

Julia Woithe^{1,2}
 Jochen Kuhn²
 Andreas Müller³
 Sascha Schmeling¹

¹CERN, Genf, Schweiz
²TU Kaiserslautern, Deutschland
³Université de Genève, Schweiz

Konzeptuelles Verständnis im Schülerlabor

Motivation: Schülerlabore im Fokus der Forschung

Ein Blick in die GDCP Tagungsbände der letzten Jahre zeigt, dass Schülerlabore als außerschulische Lernorte ein weiterhin höchst aktuelles Thema der fachdidaktischen Forschung sind. In Bezug auf die vor allem in Deutschland längst etablierten Schülerlabore fassen Itzek-Greulich und Schwarzer (2017) zusammen, dass die Frage nach deren kognitiver und affektiver Wirksamkeit allerdings nach wie vor offen und weitere Forschung nötig ist, vor allem um den Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale und der wahrgenommenen Labormerkmale auf das Interesse und Selbstkonzept der Jugendlichen zu verstehen. Bisherige Wirksamkeitsstudien bescheinigen Schülerlaboren einen Effekt auf affektive Schülervariablen wie dem Interesse an Naturwissenschaften (Überblick: z.B. Nickolaus & Mokhonko, 2017). Bisher ist allerdings nur wenig über kognitive Effekte von Schülerlaboren bekannt. In den meisten bisherigen Studien wurde, wenn überhaupt, lediglich der Erwerb von deklarativem Wissen untersucht und dort der Vorteil von formalen Lerngelegenheiten in der Schule gezeigt (z.B. Itzek-Greulich, 2014). Der Einfluss von Schülerlaborbesuchen auf das konzeptuelle Verständnis ist noch weitestgehend unerforscht. Molz (2016) konnte in seiner Studie mithilfe eines Leistungstests, der einen großen Anteil an Konzepttest-ähnlichen Items enthält, zeigen, dass ein gut vor- und nachbereiteter Schulexperimentiertag lernwirksamer ist, als ein nicht ausreichend vor- und nachbereiteter Schülerlabortag. Aufgrund von außergewöhnlichen Themen, Equipment, Aufwand und Experimenten erwartet man von Schülerlaboren aber eigentlich ein deutlich größeres Potential. Werden Schülerlabore als kognitive Lerngelegenheiten unterschätzt?

Lernen im Schülerlabor: The Contextual Model of Learning

Unter Lernen versteht man im Sinne von Scientific Literacy nicht nur einen Zuwachs von Wissen und Verständnis in Bezug auf Fakten und Konzeptwissen, sondern auch Veränderungen auf der Gefühlsebene, auf Ebene der Einstellungen und Verhaltensweisen (OECD, 2006). Eine gemeinsame Betrachtung von affektiven und kognitiven Lernprozessen scheint daher sinnvoll sowohl im Klassenzimmer als auch in außerschulischen Lernorten wie Schülerlaboren. Letztere bieten allerdings eine Vielzahl von zusätzlichen Einflussfaktoren, die das Verständnis der Wirkmechanismen in diesen speziellen Settings erheblich erschweren. Einen Theorierahmen, der versucht das Lernen an außerschulischen Lernorten unter Berücksichtigung verschiedener Kontexte (Tab. 1) zu beschreiben, bietet das "Contextual Model of Learning" von Falk und Dierking (2012).

Tab. 1. Erhobene Schüler- und Laborvariablen, abgeleitet aus dem Contextual Model of Learning (Personal, Soziokultureller & Gegenständlicher Kontext)

Schülervariablen	Laborvariablen
Alter, Geschlecht	Novelty (Cors, 2016; Molz, 2016)
Mathematik-, Physik- & Englisch-Vornote	Kognitive Belastung (Molz, 2016)
Interesse Physik (Kuhn, 2010)	Einfachheit ("easiness" Rennie, 1994)
Selbstkonzept Physik (Kuhn, 2010)	Nützlichkeit ("helpfulness" Rennie, 1994)
Neugier (Naylor, 1981)	Kogn. Aktivierung (Hänze & Berger, 2007))
Erfahrungen: Teilchenphysik, Experimente	BetreuerInnen (Pawek, 2009)

Forschungssetting S'Cool LAB: Ein Teilchenphysik-Schülerlabor am CERN

S'Cool LAB (cern.ch/s-cool-lab) ist ein internationales Teilchenphysik-Schülerlabor am CERN mit dem Ziel, die Technologie und Forschung des weltweit größten Teilchenphysik-Labors durch geeignete Experimente für Jugendliche begreifbar zu machen (Abb 1).

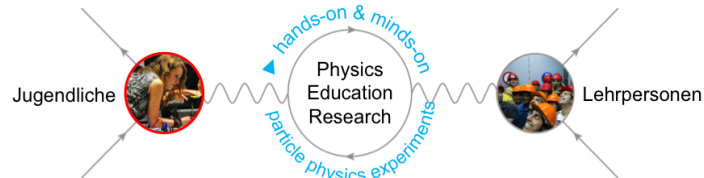


Abb. 1 S'Cool LAB untersucht die Wechselwirkungen zwischen Jugendlichen, Lehrpersonen und hands-on & minds-on Experimenten im Rahmen von fachdidaktischer Forschung.

