

DD42.3

Evaluation Smartphone- gestützter Experimentier- aufgaben im ersten Studienjahr

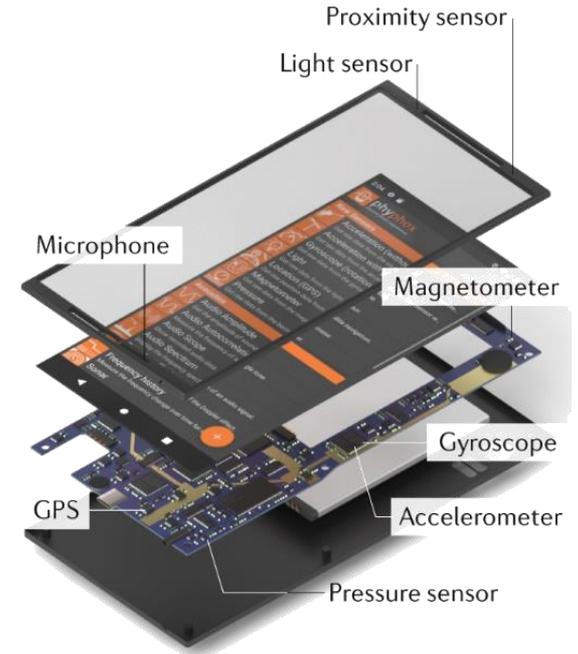
Simon Z. Lahme, Dominik Dorsel, Heidrun
Heinke, Pascal Klein, Andreas Müller,
Christoph Stampfer und Sebastian Staacks

DPG-Frühjahrstagung Göttingen, 02.04.2025



Smartphone-Experimente im Physikstudium – viel diskutiert, selten untersucht

- **Hohes Potenzial von Smartphone-Experimenten**
 - Praktisch-technisch (vgl. *lab in the pocket*) (u.a. Stampfer et al., 2020)
 - Fachdidaktisch-lernpsychologisch, u.a. situiertes/kontext-basiertes sowie selbstgesteuertes Lernen mit eigenem Gerät, Umgang mit multiplen Repräsentationen) (u.a. Kuhn & Vogt, 2019)
 - Vielzahl an Ideen für Smartphone-Experimente (u.a. Kuhn & Vogt, 2019; Monteiro & Martí, 2022), auch für die Hochschule (O'Brien, 2021)
- **Bereits vielfältiger Einsatz**
 - in Vorlesungen (Hütz et al., 2017; Staacks et al., 2022)
 - Übungen (Hütz et al., 2017, 2019; Kaps & Stallmach, 2022; Kaps et al., 2021)
 - Projektarbeiten (Barro et al., 2023; Darmendrail, 2023; Pola et al., 2024)
 - Praktika (Bernardini et al., 2024; Organtini & Tufino, 2022)
- **Bislang nur drei Studien zum Einsatz im Physikstudium**
(Bernardini et al., 2024; Kaps & Stallmach, 2022; Tufino & Organitini, 2024)



Evaluation von Smartphone-Experimenten in der Experimentalphysik I

... als kurze wöchentliche
Übungsaufgaben



Projekt Physik.SMART
(Freiraum 2022, Stiftung Innovation
in der Hochschullehre)



Vorsichtiger Vergleich beider
Implementationsansätze



- Proof of Concept
- Wahrnehmung des Lernens mit den Aufgaben
- Affektive Wirkungen

... als längere studentische
Projektaufgaben



Projekt Digitalgestütztes vernetztes Lernen in der Studieneingangsphase Physik
(Innovation plus, MWK Niedersachsen)

