dürfen keine Blasen entstehen
7. Masse gleichmäßig und blasenfrei auf die Prospekthülle streichen (mit Mundspatel)
8. für 1-2 Tage an der Luft trocknen oder maximal 2 Stunden bei 90°C im Trockenschrank trocknen
9. Die fertige und getrocknete Folie vorsichtig abziehen
Überprüfe diese auf ihre Festigkeit

Mögliche Vertiefungen und Variationen

- Führe den Versuch mit Kartoffelstärke durch.
- Wie unterscheidet sich eine Folie ohne Verwendung von Glycerin?
- Entwickle ein Verfahren, das Aufschluss darüber gibt, wie gut die Folie im Freien biologisch abbaubar ist!

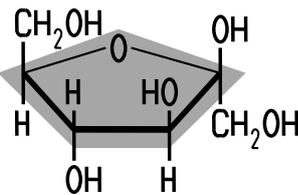
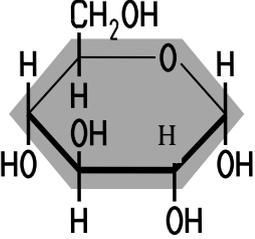
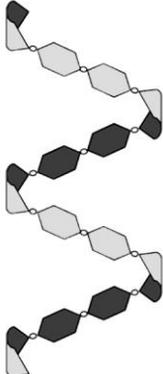
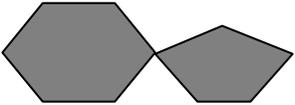
Druckvorlage: Bau eines Amylose-Moleküls

- Schneide die Zuckereinheiten aus. Klebe die Zuckereinheiten an den Verbindungsstellen zusammen und drehe das Modell zu einer Schraube.
- Durch welche Atomsorte sind die einzelnen Zuckereinheiten miteinander verknüpft? Zeichne die Atomsorte ein!
- Wie könnte man dieses Molekül chemisch zerlegen?

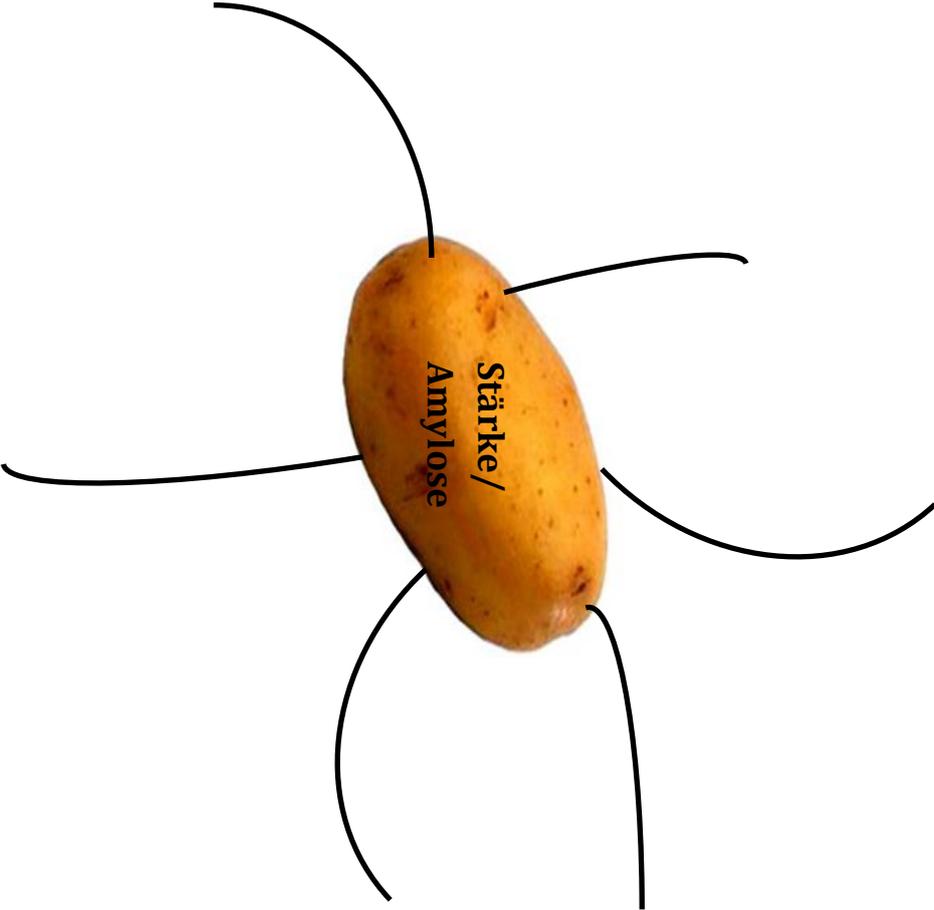


Puzzle: Kohlenhydrate

Aufgabe: Schneide die 16 Puzzleteile aus und klebe sie in der richtigen Anordnung auf. Achtung! Die Zuordnungen unten sind nicht richtig angeordnet!

Traubenzucker	Fruchtzucker	Rohrzucker	Stärke Amylose
			
Zweifachzucker	Einfachzucker	Einfachzucker	Vielfachzucker
Iod-Kaliumiodid- Probe positiv	Fehling-Probe positiv	Fehling-Probe negativ	Fehling-Probe positiv

Mind-Map Stärke



Tätigkeit mit Gefahrstoff? **X Ja** **Nein**

Substitution möglich? **Ja** **X Nein**

Gefahren durch Einatmen oder Hautkontakt? **X Ja** **Nein**

Beurteilung:

Brand- und Explosionsgefahr? **Ja** **X Nein**

Beurteilung:

Sonstige Gefahren? **Ja** **X Nein**

Beurteilung: Verbrennungsgefahr durch Arbeiten mit Bunsenbrenner

Ergebnis:

**TRGS
500**



Abzug



geschl.
System



Lüftungs-
maß-
nahmen

weitere Maßnahmen:

x

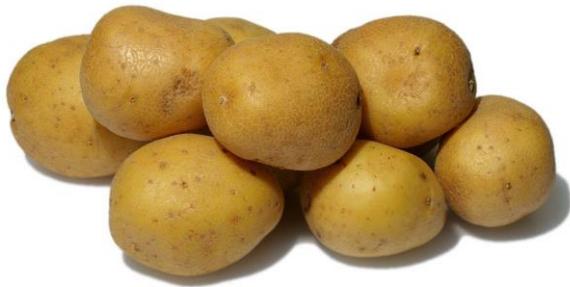
x

Nitril

Entsorgung des
Reagenzglasinhalts in
Chemikalien-
Sammelgefäß („Abfälle
Starke Stärke“)

