

Sarah Hohrath¹
 Heiko Krabbe¹
 Sandra Aßmann¹

¹Ruhr-Universität Bochum

Konzeptentwicklung durch Experimentieren im Schülerlabor

Einleitung

Schülerlabore als non-formale Lernorte geben den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit sowohl neue Inhalte als auch wissenschaftliche Vorgehensweisen zu erlernen. Sie können in Schülerlaboren wie Forschende agieren und in einer authentischen Lernumgebung eigenständig Erfahrungen während des Arbeitens sammeln (Euler & Schüttler, 2020; Sommer, Wirth & Rummel, 2018). Hierdurch wird es möglich, dass die Schülerinnen und Schüler wenig Vorgaben erhalten, um möglichst ähnlich wie Forschende agieren zu können. Klassische Schülerlaborprojekte nehmen hierbei trotzdem ein explizites Lernziel in den Blick, das jedoch nicht Teil des Schulcurriculums sein muss. In der Physik kann dabei ein forschendes Vorgehen durch die Möglichkeit zum selbstständigen Experimentieren angeregt werden.

Experimente sind wichtig für den Erwerb von konzeptionellen Wissen (von Aufschnaiter & Rogge, 2010). Sie unterstützen ein exploratives Lernen, bei dem notwendige eigenständige Erfahrungen gemacht werden (Euler & Schüttler, 2020; Girwidz, 2015). Die Schülerinnen und Schüler sollen während des Experimentierens zu hands-on minds-on angeregt werden (z. B. Hofstein & Lunetta, 2004). Dazu müssen sie eigenständig einen Experimentierprozess planen, durchführen, überwachen, regulieren und evaluieren. Dies kann herausfordernd für die Schülerinnen und Schüler sein (z. B. White, Frederiksen & Collins, 2009), sodass sie während des Experimentierprozesses Unterstützung benötigen. Diese Unterstützung kann durch eine Variation des Anleitungsgrades geschaffen werden (z. B. Girwidz, 2015), indem die Schülerinnen und Schüler mehr oder weniger Anleitung während des Experimentierens erhalten, auf die sie zurückgreifen können.

In unserer Studie unterschieden wir zwischen *selbstbestimmtem* und *angeleitetem* Experimentieren. Beide Interventionen hatten als Ziel des Experimentierprozesses das Phänomen der Sonnentaler (Schlichting, 1995) anhand von Modellexperimenten zu untersuchen. Die Schülerinnen und Schüler erhielten hierfür die identischen Fragestellungen, Materialien und Zeitvorgaben. Der Unterschied lag darin, dass die *angeleitet* experimentierenden Schülerinnen und Schüler die Planung von fünf Experimenten vorgegeben hatten und das letzte frei planen durften, während die *selbstbestimmt* Experimentierenden alle sechs Experimente selbst festlegen und dabei idealerweise auf zuvor gemachte Beobachtungen und daraus resultierenden neuen Ideen reagieren konnten. Anzumerken ist, dass nach Köster und Galow (2014) aufgrund der Vorgaben das angeleitete Experimentieren als Structured Inquiry zu klassifizieren wäre, wogegen das selbstbestimmte Experimentieren dem Guided Inquiry zuzuordnen wäre.

Vor diesem Hintergrund lautet die Forschungsfrage, inwiefern das *angeleitete* versus *selbstbestimmte* Experimentieren zu einer eigenständigen *Konzeptentwicklung* bei den Schülerinnen und Schülern beitragen könnte.

Methode

$N = 142$ Schülerinnen und Schüler der siebten und achten Jahrgangsstufe ($w = 63$, $m = 77$, $d = 2$; $M_{Alter} = 13,04$, $SD_{Alter} = 0,65$) aus sechs verschiedenen Klassen von zwei verschiedenen Schulen aus Nordrhein-Westfalen nahmen an dem Schülerlabortag „Sonnentaler: Ein Alltagsphänomen auf dem Schirm“ im Alfred Krupp-Schülerlabor der Wissenschaften (RUB) teil. Dabei haben 72 Schülerinnen und Schüler angeleitet experimentiert, während 70 Schülerinnen und Schüler eigenständig das nächste Experiment planen konnten. Im Rahmen des Experimentierprozesses wurde in randomisiert eingeteilten Kleingruppen von zwei bis drei Lernenden pro Gruppe gearbeitet. Die Gelegenheitsstichprobe basierte auf dem Interesse der Lehrkräfte an dem Schülerlaborprojekt.