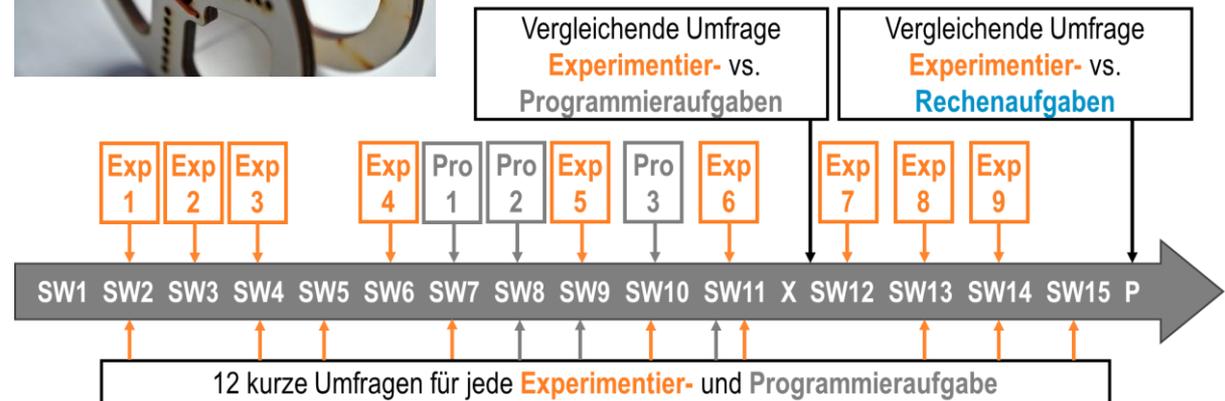


Smartphone-Experimente in der Experimentalphysik I

... als kurze wöchentliche
Übungsaufgaben



**9 kürzere Experimentieraufgaben,
 systematisch in Übungsblätter integriert**
 bei $N > 300$ Studierenden



Smartphone-Experimente in der Experimentalphysik I

6 Aufgaben aus dem Projekt DigiPhysLab (Erasmus+) für Projektaufgaben adaptiert (Lahme et al., 2022, 2024)

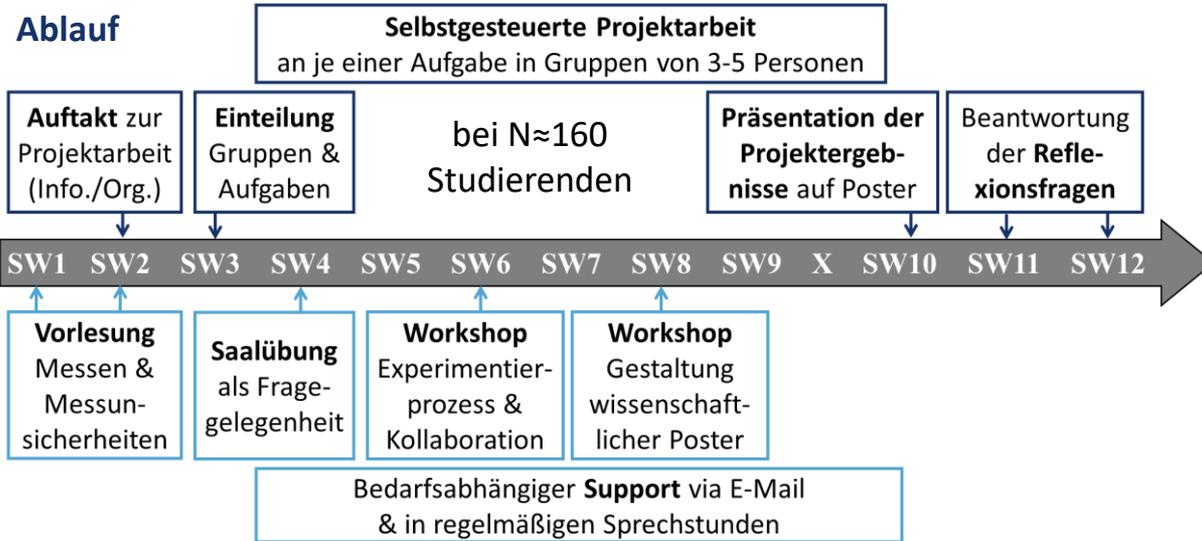


... als längere studentische Projektaufgaben



Smartphone-Experimente in der Experimentalphysik I

Ablauf



Unterstützungsangebote

+ 6 Umfragen über die Projektlaufzeit hinweg

... als längere studentische Projektaufgaben