Datum:

Unterschrift: _____



© Thomas Seilnacht

Folie 01: Kartoffel



© Thomas Seilnacht

Folie 02: Nahrungsmittel



© Thomas Seilnacht

Folie 03: Schneeglöckchen



© Thomas Seilnacht

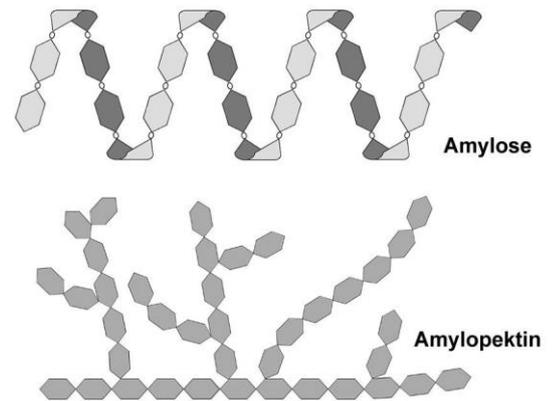
Folie 04: Scharbockskraut

Stärkenachweis



© Thomas Seilnacht

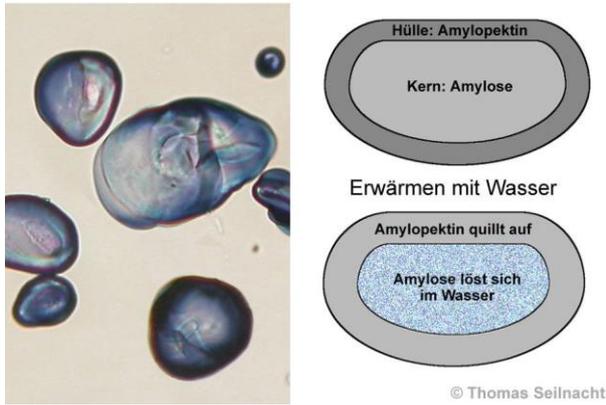
Folie 05: Stärkenachweis



© Thomas Seilnacht

Folie 06: Amylose-Amylopektin

Quellen der Stärkekörner in Wasser



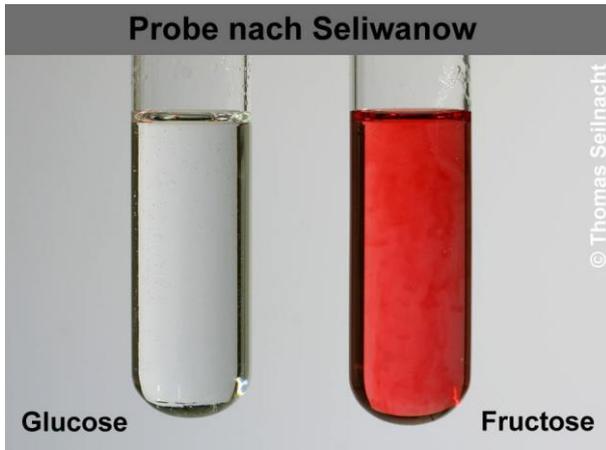
© Thomas Seilnacht

Folie 07: Quellfähigkeit von Stärkekörnern

Zuckernachweis mit der Fehling-Probe

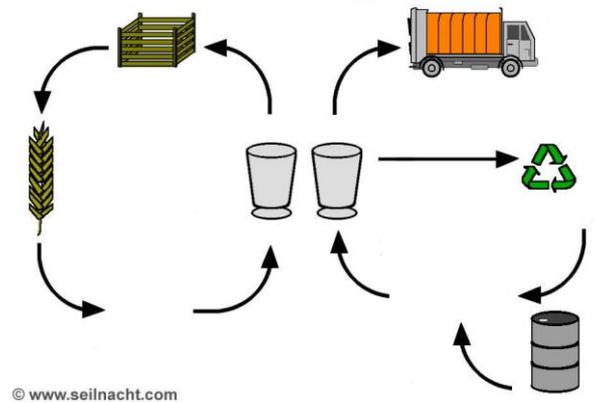


Folie 08: Fehling-Probe



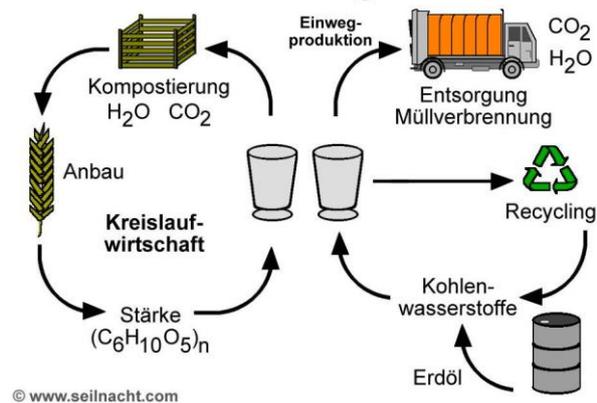
Folie 09: Seliwanoff-Probe

Lebenslauf eines Joghurtbechers



Folie 10: Lebenslauf eines Joghurtbechers

Lebenslauf eines Joghurtbechers



Folie 11: Joghurtbecher (Lösung)



Folie 12: Geschirr kompostierbar

Materialliste für Experimentierbox

<u>Laborgeräte</u>	<i>in Ordnung</i>	<i>fehlt</i>	<i>defekt</i>	<i>auffüllen</i>
Reagenzglasgestell				
8 Reagenzgläser				
2 Gummistopfen				
Reagenzlashalter				
Glasrührstab				
Spatel				
Spatellöffel				
Messer				
Einwegpipetten				
Messzylinder 25ml				
Becherglas 100ml				
Becherglas 250ml				
Becherglas 400ml				
Thermometer				
Rundfilterpapier				
Uhrglas				
Holzmundspatel				
Zeitungspapier				
<u>Küchengeräte</u>				
Reibe fein				
Haushaltssieb				
Schraubglas				
PE-Prospekthülle				
Trinkhalme				
Holzbrettchen				
wasserlöslicher Folienstift				
<u>Chemikalien</u>				
Fehlingsche Lösung I				
Fehlingsche Lösung II				
Iod-Kaliumiodlösung nach Lugol				
Resorcin in Ethanol				
Destilliertes Wasser				
Glycerin w=50				
Salzsäure 10%				
Siedesteinchen				
Kartoffel (immer frisch)				
Traubenzucker				
Fruchtzucker				
Rohrzucker				
Maisstärke				
Kartoffelstärke				
Erbsenstärke				
Lebensmittelfarbe vom Lehrer				