Jugendliche und Lehrpersonen aus mehr als 20 Ländern nehmen mit ihrem Besuch im S'Cool LAB sowohl an speziell entwickelten Experimentieraktivitäten als auch an fachdidaktischer Forschung teil. Die Jugendlichen füllen daher sowohl einen Fragebogen 1-10 Tage vor dem Laborbesuch (pre) aus sowie einen Fragebogen 1-10 Tage nach dem Laborbesuch (post). Am Schülerlabortag nehmen die Jugendlichen zunächst an einer Führung zu Forschungsstätten am CERN teil, im Anschluss erleben sie drei verschiedene Experimentierworkshops von jeweils 90 Minuten. Während in das Design der Lernaktivitäten im Schülerlabor vor allem bestehende Forschung zu Schülervorstellungen eingeht, untersucht diese begleitende Evaluationsstudie vor allem den Effekt des Laborbesuchs und der "hands-on & minds-on" Experimente auf affektive und kognitive Zielvariablen auf Schülerebene (Tab. 2).

Tab. 2. Affektive und Kognitive Lernziele sowie assoziierte Forschungsfragen

Affektive Zielvariablen	Kognitive Zielvariablen
Situationales Interesse & Selbstkonzept, Neugier auf Teilchenphysik, Vergnügen ("Enjoyment" Rennie, 1994)	Veränderung des konzeptuellen Verständnis (Konzepttest basierend auf in der Literatur dokumentierten Schülervorstellungen)
Forschungsfragen:	Forschungsfragen:
a) Hat S'Cool LAB das Potential, Neugier, Selbstkonzept und Interesse der Jugendlichen zu steigern?	c) Können Workshops im S'Cool LAB das konzeptuelle Verständnis der Jugendlichen verbessern?
b) Welchen Einfluss haben Schüler- und Laborvariablen auf die affektiven Zielvariablen?	d) Welchen Einfluss haben Schüler- und Laborvariablen auf das konzeptuelle Verständnis?

Ergebnisse: Affektives und Kognitives Lernen im S'Cool LAB

Die Fragebogenantworten von 535 Jugendlichen aus 13 verschiedenen Ländern wurden für die folgenden Analysen ausgewertet. Das durchschnittliche Alter der Jugendlichen lag bei 17,0 Jahren, der Anteil an weiblichen Teilnehmenden bei 33%. Zur Analyse der Forschungsfragen a) und c) wurden t-Tests zwischen der Ergebnissen der pre- und post Fragebögen durchgeführt. (Hierarchische) Multiple Lineare Regressionen klären auf, welche der erhobenen Schüler- und Laborvariablen (Tab. 1) einen signifikanten Teil der Varianz der Zielvariablen erklären (Forschungsfragen b) und d) in Tab. 2). Dabei wurden aus der Theorie bekannte Prädiktoren wie das Interesse an Physik, Physikbezogenes Selbstkonzept sowie Neugier auf das zu lernende Thema in der ersten Modellstufe fest vorgegeben. Weitere Schüler- und Laborvariablen wurden in das Modell schrittweise eingefügt, wenn deren Hinzunahme die erklärte Varianz des Modells signifikant verbessert.

Affektives Lernen

Das Interesse der Jugendlichen an Physikunterricht lag im Vortest bei 65% (% immer bezogen auf den jeweiligen Maximalwert). Im Nachtest wurde ein deutlich höheres situationales Interesse (76%) erreicht (Cohen's $d = 0,59^{***}$ mittelstarker Effekt). Ähnlich verhält sich die Entwicklung des Selbstkonzepts: Das Selbstkonzept in Bezug auf die Aktivitäten im Schülerlabor liegt mit dem hohen Wert von 75% signifikant über dem physikbezogenen Selbstkonzept im Vortest (65%; $d = 0,53^{***}$ mittelstarker Effekt). Ein weiterer positiver Effekt zeigt sich im Hinblick auf die Geschlechterunterschiede: Während sich im Vortest das Interesse und Selbstkonzept der Jugendlichen zwischen den Geschlechtern signifikant unterscheidet ($d = 0,3^{**}$), zeigen die Ergebnisse des post-Tests keinerlei Unterschiede im Bezug auf das situationale Interesse und Selbstkonzept nach dem Laborbesuch. Insgesamt erklären die erhobenen Schüler- und Laborvariablen 62% der Varianz des situationales Interesses; 31% der Varianz werden dabei durch die Schülervariablen Vorinteresse an Physik ($\beta_s=0,10^*$), Neugier auf Teilchenphysik ($\beta_s=0,19^{**}$) und Erfahrung mit hands-on Experimenten ($\beta_s=-0,08^*$) erklärt. Als wichtige Prädiktoren unter den Laborvariablen erwiesen sich die wahrgenommene Nützlichkeit ($\beta_s=-0,35^{**}$), die Wahrnehmung der Betreuenden ($\beta_s=0,18^{**}$), sowie die wahrgenommene kognitive Aktivierung ($\beta_s=0,16^{**}$). Vergleichbare Ergebnisse berichtet auch Pawek (2009), wobei er den Einfluss von Prädiktoren auf die drei Interessenskomponenten getrennt beschreibt. Beispielsweise werden in seiner Studie 32% der Varianz des epistemischen Interesses durch Schülervariablen erklärt, 53% der Varianz werden durch die Kombination von Schüler- & Laborvariablen erklärt. Als wichtige Prädiktoren berichtet Pawek zusätzlich zur wahrgenommenen Herausforderung und dem Sachinteresse der Jugendlichen die wahrgenommene Authentizität und Verständlichkeit.

