

Laserphysik im Lehr-Lern-Labor: Wie Lernumgebung und Disposition die intrinsische Motivation beeinflussen

Roman Kuhr (geb. Gruchow)*, Heidi Reinholtz*, Lukas Maczewsky*

*Universität Rostock, Institut für Physik
roman.kuhr@uni-rostock.de

Kurzfassung

Der Beitrag untersucht, inwiefern personenspezifische Merkmale und die Gestaltung der Lernumgebung eines Projekttags zur Laserphysik im Lehr-Lern-Labor die intrinsische Motivation von Schüler:innen beeinflussen. Im Rahmen eines Prä-Post-Designs (n=44) wurden Persönlichkeitsmerkmale (BFI-10), Denktypen (nach Wellberg) und motivationale Ausgangslagen (SMQ-II, gekürzt) erfasst. Nach dem Besuch des Lehr-Lern-Labors erfolgte eine Erhebung der erlebten intrinsischen Motivation mittels der KIM-Kurskala sowie der wahrgenommenen Merkmale der Lernumgebung. Die Ergebnisse zeigen Zusammenhänge zwischen intrinsischer Motivation und extravertierten bzw. empathisierenden Persönlichkeitsmerkmalen sowie mit dem Interesse an Physik. Darüber hinaus erwiesen sich Aspekte der Lernumgebung – insbesondere eigenständiges Experimentieren, die Qualität der Betreuung und das Lernsetting vor Ort – als bedeutsame Prädiktoren. Der Beitrag diskutiert die Befunde vor dem Hintergrund aktueller motivationspsychologischer Theorien nach Rheinberg, Deci & Ryan [1], [2] und leitet Implikationen für die Gestaltung motivierender außerschulischer Lernformate ab.

1. Theoretischer Hintergrund

Die Förderung von Motivation stellt eine zentrale Herausforderung im Physikunterricht dar – insbesondere vor dem Hintergrund häufig dokumentierter Motivationsverluste in der Sekundarstufe [3]. Außerschulische Lernformate wie Lehr-Lern-Labore gelten in diesem Zusammenhang als vielversprechende Ergänzung zum schulischen Unterricht. Sie ermöglichen authentische, experimentell geprägte Lernsituationen und bieten Schüler:innen die Gelegenheit, Physik als sinnstiftend, relevant und selbstwirksam erlebbar zu machen [4], [5], [6]. Gleichzeitig zeigen Studien, dass die motivationalen Effekte solcher Lerngelegenheiten nicht pauschal vorausgesetzt werden können, sondern von einer Vielzahl situativer und personaler Bedingungen abhängen [7], [8].

Vor diesem Hintergrund untersucht der vorliegende Beitrag, inwiefern sowohl Merkmale der Lernumgebung als auch individuelle Personenmerkmale die intrinsische Motivation von Schüler:innen während eines Projekttags zur Laserphysik beeinflussen. Die Evaluation fand im Rahmen des „LaserLab“-Formats am Lehr-Lern-Labor PhySch der Universität Rostock statt, das von Lehramtsstudierenden konzipiert und durchgeführt wurde. Thematisch standen dabei Grundlagen der Laserphysik im Fokus – etwa Wellenoptik, Licht-Materie-Wechselwirkung und Anwendungen wie das Michelson-Interferometer. Der Projekttag verfolgte das Ziel, physikalisches Fachwissen mit selbstbestimmtem Experimentieren und Einblicken in den Hochschulkontext zu verbinden.

Theoretisch ist die Untersuchung im Grundmodell der Motivationspsychologie nach Rheinberg [1] sowie in der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan [2] verankert. Beide Modelle gehen davon aus,

dass intrinsische Motivation insbesondere dann entsteht, wenn Lernende die Möglichkeit zur Selbstbestimmung (Autonomie), zur Kompetenzentwicklung und zur sozialen Eingebundenheit erleben. Diese psychologischen Grundbedürfnisse gelten als universelle Voraussetzungen für nachhaltiges, engagiertes Lernen – auch im MINT-Bereich [9].