Anhang 6: Materialliste Experimentierkiste



Anhang 7: Experimentierkisten, Schülerinnen beim Experimentieren

Anhang 8: Fragebogen „Starke Stärke“



Nachtest

(2 Nachtest -STATE)

Trage bitte deine ID ein:



Liebe Schülerin, lieber Schüler,
in den letzten Wochen hast du etwas über das Thema „Starke Stärke“ erarbeitet (außer die „Kontrollgruppe“). Jetzt bin ich gespannt, wie dir der Unterricht und das Thema gefallen haben und was du dabei gelernt hast. Manche Fragen und Aufgaben kennst du schon aus dem ersten Test, denn wir möchten herausfinden, ob sich durch den Unterricht etwas verändert hat. Es wäre schön, wenn du dir auch bei diesem Test wirklich Mühe geben würdest. Die Zeit reicht gut aus, um alle Aufgaben zu bearbeiten. Da manche aber schneller, andere langsamer arbeiten, müssen wir schauen, dass es ruhig bleibt, bis alle fertig sind.

Die Befragung ist freiwillig und anonym. Bitte schreibe keinen Namen auf das Testheft! Deine Antworten bleiben geheim. Es geht um deine persönliche Erfahrung, bitte schreibe nicht ab. Bitte lies dir jede Frage genau durch und beantworte sie,

Das Ausfüllen ist einfach.

- ➔ Manche Fragen sind so formuliert, dass du zwischen zwei Möglichkeiten entscheiden sollst.
- ➔ Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an! Mache keine Kreuze zwischen die Kästchen.

Beispiel:

Ich mag Vanilleeis	richtig <input checked="" type="checkbox"/>	falsch <input type="checkbox"/>
--------------------	--	------------------------------------

- ➔ Bei manchen Fragen gibt es mehrere Antwortmöglichkeiten. Bitte achte immer auf die Antwortmöglichkeiten in der ersten Zeile!

Beispiel:

Nach dem Essen bin ich oft müde.	trifft gar nicht zu <input type="checkbox"/>	trifft eher nicht zu <input checked="" type="checkbox"/>	trifft eher zu <input type="checkbox"/>	trifft völlig zu <input type="checkbox"/>
----------------------------------	---	---	--	--

- ➔ Manchmal sollst du etwas aufschreiben.

Beispiel: Meine Lieblingsfarbe ist:

Thema Naturwissenschaften. Was trifft auf dich zu?

Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.

trifft gar nicht zu 1	trifft eher nicht zu 2	trifft eher zu 3	trifft völlig zu 4
-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------	-----------------------------

Ich interessiere mich für naturwissenschaftliche Inhalte.	[]	[]	[]	[]
Bei der Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen lerne ich etwas, das für mich sehr wichtig ist.	[]	[]	[]	[]
Ich beschäftige mich auch außerhalb der Schule mit Naturwissenschaften.	[]	[]	[]	[]
Ich könnte mir vorstellen, später einen Beruf im naturwissenschaftlichen Bereich zu erlernen.	[]	[]	[]	[]
Ich rede gerne mit meiner Familie über naturwissenschaftliche Themen.	[]	[]	[]	[]
Ich beschäftige mich gerne mit naturwissenschaftlichen Problemen.	[]	[]	[]	[]
Im Allgemeinen macht es mir Spaß, mich mit naturwissenschaftlichen Themen zu befassen.	[]	[]	[]	[]
Naturwissenschaften liegen mir nicht besonders.	[]	[]	[]	[]
Ich bin gut in Naturwissenschaften.	[]	[]	[]	[]
Für Naturwissenschaften habe ich einfach keine Begabung.	[]	[]	[]	[]
Ich kann anspruchsvolle Inhalte in den Naturwissenschaften leicht lernen.	[]	[]	[]	[]
Ich finde den Stoff in den Naturwissenschaften einfach.	[]	[]	[]	[]
Es fällt mir leicht, neue Ideen in den Naturwissenschaften zu verstehen.	[]	[]	[]	[]
Ich muss viel Zeit investieren, um in den Naturwissenschaften Erfolg zu haben.	[]	[]	[]	[]
Ich müsste viel Freizeit opfern, um in den Naturwissenschaften gut zu sein.	[]	[]	[]	[]
Ich möchte, über die Naturwissenschaften viel lernen.	[]	[]	[]	[]
Es ist für mich persönlich wichtig, eine gute Naturwissenschaftlerin oder ein guter Naturwissenschaftler zu sein.	[]	[]	[]	[]
Naturwissenschaften gehören für mich persönlich zu den wichtigsten Dingen.	[]	[]	[]	[]
An einem naturwissenschaftlichen Problem zu knobeln, macht mir einfach Spaß.	[]	[]	[]	[]
Ich mag, was wir in den Naturwissenschaften lernen.	[]	[]	[]	[]
Naturwissenschaften sind auch außerhalb der Schule wichtig.	[]	[]	[]	[]
Gute Fähigkeiten in den Naturwissenschaften werde ich in meinem späteren Leben (Ausbildung, Beruf) benötigen.	[]	[]	[]	[]
Nach meiner Schulzeit will ich mit den Naturwissenschaften nichts mehr zu tun haben.	[]	[]	[]	[]
Naturwissenschaften sind mir eigentlich ziemlich egal.	[]	[]	[]	[]
Ich werde in meinem Leben die Naturwissenschaften noch oft benötigen.	[]	[]	[]	[]

Thema Chemie. Was trifft auf dich zu?

Nach meiner Schulzeit will ich mit Chemie nichts mehr zu tun haben.	[]	[]	[]	[]
Gute Fähigkeiten in Chemie werde ich für mein späteres Leben benötigen.	[]	[]	[]	[]
Chemie ist auch außerhalb der Schule sehr wichtig.	[]	[]	[]	[]
Ich werde in meinem Leben die Chemie noch oft benötigen.	[]	[]	[]	[]
Ich interessiere mich für Chemie.	[]	[]	[]	[]
Chemie zu verstehen ist mir wichtig.	[]	[]	[]	[]
Chemie gehört für mich persönlich zu den wichtigsten Dingen.	[]	[]	[]	[]
Für Chemie habe ich einfach keine Begabung.	[]	[]	[]	[]
Chemie fällt mir leicht.	[]	[]	[]	[]
Was wir in Chemie durchnehmen, kann ich mir schlecht merken.	[]	[]	[]	[]

Naturwissenschaftlicher Unterricht (NWA oder Chemie, Physik und Biologie): Welche Aussagen treffen auf dich zu?

Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.

trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
1	2	3	4

Im naturwissenschaftlichen Unterricht muss ich viel Zeit aufwenden, um eine gute Note zu bekommen.	[]	[]	[]	[]
Um im naturwissenschaftlichen Unterricht gut zu sein, müsste ich viel Freizeit opfern.	[]	[]	[]	[]
Eine gute Note im naturwissenschaftlichen Unterricht kann mir später sehr nutzen.	[]	[]	[]	[]
Ich hätte gerne mehr naturwissenschaftliche Unterrichtsstunden.	[]	[]	[]	[]
Mir liegt viel daran, den Stoff im naturwissenschaftlichen Unterricht zu behalten.	[]	[]	[]	[]
Ich freue mich auf die naturwissenschaftlichen Unterrichtsstunden.	[]	[]	[]	[]
Ich meine, dass man den Stoff im naturwissenschaftlichen Unterricht auch später gut gebrauchen kann.	[]	[]	[]	[]
Ich halte den naturwissenschaftlichen Unterricht für sehr wichtig.	[]	[]	[]	[]
Im naturwissenschaftlichen Unterricht vergeht die Zeit meist wie im Flug.	[]	[]	[]	[]

... und in deiner Familie?

Bei mir zuhause gibt es Bücher oder Filme, die etwas mit Naturwissenschaften zu tun haben.	[]	[]	[]	[]
Manchmal sprechen wir in unserer Familie über naturwissenschaftliche Themen.	[]	[]	[]	[]
Meine Eltern interessieren sich für das, was ich im naturwissenschaftlichen Unterricht lerne.	[]	[]	[]	[]
Meine Eltern sagen, dass Unterricht in den Naturwissenschaften wichtig ist.	[]	[]	[]	[]

Wie viel Interesse hast du daran, etwas über die folgenden naturwissenschaftlichen Themen zu lernen?

Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.

	kein Interesse	geringes Interesse	mittleres Interesse	hohes Interesse
	1	2	3	4
Themen in Physik	[]	[]	[]	[]
Themen in Chemie	[]	[]	[]	[]
Die Biologie der Pflanzen	[]	[]	[]	[]
Die Biologie des Menschen	[]	[]	[]	[]
Themen in Astronomie	[]	[]	[]	[]
Themen in Geologie	[]	[]	[]	[]
Themen in EWG	[]	[]	[]	[]
Wie Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler Experimente gestalten	[]	[]	[]	[]
Was für naturwissenschaftliche Erklärungen erforderlich ist	[]	[]	[]	[]

Bitte beantworte die Fragen ohne lange nachzudenken.

Zunächst werden dir einige Situationen, die beim Experimentieren auftauchen können, beschrieben.

Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.

a) Der Lehrer führt mit der 9. Klasse im NWA-Unterricht ein Experiment durch. Er bittet Jan genau 25 ml Wasser zu holen. **Welches Arbeitsgerät benötigt Jan?**

Lupe	Batterie	Waage	Messzylinder	Mikroskop	Binokular	Becherglas	Amperemeter
1 []	2 []	3 []	4 []	5 []	6 []	7 []	8 []

b) Karl hat von seinem Lehrer einen Arbeitsauftrag erhalten. Er soll ein möglichst stark vergrößertes, räumliches Bild eines Schneckenhauses zeichnen. **Welches Hilfsmittel benötigt Karl?**

Lupe	Batterie	Waage	Messzylinder	Mikroskop	Binokular	Becherglas	Amperemeter
1 []	2 []	3 []	4 []	5 []	6 []	7 []	8 []

c) Frank möchte die Leitfähigkeit einer unbekanntes Lösung messen. **Welches Hilfsmittel sollte er benutzen?**

Lupe	Batterie	Waage	Messzylinder	Mikroskop	Binokular	Becherglas	Amperemeter
1 []	2 []	3 []	4 []	5 []	6 []	7 []	8 []

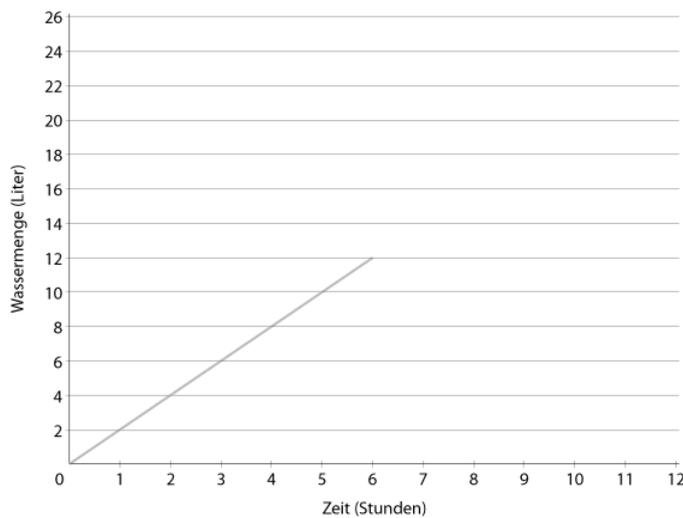
Susanne und Nina haben von ihrer Mutter die Aufgabe bekommen, das Badezimmer sauber zu machen.

Die Mutter hat ihnen einige Haushaltsreiniger bereitgestellt. Auf der ersten Flasche steht Essigreiniger. Susanne dreht diese Flasche auf und riecht an der Flüssigkeit. Schnell zieht sie ihre Nase weg, da der stechend-ätzende Geruch des Reinigers sehr unangenehm ist. Währenddessen nimmt Nina etwas Rohrreiniger und schüttet eine große Portion in den Abfluss. Etwas von der Flüssigkeit gelangt dabei an ihre Haut. Abends ist diese Stelle der Haut immer noch rötlich und gereizt. **Was zeigt diese Erfahrung den Mädchen?**

Bitte setze ein Kreuz.