Kognitives Lernen

Das konzeptuelle Verständnis der Jugendlichen vor und nach dem Laborbesuch wurde anhand von sieben auf dokumentierten Schülervorstellungen basierenden Items gemessen. Auch wenn die interne Konsistenz dieser Skala ausreichend ist (Cronbach's $\alpha = 0,63$, Posttest), bestätigen die Ergebnisse einer konfirmatorischen Faktorenanalyse drei Subskalen, da sich die sieben Items jeweils speziell auf einen der drei durchgeführten Experimentierworkshops bezieht. Vergleicht man die Ergebnisse der Jugendlichen zwischen dem Vortest (36%) und Post-Test (55%), zeigt sich ein signifikanter Lernzuwachs mit mittel bis starkem Effekt ($d = 0,75^{***}$). Nur 15% der Varianz des Lernzuwachses können im Regressionsmodell durch Schüler- und Laborvariablen erklärt werden. Relevante Prädiktoren sind u. a. das Vorwissen ($\beta_s=-0,29^{**}$) sowie die wahrgenommene kognitive Belastung ($\beta_s=-0,19^{**}$). Im Gegensatz zur Erwartung (u.a. Molz, 2016) findet sich allerdings keine Korrelation zwischen den affektiven Zielvariablen Interesse und Selbstkonzept und dem Zuwachs an konzeptuellem Verständnis.

Zusammenfassung & Ausblick

Die positive Wirkung der relativ kurzen Intervention im Schülerlabor S'Cool LAB konnte sowohl auf affektiver als auch auf kognitiver Ebene nachgewiesen werden. Als wichtige Prädiktoren erklären neben dem Vorinteresse, Selbstkonzept und Neugier, vor allem Laborvariablen (z.B. kognitive Aktivierung/Belastung) einen Großteil der Varianz der Zielvariablen. Erfreulicherweise scheinen die meisten Schülervariablen wie z.B. das Geschlecht, das Alter oder die Erfahrung mit außerschulischen Lernorten keinen Einfluss auf die Lernergebnisse im Schülerlabor zu haben. Um den Einfluss von Klasseneffekten besser zu verstehen, werden die Ergebnisse als nächstes mit Hilfe von Mehrebenenanalysen untersucht. Im Weiteren wird der Anteil der kognitiven Items in zukünftigen Fragebogen erhöht, um mehr Informationen zu kognitiven Veränderungen zu erhalten.

Literatur

- Börlin, J. (2012). Das Experiment als Lerngelegenheit: vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität (Vol. 132). Logos Verlag Berlin GmbH
- Cors, R. (2016). Informal Science Learning. An investigation of novelty, motivation and interest development at a mobile laboratory. Dissertation, Universität Genf
- 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(2), 181-197
- Dunlap, W. P., Cortina, J. M., Vaslow, J. B., & Burke, M. J. (1996). Meta-analysis of experiments with matched groups or repeated measures designs. *Psychological Methods*, 1(2), 170
- Falk, J. H., Dierking, L. D. (2012). The Museum Experience Revisited. Falk, J. H., (2005). Free-choice environmental learning: framing the discussion. *Environmental Education Research*, 11, 3
- Hänze, M., & Berger, R. (2007). Cooperative learning, motivational effects, and student characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12th grade physics classes. *Learning and instruction*, 17(1), 29-41
- Hochberg, K. (2016). iMechanics: Smartphones als Experimentiermittel im Physikunterricht der Sekundarstufe II Wirkung auf Lernerfolg, Motivation und Neugier in der Mechanik. Dissertation
- Itzek-Greulich, H. & Schwarzer, S. (2017). Schülerlabore für die MINT-Bildung – Bestand und Perspektiven. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung. Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Vieweg+Teubner: Wiesbaden.
- Molz, A. (2016). Verbindung von Schülerlabor und Schulunterricht. Auswirkungen auf Motivation und Kognition im Fach Physik. Dissertation, TU Kaiserslautern
- Naylor, F. D. (1981). A state-trait curiosity inventory. *Australian Psychologist*, 16(2), 172-183
- Nickolaus, R., & Mokhonko, S. (2017). Nachhaltige Effekte in Schülerlaboren? In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016
- OECD (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA 2006. Paris: Organisation for economic cooperation and development
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation, Christian-Albrechts Universität Kiel
- Rennie, L. J. (1994). Measuring affective outcomes from a visit to a science education centre. *Research in Science Education*, 24(1), 261-269