Zugleich ist bekannt, dass die motivationalen Wirkungen einer Lernumgebung stark durch individuelle Faktoren modifiziert werden können. Dazu zählen unter anderem Persönlichkeitsmerkmale (z. B. Extraversion, Neurotizismus), kognitive Stile (z. B. empathisierende vs. systematisierende Denktypen [10] oder bestehende Interessen und Selbstwirksamkeits erwartungen in Bezug auf naturwissenschaftliche Fächer [11]). Entsprechend gewinnt die Frage an Bedeutung, welche Lernenden besonders von innovativen Lernumgebungen wie Schülerlaboren profitieren – und unter welchen Bedingungen diese ihr motivierendes Potenzial entfalten.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, empirisch zu überprüfen, wie sich personalen und situativen Merkmale auf die erlebte intrinsische Motivation im LaserLab auswirken. Dabei soll aufgezeigt werden, welche Kombinationen von Faktoren besonders lernförderlich sind – mit dem Ziel, die Gestaltung zukünftiger außerschulischer Lernangebote theoriegeleitet weiterzuentwickeln.

2. Methodik

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu analysieren, inwiefern die intrinsische Motivation von Schüler:innen im Kontext eines außerschulischen Lernangebots durch personale Merkmale sowie durch

die wahrgenommenen Eigenschaften der Lernumgebung beeinflusst wird. Daraus ergeben sich zwei zentrale Forschungsfragen:

1. In welchem Ausmaß beeinflussen individuelle Personenmerkmale – etwa Persönlichkeit, Denkstil und naturwissenschaftliches Interesse – die erlebte intrinsische Motivation im Schülerlabor?
2. Welche spezifischen Merkmale der Lernumgebung im LaserLab werden als motivationsförderlich erlebt?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein quantitatives Prä-Post-Design mit standardisierten Fragebögen eingesetzt. Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen eines ganztägigen Projekttags zur Laserphysik im Lehr-Lern-Labor PhySch an der Universität Rostock. Die Stichprobe umfasste insgesamt $n=44$ Schüler:innen der gymnasialen Oberstufe (Jahrgangsstufen 11 und 12) aus fünf Schulklassen.

Die Erhebung der Personenmerkmale erfolgte vor dem Besuch des Schülerlabors (Prä-Messung) und umfasste:

- eine gekürzte Version des Science Motivation Questionnaire II [11] zur Erfassung von intrinsischer Motivation, Selbstbestimmung, Selbstwirksamkeit, Karrieremotivation und Notenorientierung,
- eine Kurzskala zu empathisierenden und systematisierenden Denktypen nach Wellberg [10],
- sowie das etablierte BFI-10 [12] zur Erfassung der Big-Five-Persönlichkeitsdimensionen.

Nach Abschluss des Projekttags (Post-Messung) wurden mit dem KIM-Instrument [13] zentrale Aspekte des motivationalen Erlebens im Schülerlabor erfasst. Ergänzend wurden eigene Items zum inhaltlichen Verständnis, zum wahrgenommenen Studieninteresse, sowie zur Bewertung der Lernumgebung eingesetzt (z. B. Einschätzungen zur Qualität der Betreuung, zur Autonomie beim Experimentieren oder zur Relevanz der Inhalte).

Die Auswertung fokussiert auf Zusammenhänge zwischen den erfassten Personenmerkmalen, der Bewertung der Lernumgebung und der im KIM gemessenen intrinsischen Motivation.

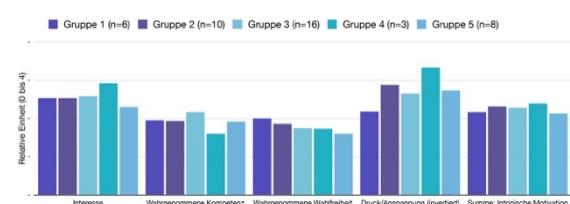


Abb. 1: Intrinsic Motivation mit Subskalen über die 5 teilnehmende Gruppen

3. Ergebnisse

Die statistische Auswertung konzentrierte sich auf Zusammenhänge zwischen der nach dem Projekttag erhobenen intrinsischen Motivation (gemessen mit

der KIM-Kurskala) und verschiedenen personalen sowie situativen Einflussfaktoren. Dabei wurden bivariate Korrelationen analysiert und ab einem Betrag von $|r| \geq 0,30$ als bedeutsam berücksichtigt (Signifikanzniveau $\alpha = .05$, kritischer t-Wert ≈ 2.06 bei $n = 27$).