Alle Haushaltsreiniger sind ätzend.	Rohrreiniger sind gefährlicher als Essigreiniger.	Einige Haushaltsreiniger können menschliche Organe reizen.	Essigreiniger sind gefährlicher als Rohrreiniger.	Haushaltreiniger sind für menschliche Organe reizend, solange sie ohne Wasser verwendet werden.
1 [<input type="checkbox"/>]	2 [<input type="checkbox"/>]	3 [<input type="checkbox"/>]	4 [<input type="checkbox"/>]	5 [<input type="checkbox"/>]

Das Diagramm zeigt den Wasserstand eines Schiffs mit einem Leck im Verlauf der letzten 6 Stunden.



Wie viel Wasser wird sich nach weiteren 4 Stunden in dem defekten Schiff befinden?

Kreuze die richtige Antwort an.

24 Liter	26 Liter	20 Liter	18 Liter	16 Liter
1 [<input type="checkbox"/>]	2 [<input type="checkbox"/>]	3 [<input type="checkbox"/>]	4 [<input type="checkbox"/>]	5 [<input type="checkbox"/>]

Forscher haben in einem Versuch mit einem Gas experimentiert. Sie haben bei diesem Gas das Volumen bei verschiedenen Temperaturen gemessen und folgende Ergebnisse erhalten.

Temperatur (°C)	Volumen (ml)
	50 ml
20 °C	100 ml
40 °C	200 ml
60 °C	
80 °C	400 ml

Welcher Wert fehlt in der ersten Zeile?

0°C | 20°C | 5°C | 10°C | 15°C
 1 [] | 2 [] | 3 [] | 4 [] | 5 []

Welcher Wert fehlt in der vorletzten Zeile?

250 ml | 400 ml | 300 ml | 200 ml | 350 ml
 1 [] | 2 [] | 3 [] | 4 [] | 5 []

Maria hat das Gas aufgefangen, das von einem glühenden Stück Holzkohle abgegeben wurde. Das Gas wurde anschließend durch farbloses Kalkwasser abgeleitet. In Marias Bericht steht: "Nachdem das Gas in das Gefäß geleitet wurde, bekam das Kalkwasser allmählich eine milchig weiße Farbe". **Diese Aussage ist eine...**

...Beobachtung | ...Schlussfolgerung | ...Verallgemeinerung | ...Voraussetzung für die Untersuchung | ... Annahme
 1 [] | 2 [] | 3 [] | 4 [] | 5 []

Bitte trage die fehlenden Begriffe ein

Universalindikator färbt neutrale Lösungen  bitte Farbe angeben

Universalindikator färbt Säuren  bitte Farbe angeben

Universalindikator färbt Laugen  bitte Farbe angeben



Lückentext „Starke Stärke“

Bitte trage die passenden Fachbegriffe in den Lückentext ein.

Kohlenhydrate werden von Pflanzen bei der [] produziert.

Das [] der grünen Blätter wandelt mit Hilfe von Lichtenergie Kohlenstoffdioxid und Wasser in Kohlenhydrate um. Gleichzeitig wird [] produziert, den der Mensch und die Tiere zum Atmen benötigen. Die Pflanzen speichern den produzierten Reservestoff hauptsächlich in Form von Stärke. In den Wurzelknollen von Pflanzen kann man die Stärke mit [] nachweisen. [], auch Monosaccharide genannt, stellen den Grundbaustein für alle Kohlenhydrate dar. Ihr Nachweis im chemischen Labor erfolgt mit der []. Einfachzucker wie Glucose oder Fructose kommen als kettenförmige und ringförmige Moleküle vor.

Die Doppelzucker, auch [] genannt, entstehen, wenn sich zwei [] unter Wasserabspaltung verbinden. Bei der natürlichen Stärke sind Zucker-Einheiten zu längeren Ketten miteinander verknüpft. Stärke wie Kartoffel- oder Maisstärke ist aus Vielfachzuckern aufgebaut. Man bezeichnet sie als []. In Brot ist auch Stärke enthalten. Beim längeren Kauen von Weißbrot zerlegt das Enzym [] schon im Speichel die Ketten, und man erhält kürzere Ketten. Kunststoffe werden in der Regel aus Erdöl hergestellt. Doch es gibt eine umweltfreundlichere Alternative auf der Basis von [] Rohstoffen.

Ein Biokunststoff wie die thermoplastische Stärke ist sehr gut [] und kann somit in den biologischen Stoffkreislauf zurückgeführt werden.

Bitte kreuze jeweils nur eine Antwort an. Stärke in Nahrungsmitteln gehört zu den...

- 1 ...Vitaminen.
- 2 ...Ballaststoffen.
- 3 ...Kohlenhydraten.
- 4 ...Proteinen.

Stärke dient in den Wurzeln der Pflanze als

- 1 ...Reservestoff.
- 2 ...Abfallstoff.
- 3 ...Düngemittel.
- 4 ...Farbstoff.

Grüne Pflanzen produzieren bei der Fotosynthese

- 1 ...Kohlenwasserstoffe.
- 2 ...Kohlenhydrate.
- 3 ...Fette.
- 4 ...Kohlenstoffdioxid.

Stärke kommt in folgendem Produkt vor:

- 1 Glas
- 2 Hautcreme
- 3 Tapetenkleister
- 4 Geschirrspülmittel

Bitte kreuze an, wie gut du die Begriffe aus der Chemie kennst.

Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.

	kann ich gut erklären 4	ich weiß ungefähr, was ge- meint ist 3	habe ich schon einmal gehört 2	kenne ich gar nicht 1
Dekantieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Makromoleküle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kondensationsreaktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wasserbad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ringstruktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Atom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rückflusskühlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nachwachsender Roh- stoff	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welche Aussagen zur organischen Chemie sind richtig, welche sind falsch?*Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.*

	richtig 1	falsch 2
Es gibt so viele organische Verbindungen, weil Kohlenstoffmoleküle Radikale bilden.	[]	[]
Eine Rußbildung deutet darauf hin, dass es sich um eine Kohlenstoffverbindung handelt.	[]	[]
Bronze ist eine Legierung aus organischen Verbindungen.	[]	[]
Einfachzucker nennt man auch Messosaccharid.	[]	[]
Die chemische Bezeichnung für Traubenzucker lautet Glucose.	[]	[]
Monosaccharid ist eine fachliche Bezeichnung für Einfachzucker.	[]	[]
Stärke ist kein Saccharid.	[]	[]
Zucker mit vielen Zucker-Einheiten heißt Vielfachzucker.	[]	[]
Fructose zählt zu den Monosacchariden.	[]	[]