Evaluation von Smartphone-Experimenten in der Experimentalphysik I

... als kurze wöchentliche
Übungsaufgaben



... durch gleichartige
Fragebögen



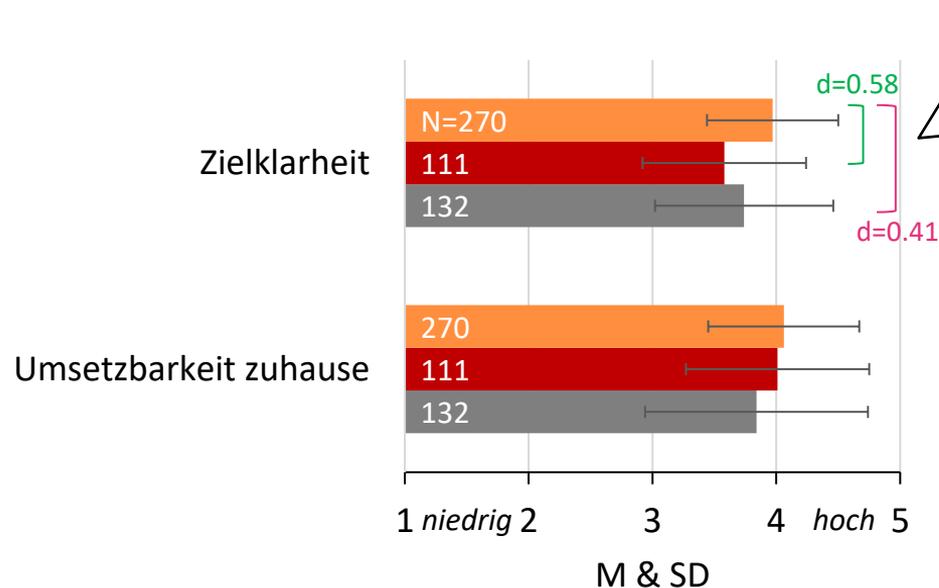
**Wahrnehmung des Lernens mit
den Aufgaben**, u.a. Zielklarheit,
Schwierigkeitsgrad, Feedback

Affektive Wirkungen, u.a. Neugier,
Interesse, Authentizität, Autonomie

... als längere studentische
Projektaufgaben



Aufgabenqualität und Zeitaufwand waren angemessen



Sign. Unterschiede in
 U-Tests bzw.
 Wilcoxon-Tests mit
 Bonferroni-Korrektur

Workload Median

Experimente AC

20-60 min je nach Aufgabe
 M=38 min; $\Sigma_9 \text{ Aufgaben} = 5,75\text{h}$

Projektarbeit GÖ

23 h (25 h intendiert)