3.1. Personenmerkmale

Von den untersuchten Personenmerkmalen zeigten insbesondere drei Variablen signifikante Zusammenhänge mit der erlebten intrinsischen Motivation im Schülerlabor:

- Extraversion ($r = .37$, $t = 1.98$) korrelierte positiv mit der intrinsischen Motivation,
- ebenso ein empathisierender Denkstil ($r = .43$, $t = 2.41$),
- während Neurotizismus negativ mit der intrinsischen Motivation zusammenhing ($r = -.40$, $t = -2.17$).

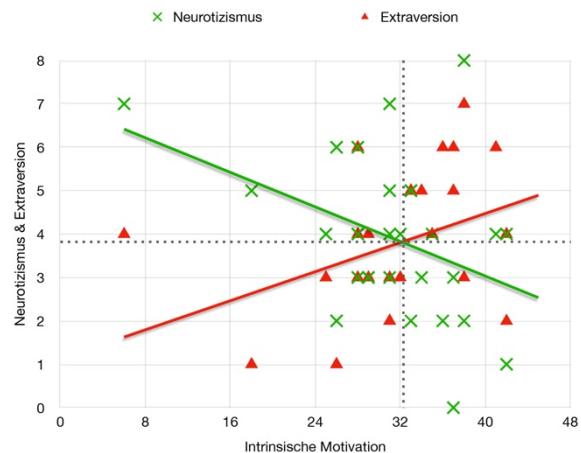


Abb. 2: Darstellung der intrinsischen Motivation in Abhängigkeit von Neurotizismus und Extraversion

Auch das Interesse am Fach Physik zeigte einen starken positiven Zusammenhang mit der Motivationserhebung im Anschluss an das LaserLab ($r = .65$, $t = 4.29$). Dagegen konnten keine relevanten Korrelationen mit dem systematisierenden Denkstil, weiteren Big-Five-Dimensionen (z. B. Offenheit, Gewissenhaftigkeit) oder der Schulnote in Physik festgestellt werden. Auch die Subskalen des SMQ-II (z. B. Karrieremotivation, Selbstwirksamkeit) wiesen keinen signifikanten Zusammenhang mit der im Labor erlebten Motivation auf.

3.2. Merkmale der Lernumgebung

Stärkere Zusammenhänge ergaben sich für mehrere Merkmale der Lernumgebung. Besonders relevant für die erlebte intrinsische Motivation waren:

- Eigenständiges Experimentieren ($r = .55$, $t = 3.30$),
- qualitativ wahrgenommene Betreuung durch Studierende ($r = .55$, $t = 3.27$),
- sowie die allgemeine Gestaltung der Lernumgebung ($r = .53$, $t = 3.11$).

Weitere signifikante Effekte zeigten sich für:

- Demonstrationsexperimente ($r = .46$, $t = 2.62$),
- die erlernten Inhalte ($r = .42$, $t = 2.34$),
- das wahrgenommene Verständnis physikalischer Konzepte ($r = .51$, $t = 2.96$),
- sowie der Eindruck vom Institut selbst ($r = .36$, $t = 1.96$).

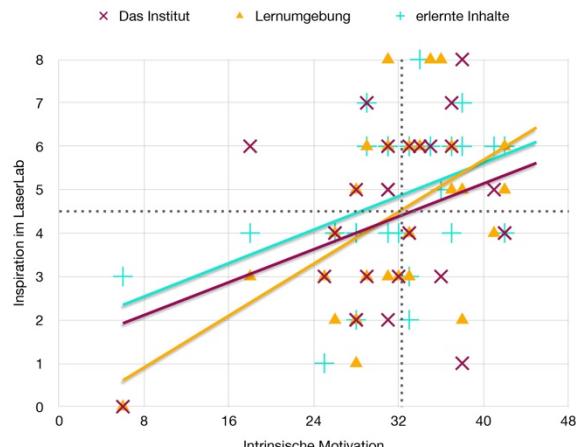


Abb. 3: Darstellung der intrinsischen Motivation in Abhängigkeit von Lernumgebung, Lerninhalten und Lernort