Ein Nachweis ist eine Methode der Chemie, die dazu dient, eine Stoffprobe zu untersuchen.**Welche Aussagen sind richtig, welche falsch?** *Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.*

	richtig 1	falsch 2
Mit der Seliwanoff-Probe ² lässt sich Glucose von Fructose unterscheiden.	[]	[]
Durch die Fehling-Probe lässt sich Stärke nachweisen.	[]	[]
Die Seliwanoff-Probe ¹ verlief positiv, wenn sich das Reagenz rot färbt.	[]	[]
Kalkwasser trübt sich, wenn Kohlenstoffdioxid eingeleitet wird.	[]	[]
Bei der Zugabe von Zucker und durch Erhitzen fällt ein ziegelroter Niederschlag bei der Fehling-Reaktion aus.	[]	[]
Mit der Lugolschen Lösung ³ lässt sich in Mais Stärke nachweisen.	[]	[]
Bei den Reagenzien Fehling I und II fällt bei Aldehyden ein kupferroter Niederschlag aus.	[]	[]

Welche Aussagen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten sind richtig, welche falsch?*Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.*

	richtig 1	falsch 2
Um die Siedetemperatur beim Erhitzen von Flüssigkeiten zu senken, werden Siedesteinchen verwendet.	[]	[]
Um eine Gefährdung durch einen Versuch zu vermeiden, sind die Mengenangaben in einer Versuchsanleitung korrekt zu übernehmen.	[]	[]
Universalindikator färbt sich in Anwesenheit von Säuren grün.	[]	[]
Mit Rotkohlsaft kann man Aussagen über den pH-Wert einer Lösung treffen.	[]	[]
Wenn eine Lösung sich nicht mehr weiter erhitzen lässt, nennt der Chemiker diese auch eine gesättigte Lösung.	[]	[]
Eine Aufschlammung (Verteilung) eines festen, wasserunlöslichen Stoffes in Wasser nennt der Chemiker auch Suspension.	[]	[]

² Resorcin in Ethanol³ Jod- oder Jod-Kaliumjodid-Lösung

Welche Aussagen aus der Biochemie sind richtig, welche sind falsch?

Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.

	richtig 1	falsch 2
Die vollständige Wortgleichung der Fotosynthese lautet: Wasser + Sauerstoff reagiert zu Kohlenstoffdioxid.	[]	[]
Enzyme werden nach den Stoffen benannt, welche sie spalten.	[]	[]
Alle grünen Pflanzen besitzen Chloroplasten.	[]	[]
Die Stärke ist ein Speicherstoff in den Pflanzen.	[]	[]
Zucker ist ein nachwachsender Rohstoff, welcher sich jährlich oder in überschaubaren Zeiträumen erneuert.	[]	[]

Welche naturwissenschaftlichen Aussagen sind richtig, welche sind falsch?

Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.

	richtig 1	falsch 2
Anfänger können noch keine Naturphänomene beobachten.	[]	[]
Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, einem Teil menschlicher Erfahrungen eine Ordnung zu geben.	[]	[]
Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen.	[]	[]
Nur Naturwissenschaftler können sich naturwissenschaftliche Forschungsfragen überlegen.	[]	[]
Nur Naturwissenschaftler können naturwissenschaftliche Theorien entwickeln.	[]	[]
Nur Naturwissenschaftler können Naturphänomene beobachten.	[]	[]
Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, Naturvorgänge zu erklären.	[]	[]
Naturwissenschaftler untersuchen Naturphänomene und liefern Erklärungen, warum diese auftreten.	[]	[]
Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um zu erklären, wie bestimmte Ereignisse zustande kommen.	[]	[]
Anfänger können sich noch keine naturwissenschaftlichen Forschungsfragen überlegen.	[]	[]

Ein Chemielaborant füllt für den nächsten Tag **Glucoselösung**, **Fructoselösung**, **Stärkelösung** und **Wasser** ab. Später stellt er fest, dass er vergessen hat, die vier Flaschen zu beschriften. Nach kurzer Überlegung findet er einen Weg mit Hilfe von **Nachweisreaktionen** die Lösungen zu identifizieren.



Was befindet sich in den Flaschen 1, 2, 3 und 4?

Kreuze die richtigen Antworten an.

Versuch A. Er führt die **Fehling**-Probe durch.

Flasche 1	Die Lösung bleibt blau .	In Flasche 1 kann sein...	1 <input type="checkbox"/> Fructoselösung 2 <input type="checkbox"/> Glucoselösung 3 <input type="checkbox"/> Stärkelösung 4 <input type="checkbox"/> Wasser	mehrere Kreuze sind möglich
Flasche 2	Die Lösung bleibt blau .	In Flasche 2 kann sein ...	1 <input type="checkbox"/> Fructoselösung 2 <input type="checkbox"/> Glucoselösung 3 <input type="checkbox"/> Stärkelösung 4 <input type="checkbox"/> Wasser	mehrere Kreuze sind möglich
Flasche 3	Es fällt ein rot-brauner Niederschlag aus.	In Flasche 3 kann sein ...	1 <input type="checkbox"/> Fructoselösung 2 <input type="checkbox"/> Glucoselösung 3 <input type="checkbox"/> Stärkelösung 4 <input type="checkbox"/> Wasser	mehrere Kreuze sind möglich
Flasche 4	Es fällt ein rot-brauner Niederschlag aus.	In Flasche 4 kann sein ...	1 <input type="checkbox"/> Fructoselösung 2 <input type="checkbox"/> Glucoselösung 3 <input type="checkbox"/> Stärkelösung 4 <input type="checkbox"/> Wasser	mehrere Kreuze sind möglich

Versuch B. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus Versuch A führt er dann die Probe mit **Lugolscher** Lösung⁴ durch. Was befindet sich in den Flaschen 1 und 2?

Flasche 1	Die Lösung wird dunkel-violett .	In Flasche 1 ist...	1 <input type="checkbox"/> Wasser 2 <input type="checkbox"/> Glucoselösung 3 <input type="checkbox"/> Fructoselösung 4 <input type="checkbox"/> Stärkelösung	nur ein Kreuz ist möglich
Flasche 2	Die Lösung bleibt weißlich .	In Flasche 2 ist...	1 <input type="checkbox"/> Wasser 2 <input type="checkbox"/> Glucoselösung 3 <input type="checkbox"/> Fructoselösung 4 <input type="checkbox"/> Stärkelösung	nur ein Kreuz ist möglich

Versuch C. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus Versuch A führt er den zweiten Arbeitsschritt die **Seliwanoff**-Probe⁵, durch. Was befindet sich in den Flaschen 3 und 4?