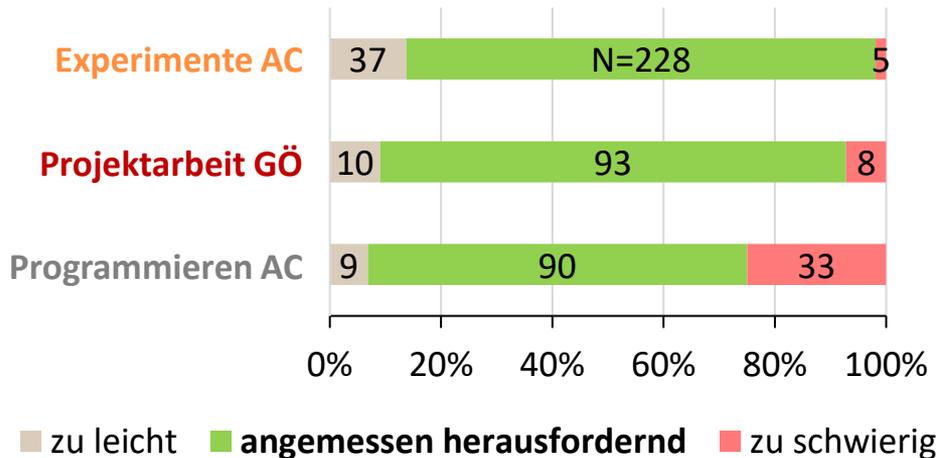
Programmieren AC

30-90 min je nach Aufgabe
 M=55 min; $\Sigma_3 \text{ Aufgaben} = 2,75\text{h}$

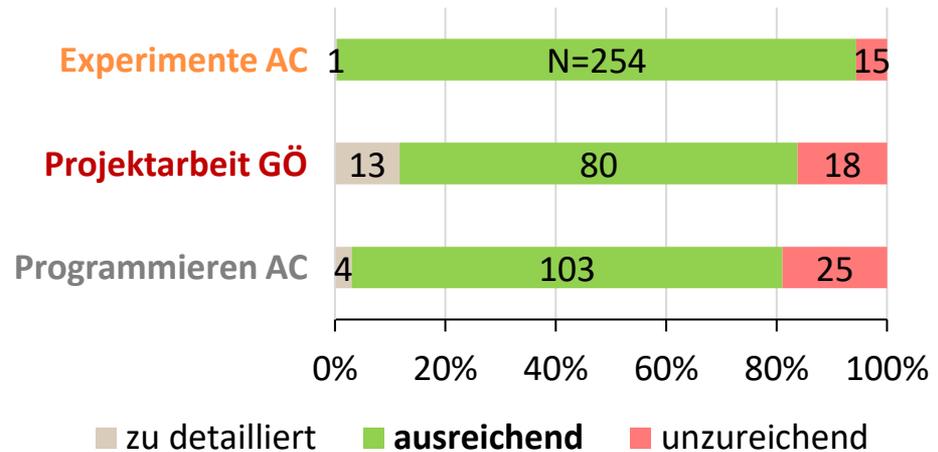
■ Experimente AC ■ Projektarbeit GÖ ■ Programmieren AC

Schwierigkeitsgrad und Umfang an Instruktion waren angemessen

Die Experimentier-/Programmieraufgabe war für meinen Kenntnisstand...



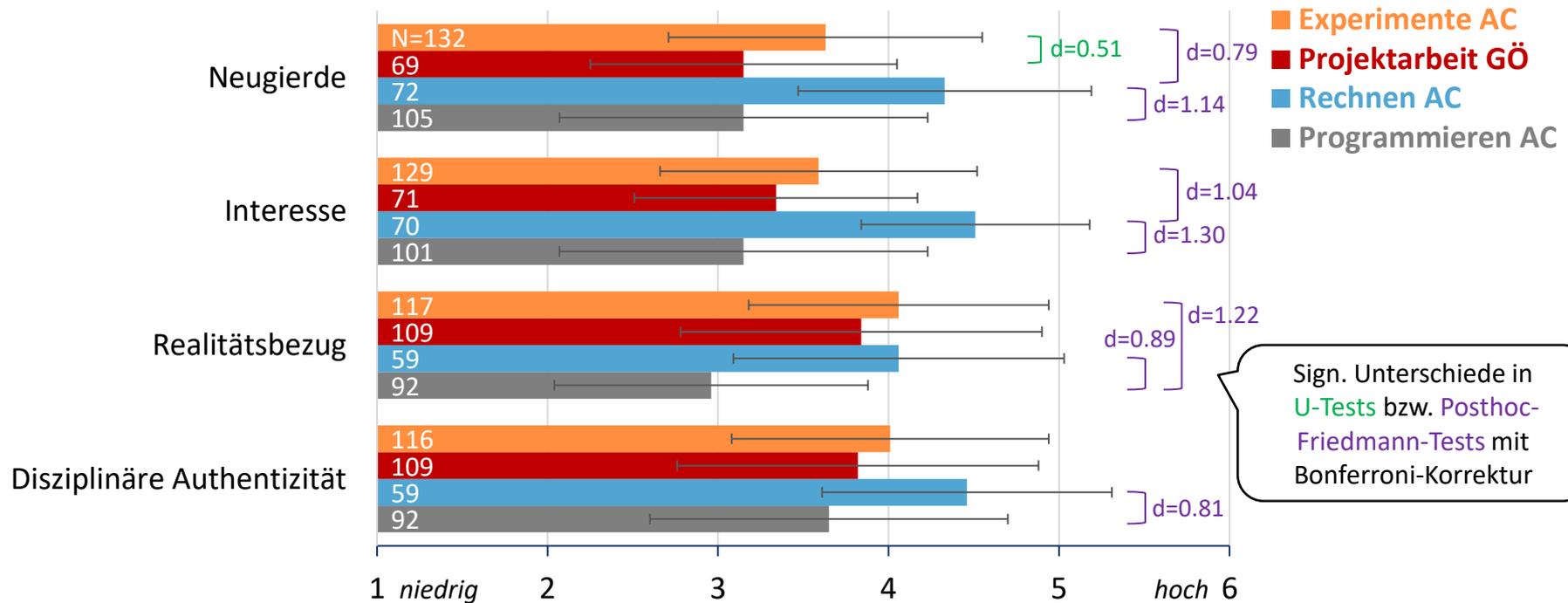
Die Aufgabenstellungen und unterstützenden Materialien waren...