Demgegenüber blieben andere häufig genannte Aspekte wie Labore, Rechenaufgaben oder off-topic Konversationen statistisch unbedeutend – obwohl sie im qualitativen Feedback teilweise als interessant oder relevant benannt wurden. Dies verweist auf eine Diskrepanz zwischen subjektivem Erleben einzelner Stationen und deren tatsächlichem Einfluss auf motivationale Prozesse.

3.3. Zusammenfassung

Die Daten legen nahe, dass insbesondere Aspekte des selbstbestimmten und sozial eingebundenen Lernens im Schülerlabor – etwa eigenständiges Experimentieren oder die Interaktion mit Studierenden – eine zentrale Rolle für das motivationale Erleben spielen. Auf Seite der Personenmerkmale scheint vor allem ein offener, kontaktorientierter Zugang zur Physik (hohes Fachinteresse, Extraversion, empathischer Denkstil) mit höherer intrinsischer Motivation einherzugehen. Hingegen scheinen leistungsbezogene Orientierungen (z. B. Noten- oder Karrieremotivation) und klassische soziodemografische Variablen kaum eine Rolle zu spielen.

4. Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie verdeutlichen, dass sowohl personale als auch kontextuelle Faktoren zur Erklärung intrinsischer Motivation im außerschulischen Lernsetting LaserLab beitragen. Besonders stark motivierend wirkten dabei Aspekte, die im Sinne der Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 2008) Autonomie, soziale Eingebundenheit und Kompetenz fördern: eigenständiges Experimentieren, eine unterstützende Betreuung durch Studie-

rende sowie die als authentisch erlebte Lernumgebung. Diese Befunde stützen frühere Forschungsergebnisse zu den Potenzialen außerschulischer Lernorte (Pawek, 2009; Zehren, 2009; Simon, 2019) und unterstreichen die Bedeutung didaktisch gestalteter Erfahrungsräume für die Förderung von Motivation in der Physik.

Zugleich zeigen die Daten, dass bestimmte Persönlichkeitsdimensionen – insbesondere Extraversion, ein empathisierender Denkstil sowie ein hohes physikbezogenes Interesse – mit einer erhöhten intrinsischen Motivation im Schülerlabor einhergehen. Der Zusammenhang mit Neurotizismus ist dagegen negativ. Die Ursachen dieser Korrelationen lassen sich auf Basis der vorliegenden Daten jedoch nicht eindeutig klären. Es ist denkbar, dass extravertierte und empathisch eingestellte Lernende die soziale Interaktion mit den Betreuenden intensiver wahrnehmen und stärker als emotional bedeutsam erleben, was wiederum motivationale Prozesse begünstigt. Ebenso könnte ein ausgeprägteres Interesse am Fach Physik zu einem selektiveren Fokus auf relevante Inhalte und zu einem positiveren Erleben beitragen.

Allerdings ist auch zu berücksichtigen, dass alternative Erklärungen – etwa versteckte Drittvariablen wie das schulische Vorwissen, frühere positive Erfahrungen mit außerschulischen Lernformaten oder die spezifische Klassendynamik – nicht ausgeschlossen werden können. So könnte etwa die Korrelation zwischen Neurotizismus und Motivation auch durch eine erhöhte Unsicherheit oder Prüfungsangst vermittelt sein, ohne dass dies im aktuellen Design explizit erfasst wurde.

Für die weitere Forschung ergibt sich daraus die Notwendigkeit, differenziertere Designs mit größeren Stichproben zu realisieren, um vermittelnde Variablen zu identifizieren und Wirkmechanismen kausal zu überprüfen. Insbesondere Längsschnittuntersuchungen könnten aufzeigen, ob sich motivationale Effekte über den Besuch eines Schülerlabors hinaus stabilisieren lassen oder ob es sich um situationsspezifische Phänomene handelt. Ergänzend wäre eine systematische qualitative Erhebung (z. B. durch leitfadengestützte Interviews) sinnvoll, um subjektive Perspektiven der Lernenden auf ihre Motivationserfahrungen tiefergehend zu verstehen.