Flasche 3	Die Lösung bleibt weißlich .	In Flasche 3 ist...	1 <input type="checkbox"/> Wasser 2 <input type="checkbox"/> Glucoselösung 3 <input type="checkbox"/> Fructoselösung 4 <input type="checkbox"/> Stärkelösung	nur ein Kreuz ist möglich
Flasche 4	Die Lösung wird sofort rot .	In Flasche 4 ist...	1 <input type="checkbox"/> Wasser 2 <input type="checkbox"/> Glucoselösung 3 <input type="checkbox"/> Fructoselösung 4 <input type="checkbox"/> Stärkelösung	nur ein Kreuz ist möglich

Am nächsten Tag im Labor muss der Chemielaborant die Flaschen mit chemischen Bezeichnungen beschriften.

⁴ Jod- oder Jod-Kaliumjodid-Lösung

⁵ Resorcin in Ethanol

Welchen Namen soll er jeweils wählen? Bitte kreuze jeweils nur eine Antwort an.

Stärkelösung

- 1 Amylase
- 2 Amylose
- 3 Amylopektin
- 4 Amflora

Glucoselösung

- 1 Traubenzuckerlösung
- 2 Fruchtzuckerlösung
- 3 Rohrzuckerlösung
- 4 Milchzuckerlösung

Fructoselösung

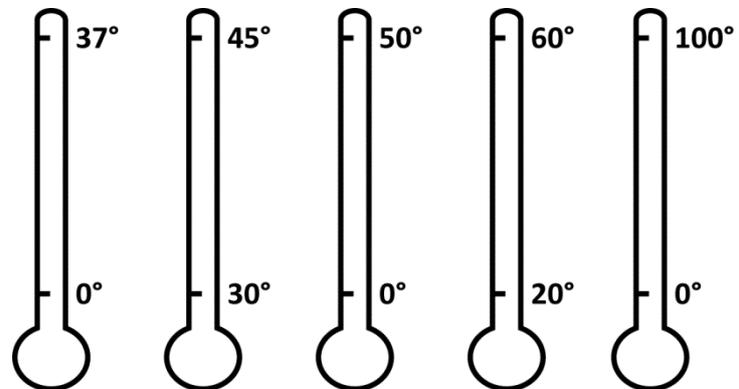
- 1 Traubenzuckerlösung
- 2 Fruchtzuckerlösung
- 3 Rohrzuckerlösung
- 4 Milchzuckerlösung

Der Laborant soll seinem Professor eine Flasche mit einem Monosaccharid bereitstellen. **Welche Flasche ist gemeint?**

Bitte kreuze jeweils nur eine Antwort an.

- 1 Stärke
- 2 Glucose
- 3 Saccharose
- 4 Wasser

Die Zeichnung zeigt fünf verschiedenen Celsius-Thermometer. Der Laborant soll ein Wasserbad zwischen 36°C und 42°C erwärmen. **Welches Thermometer ist für die Messung des Wasserbades am besten geeignet?**



Kreuze die richtige Antwort an.

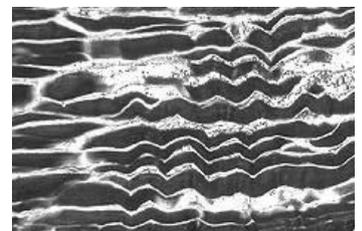
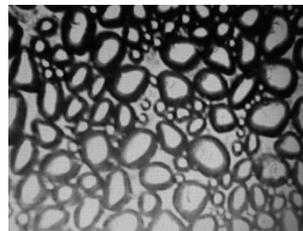
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Der Chemielaborant hat aus der Kartoffel Stärkekörner isoliert. Diese werden mit Lugolscher Lösung⁶ angefärbt.

Wie sehen die Körner unter dem Mikroskop aus?

Bitte kreuze jeweils nur eine Antwort an.



- 1
- 2
- 3
- 4

In seinem Protokoll schreibt er: "Nachdem ich die Stärkekörner angefärbt habe, sind die Körner unter dem Mikroskop sichtbar." **Diese Aussage ist...**

⁶ Jod- oder Jod-Kaliumjodid-Lösung

Bitte kreuze jeweils nur eine Antwort an.

- 1 ...eine Beobachtung.
- 2 ...eine Schlussfolgerung.
- 3 ...eine Verallgemeinerung.
- 4 ...eine Voraussetzung für die Untersuchung.
- 5 ...eine Annahme.



Der Chemielaborant schneidet von einer Banane, einem Apfel und einem Stück Brot ein Stück ab und tropft jeweils **Lugolsche Lösung**⁷ darauf. Auf dem Brot ergibt sich direkt nach dem Zutropfen ein intensiv blauer Fleck. Auf der Banane entwickelt sich nach einiger Zeit ein graublauer Fleck, der Apfel hingegen bleibt unverändert.

Welche Aussagen stimmen?

Bitte mache in jeder Zeile ein Kreuz.

	richtig 1	falsch 2
Das Brot verfärbt sich blau, weil Stärke darin ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der graublau Fleck deutet darauf hin, dass in der Banane ein anderer Stoff nachgewiesen wurde als in dem Brot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bananen enthalten nur rund 1-2% Stärke, deshalb fällt der Nachweis hier relativ schwach aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Apfel ist Stärke vorhanden, kann aber mit diesem Verfahren nicht nachgewiesen werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Äpfel enthalten keine Stärke, weshalb der Nachweis negativ war.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Der Laborant möchte einen Kleber herstellen. Was benötigt er dazu?

Bitte kreuze jeweils nur eine Antwort an.

- 1 Stärkelösung
- 2 Glucoselösung
- 3 Fructoselösung
- 4 Wasser



Welches ist die Hauptaufgabe der Chloroplasten in einer Pflanze?

Bitte kreuze jeweils nur eine Antwort an.

- 1 Lichtenergie aufnehmen und Nährstoffe herstellen
- 2 Stoffwechselabfälle durch aktiven Transport entfernen
- 3 Chemische Energie aus Nahrung herstellen
- 4 Die Form der Zellen kontrollieren

Warum werden heute Einkaufstüten aus Stärke hergestellt?