Rahmenthema des Schülerlaborprojekts war das Phänomen der Sonnentaler, die als runde Lichtflecken unterhalb eines Blätterdaches auf dem Boden erscheinen. Physikalisch ging es um die hybride Abbildung an einer Blende, bei der sich die Form der Blende und der Lichtquelle überlagern (Schlichting, 1995). Anhand von Modellexperimenten untersuchten die Schülerinnen und Schüler das Phänomen mit dem Ziel, die Überlagerung zu erkennen und das Konzept der hybriden Abbildung zu verstehen. Dazu durchliefen sie drei Schritte:

1. *Schritt:* Die Schülerinnen und Schüler haben auf Grund ihres Vorwissens aus der Schule die Erwartung, dass die Blende einen Einfluss auf das Bild hat.
2. *Schritt:* Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Lichtquelle auch einen Einfluss auf das Bild hat (kognitiver Konflikt).
3. *Schritt:* Die Schülerinnen und Schüler erforschen durch die Experimente, dass sich das Bild als hybride Überlagerung ergibt.

Die ersten beiden Schritte wurden im Rahmen von Demonstrationsexperimenten durchgeführt: Es wurde zuerst ein Experiment mit einer punktförmigen Lichtquelle sowie einer dreieckigen Blende vorgeführt, bei dem sich erwartungsgemäß die dreieckige Form der Blende als Bild zeigt. Anschließend wurde das Experiment mit einer ausgedehnten Lichtquelle sowie der dreieckigen Blende demonstriert. Anhand des nun kreisrunden Bildes konnten die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Lichtquelle auch einen Einfluss hat, sodass ihre bisherige Vorstellung offenbar unzureichend war (kognitiver Konflikt).

Für den Experimentierprozess erhielten die Schülerinnen und Schüler drei verschiedene Blendenformen (Kreis, Raute und Dreieck) sowie vier verschiedene Lichtquellenarten (punktförmig, länglich, ausgedehnt und 28LEDs auf einer Kreisfläche angeordnet), sodass sie insgesamt 12 verschiedene Experimente (ohne Kombination von mehreren Lichtquellen) und 21 verschiedene Experimente bei der Kombination mehrerer Lichtquellen mit jeweils einer der drei Blenden durchführen konnten. Zur Dokumentation der einzelnen Experimente füllten die Schülerinnen und Schüler für jedes Experiment ein Arbeitsblatt aus, welches auf dem Predict-Observe-Explain-Ansatz von White und Gunstone (1992) basierte. Die Schülerinnen und Schüler wurden zuerst gebeten in eine Skizze einzuzeichnen, welches Bild sie auf dem Schirm erwarten würden, und dann schriftlich zu begründen, warum dies der Fall sei. Anschließend gaben sie an, wie sicher sie mit ihrer Erwartung seien. Daraufhin führten sie das Experiment durch und zeichneten das beobachtete Bild inklusive der Strahlengänge in die Skizze ein. Abschließend wurden sie nach einer Erklärung gefragt und sollten angeben, wie sicher sie mit ihrer Erklärung seien. Im Anschluss an alle Experimente fassten die Schülerinnen und Schüler ihre Erkenntnisse bei der Beantwortung der zentralen

Aufgabenstellungen „Welche Einfluss haben die Form der Lichtquelle und Blende auf die Abbildung?“ und „Erkläre nun, wie der Zusammenhang deiner Ergebnisse zu den Sonnentälern ist.“ zusammen.