In der physikdidaktischen Praxis sollten außerschulische Lernangebote wie das LaserLab nicht nur auf fachliche Inhalte, sondern gezielt auf motivational relevante Rahmenbedingungen ausgerichtet werden – insbesondere durch die Förderung eigenständigen Experimentierens, niedrigschwelliger sozialer Interaktion und eines kompetenzorientierten Feedbacks.

5. Literatur

[1] RHEINBERG, FALKO; VOLLMAYER, REGINA: Motivation. 9., erweiterte und überarbeitete Auflage. Stuttgart: W. Kohlhammer, 2018. – ISBN 978-3-17-032954-6.

[2] DECI, EDWARD L. ; RYAN, RICHARD M.: Self-Determination Theory: A Macrotheory of Human Motivation, Development, and Health. In: *Canadian Psychology*, Bd. 49 (2008), Nr. 3, S. 182–185

[3] PRENZEL, MANFRED; SCHIEPE-TISKA, ANJA; RÖNNEBECK, SILKE: Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012: Ergebnisse und Herausforderungen. In: PRENZEL, Manfred; SÄLZER, Christine; KLIEME, Eckhard; KÖLLER, Olaf (Hrsg.): *PISA 2012: Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*. Münster: Waxmann, 2013, S. 189–216. – ISBN 978-3-8309-8001-8

[4] EULER, MANFRED: *Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln*. In: Kircher, Ernst; Girwidz, Raimund; Häußler, Peter (Hrsg.): *Physikdidaktik – Theorie und Praxis*. Springer, Berlin Heidelberg, 2009, S. 799–818. – ISBN 978-3-642-41744-3. DOI: 10.1007/978-3-642-41745-0_26.

[5] ZEHREN, WALTER: *Forschendes Experimentieren im Schülerlabor*. Dissertation, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2009. DOI: 10.22028/D291-22595.

[6] MOKHONKO, SVITLANA; NICKOLAUS, REINHOLD; WINDAUS, ANNE: Förderung von Mädchen in den Naturwissenschaften: Schülerlabore und ihre Effekte. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20 (2014), Nr. 1, S. 143–159. DOI: 10.1007/s40573-014-0016-2.

[7] ITZECH-GREULICH, HEIKE: *Schülerlabore für die MINT-Bildung – Bestand und Perspektiven*. In: *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*, 2015.

[8] RIESE, JOSEF; REINHOLD, PETER: Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge. In: *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2 (2009), Nr. 1, S. 104–125. DOI: 10.25656/01:14694.

[9] NIEPEL, CHRISTOPH; BRUNNER, MARTIN; PRECKEL, FRANZIS: The Longitudinal Interplay of Students' Academic Self-Concepts and Achievements Within and Across Domains: Repli-cating and Extending the Reciprocal Internal/External Frame of Reference Model. In: *Journal of Educational Psychology*, 106 (2014), Nr. 4, S. 1170–1191. DOI: 10.1037/a0036307.

[10] WELBERG, JULIA; LAUMANN, DANIEL; HEINICKE, SUSANNE: Empathisierendes oder systematisierendes Denken im Physikunterricht? Testentwicklung für Lernende der Sekundarstufe I. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 2022.

[11] GLYNN, SHAWN M. et al.: *Science Motivation Questionnaire II: Validation With Science Majors and Nonsense Majors*. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (2011), Nr. 10, S. 1159–1176

[12] RAMMSTEDT, BEATRICE; JOHN, OLIVER P.: Kurzversion des Big Five Inventory (BFI-K): Entwicklung und Validierung eines ökonomischen Inventars zur Erfassung der fünf Faktoren der Persönlichkeit. In: *Diagnostica*, 51 (2005), Nr. 4, S. 195–206. DOI: 10.1026/0012-1924.51.4.195.

[13] WILDE, MATTHIAS ; BÄTZ, KATRIN ; KOVALEVA, ANASTASSIYA ; URHAHNE, DETLEF: Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.