Bitte kreuze jeweils nur eine Antwort an.

- 1 Das Material ist unverwüstlich.
- 2 Man benötigt zur Herstellung viel Erdöl.
- 3 Das Material bleibt bei durch Kompostierung dem Kreislauf der Natur erhalten.
- 4 Es sieht schöner aus.

⁷ Jod- oder Jod-Kaliumjodid-Lösung

Michaela leidet unter einer Fructose-Intoleranz. Diese Fructose-Intoleranz ist eine Nahrungsmittel-Unverträglichkeit. Aufgrund dessen soll sie keine Lebensmittel, welche Fructose enthalten, verzehren (siehe Abbildung).

Welche Getränke kann sie problemlos trinken?

Bitte kreuze nur eine Antwort an.

- 1 Zitronenlimo und Apfelsaft
- 2 Apfelsaft und Mineralwasser
- 3 Mineralwasser und Zitronenlimo
- 4 Apfelsaft und Bananensaft

Ergebnis der Seliwanoff-Probe			
farblos	rot	farblos	rot
			
Zitronenlimo	Apfelsaft	Mineralwasser	Bananensaft

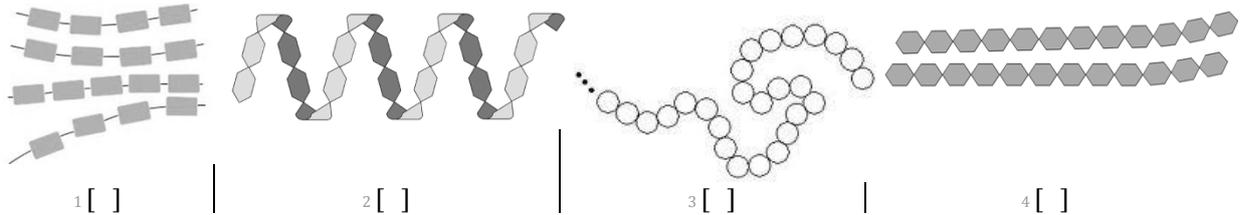
Es ist ein heißer sonniger Tag. Der Chemielaborant lässt zwei Flaschen offen stehen: Eine Flasche mit Seliwanoff-Lösung⁸ und eine andere gefüllt mit der gleichen Menge an Wasser. Nach ein paar Stunden stellt er fest, dass die Flasche mit der Seliwanoff-Lösung⁷ weniger Flüssigkeit enthält als die Flasche mit Wasser. **Was zeigt dieses Experiment?**

Bitte kreuze nur eine Antwort an.

- 1 Alle Flüssigkeiten verdunsten.
- 2 Die Seliwanoff-Lösung⁷ wird heißer als Wasser.
- 3 Einige Flüssigkeiten verdunsten schneller als andere.
- 4 Flüssigkeiten verdunsten nur bei Sonnenschein.
- 5 Wasser wird heißer als die Seliwanoff-Lösung.

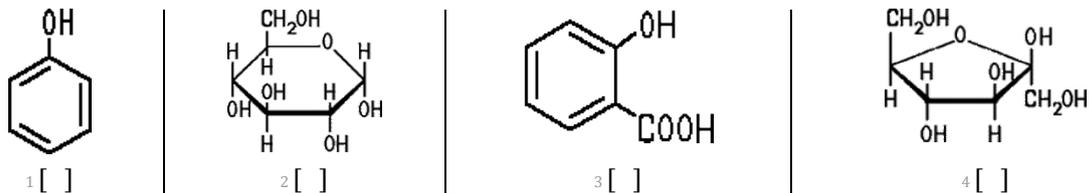
Bei welchen der folgenden Abbildungen handelt es sich um Stärke?

Bitte kreuze nur eine Antwort an.



Aus welchem chemischen Baustein ist die Stärke aufgebaut?

Bitte kreuze nur eine Antwort an.



⁸ Resorcin in Ethanol

Der Laborant braucht exakt 10 ml Wasser. **Welches Arbeitsgerät benötigt er?** Bitte kreuze nur eine Antwort an.

- 1 Lupe
- 2 Batterie
- 3 Waage
- 4 Messzylinder
- 5 Mikroskop
- 6 Binokular
- 7 Becherglas
- 8 Amperemeter

Der Laborant vermutet, dass Speichel benötigt wird, um die Stärkemoleküle in kleinere Einheiten zu spalten. Er füllt ein Gefäß mit Stärke, Wasser und Lugolscher Lösung⁹ und spuckt hinein. Um seine Vermutung zu prüfen, braucht er noch ein weiteres Reagenzglas. **Welches der folgenden sollte er nehmen?**

- 1 Stärke + Wasser + Lugolsche Lösung + Speichel
- 2 Stärke + Lugolsche Lösung + Speichel
- 3 Stärke + Wasser + Speichel
- 4 Stärke + Wasser + Lugolsche Lösung

Stärke + Wasser + Lugolsche Lösung + Speichel



Der Chemielaborant will die exakte Temperatur herausfinden, bei der sich eine angefärbte Stärkelösung entfärbt. Er erhitzt dafür eine mit Lugolscher Lösung⁸ versetzte Stärkelösung langsam auf 85°C und misst die Temperatur. Er wiederholt diesen Vorgang viele Male. **Er erwartet, dass...**

- 1 ...alle Messwerte genau übereinstimmen.
- 2 ...nur zwei Messwerte genau übereinstimmen.
- 3 ...alle Messwerte bis auf einen genau übereinstimmen.
- 4 ...die meisten Messwerte nahe beieinander liegen, jedoch nicht genau übereinstimmen

Jetzt hast du es – fast – geschafft. Nur noch eine Frage:

Wie ist es dir bei diesem Test ergangen?

Kreuze an, was du denkst! Bitte setze in jeder Zeile ein Kreuz.

stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt genau
1	2	3	4

Ich habe die Aufgaben sorgfältig bearbeitet.

Ich war konzentriert.

Ich habe mich angestrengt.

⁹ Jod- oder Jod-Kaliumjodid-Lösung

Vielen Dank für deine Mitarbeit bei dieser wissenschaftlichen Studie!

Heike Itzek-Greulich

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Reuteallee 46, 71634 Ludwigsburg
itzek@ph-ludwigsburg.de



EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