Freitext-Feedback zeigt zentrale Lob- und Kritikpunkte beider Ansätze

Smartphone-Experimente als	wöchentliche Übungsaufgaben (AC)	längere Projektaufgaben (GÖ)
Was den Studierenden gefiel:	Einfache/Schnelle Durchführbarkeit	Autonomie & Kreativität
	Aufgabe i.A. einfach, leicht zu verstehen	Gruppenarbeit
	Eigenhändiges aktivierendes Experiment.	Einfache exp. Durchführung
	Einfacher Aufbau mit wenig Equipment	Spaß am Experimentieren
	Aufgaben(-elemente) interessant/neu/...	Nutzung digitaler Technologien
Was den Studierenden nicht gefiel:	Rahmenbedingungen für Durchführung	Zeitaufwand/-management
	Schwierigkeiten bei der Durchführung	Hoher Aufwand
	Mangelnde Präzision, Fehleranfälligkeit	Aufgabe uninteressant
	Instruktionen unverständlich/unzureichend	Hoher Offenheitsgrad
	Aufgaben langweilig/uninteressant	Probleme innerhalb der Gruppen

Affektiv: Rechnen AC ≥ Experimente AC ≥ Projektarbeit GÖ ≥ Programmieren AC



Diskussion

Die Smartphone-basierten Experimentieraufgaben (wöchentlich & als Projektarbeit)

- sind an beiden Standorten insgesamt gut bezüglich ihrer Aufgabenqualität bewertet worden.
 - liegen in ihrer affektiven Wirkung gleich bis unter der von klassischen Rechenaufgaben.
- Für neu eingesetzte Aufgaben bereits vielversprechende Ergebnisse!

Zu beachtende Einschränkungen und Erklärungsansätze sind u.a.:

- Daten basieren auf Selbsteinschätzungen und sind von Kontextbedingungen abhängig
- Daten zwischen beiden Standorten (AC und GÖ) nur begrenzt vergleichbar
- Fokus auf affektive Variablen, viele andere mögliche Zielvariablen nicht untersucht
- In beiden Ansätzen eher geringe „Dosis“ an Experimentieraufgaben
- Ggf. Verbesserungen der Experimentieraufgaben (z.B. Schwierigkeit, Offenheit & Interessantheit) & Constructive Alignment erforderlich