Die Mitschriften wurden mittels eines induktiv erstellten Kodiersystems (BA von Reuter, 2022) ausgewertet. Dabei wurden die bildlichen Darstellungen (bis zu 3 Punkte), die Strahlengänge (bis zu 3 Punkte) sowie die Erklärungen (bis zu 3 Punkte) hinsichtlich von zwei Experimenten berücksichtigt (Reuter, 2022). Zur Bestimmung des Lernzuwachses wurden die Schülerlösungen für das zweite Demonstrationsexperiment (ausgedehnte Lichtquelle und dreieckige Blende) mit dem letzten vorgegebenen, d.h. dem siebten Experiment (ausgedehnte Lichtquelle & rautenförmige Blende) der angeleiteten Gruppe, verglichen. Sofern die selbstbestimmten Gruppen auch das letztere Experiment durchgeführt hatten, wurde dies ebenfalls ausgewertet. Dabei wurden ein t-Test zur Untersuchung des Lernzuwachses sowie zwei ANOVAs für die Gruppenvergleiche gerechnet.

Ausgewählte Ergebnisse

In Tabelle 1 wird ersichtlich, dass die Schülerinnen und Schüler sich nicht in der Erklärung nach dem Experimentieren verbessert haben, $t(95) = -1.09, p = 0.279$, *Cohens d* = -0.11. Des Weiteren zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Experimenten - weder bezüglich des 2. Experiments, $F(1, 137) = 1.68, p = 0.192, \eta^2 = 0.01$, noch bezüglich des 7. Experiments, $F(1, 94) = 0.04, p = 0.836, \eta^2 = 0.00$.

Tab. 1: Deskriptive Ergebnisse des Vergleiches von 2 Experimenten

	Angeleitet N=69	Selbstbestimmt N=70 (Exp. 2) N=27 (Exp. 7)
Exp. 2 M (SD)	5,7 (1,4)	5,4 (1,1)
Exp. 7 M (SD)	5,8 (1,3)	5,7 (1,0)

Diskussion

Ein möglicher Grund für die fehlende Sichtbarkeit der Konzeptentwicklung in den Mitschriften kann darin liegen, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Erklärungen nur innerhalb ihrer Kleingruppen besprechen konnten, sie jedoch nicht während des Experimentierprozesses Feedback durch den Projektleiter oder im Klassenvergleich erhalten haben. Zudem hatten sie Schwierigkeiten, die Bildkonstruktion mit Strahlengängen einzuzeichnen, was das Verständnis des Phänomens schwierig macht.

Der fehlende Gruppenunterschied kann u.a. dadurch erklärt werden, dass in beiden Interventionen die Schülerinnen und Schüler Arbeitsblätter erhielten, die bereits eine große Vorstrukturierung nach dem POE-Schema beinhalteten. Zusätzlich bekamen die Schülerinnen und Schüler während des Experimentierprozesses keine Rückmeldung, inwiefern ihre Vorstellung angemessen war, sodass auf dieser Ebene kein Unterschied zwischen den Interventionen vorhanden war. Die Rückmeldung erhielten alle Teilnehmenden erst im Anschluss an den Experimentierprozess nach dem Posttest, um messen zu können, inwieweit neu erlangtes Wissen auf die eigenständige Experimentierphase zurückzuführen war.

Literatur

- Euler, M. & Schüttler, T. (2020). Schülerlabore. In E. Kirchner, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Methoden und Inhalte* (4. Aufl., S. 127-166). Springer Spektrum.
- Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 193-245). Springer Spektrum.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 28-54.
- Köster, H. & Galow, P. (2014). Forschendes Lernen initiieren. Hintergründe und Modelle offenen Experimentierens. *Unterricht Physik*, 144, 24-26.
- Reuter, J. (2022). *Entwicklung von Kodierschemata zur Beurteilung von Zeichnungen und Erklärungen in Schülerheften aus dem Projekt Sonntaler*. Bachelorarbeit im Studiengang „Bachelor of Arts“ im Fach Physik. Bochum.
- Schlichting, H. J. (1995). Sonntaler fallen nicht vom Himmel. Geringfügig erweiterte Version eines Aufsatzes erschienen in *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 48/4, 199-207.
- Sommer, K., Wirth, J., & Rummel, N. (2018). Authentizität der Wissenschaftsvermittlung im Schülerlabor – Einführung in den Thementeil. *Unterrichtswissenschaft*, 46, 253-260.
- von Aufschnaiter, C., & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95-114.
- White, B., Frederiksen, J., & Collins, A. (2009). The Interplay of Scientific Inquiry and Metacognition. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 175–205). Routledge.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. Great Britain: Falmer Press.