Take-Home Message

1. **Smartphone-Experimente können als wöchentliche Aufgaben & Projektaufgaben erfolgreich in den Übungsbetrieb im 1. Semester implementiert werden.**
2. Sie sind ein zusätzlicher Aufgabentyp – **mit Potenzialen und Grenzen.**
3. Technologie allein bringt nicht Motivation. → **Auch Aufgaben & Lernsetting sind (vermutlich) entscheidend**

Preprint zur
Studie in Aachen
(Physik.SMART)



<https://arxiv.org/abs/2411.13382>

Göttinger
Projektaufgaben
als OERs



<https://doi.org/10.57961/49zr-w490>

Website zum
Ausgangsprojekt
DigiPhysLab



<https://jyu.fi/digiphyslab>

Literaturangaben

- Barro, S., Beguin, C., Brouzet, D., Charosky, L., Darmendrail, L. & Müller, A. (2023). *Smartphone experiments in Undergraduate Research*. Preprint auf arXiv unter <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2305/2305.07483.pdf>
- Bernardini, E., Carli, M., Elkhatab, M. Y., Ferrogli, A., Fiolhais, M., Gabelli, L., Jessen Munch, H., Krym, D., Mastrolia, P., Ossola, G., Pantano, O., Postiglione, J., Poveda Correa, J. S., Sirignano, C. & Soramel, F. (2024). Using Smartphones to Innovate Laboratories in Introductory Physics Courses. *Journal of Physics: Conference Series*, 2750(1), 012014.
- Darmendrail, L. (2023). Science Education with mobile devices: Experiments, teaching and research possibilities. Dissertation an der Université de Genève, Genève.
- Hütz, S., Kuhlen, S., Stampfer, C. & Heinke, H. (2017). Entwicklung und Evaluation modularer Vorlesungseinheiten mit Smartphone-Einsatz. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung - Dresden 2017*, 241–245
- Hütz, S., Staacks, S., Stampfer, C. & Heinke, H. (2019). Kleiner Aufwand, großer Nutzen? Experimentiersets zur Unterstützung experimenteller Übungsaufgaben mit Smartphones. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung - Aachen 2019*, 273-279.
- Kaps, A., Splitz, T., Stallmach, F. (2021). Implementation of smartphone-based experimental exercises for physics courses at universities. *Physics Education*, 56(3), 35004.
- Kaps, A. & Stallmach, F. (2022). Development and didactic analysis of smartphone-based experimental exercises for the smart physics lab. *Physics Education*, 57(4), 45038.
- Lahme, S. Z., Klein, P., Lehtinen, A., Pirinen, P., Sušac, A. & Tomrlin, B. (2022). DigiPhysLab: Developing Digital Physics Laboratory Work for Distance Learning. *PhyDid B - Beiträge zur Frühjahrstagung - virtuell 2022*, 383-390.

Literaturangaben

- Lahme, S. Z., Klein, P., Müller, A. (2024). Smartphone-based undergraduate research projects in an introductory mechanics course. *Journal of Physics: Conference Series*, 2693(1), 012008.
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2019). *Physik ganz smart: Die Gesetze der Welt mit dem Smartphone entdecken*. Springer.
- Monteiro, M. & Martí, A. C. (2022). Resource Letter MDS-1: Mobile devices and sensors for physics teaching. *American Journal of Physics*, 90(5), 328-243.
- O'Brien, D. J. (2021). A guide for incorporating e-teaching of physics in a post-COVID world. *American Journal of Physics*, 89(4), 403-312.
- Organtini, G. & Tufino, E. (2022). Effectiveness of a Laboratory Course with Arduino and Smartphones. *Education Sciences*, 12(12), 898.
- Pola, L. D., Darmendrail, L., Galantay, E. & Mueller, A. (2024). Listen! A Smartphone Inquiry on the Domino Effect. *The Physics Teacher*, 62(9), 715-720.
- Staacks, S., Dorsel, D., Hütz, S., Stallmach, F., Splith, T., Heinke, H. & Stampfer, C. (2022). Collaborative smartphone experiments for large audiences with phyphox. *European Journal of Physics*, 43(5), 055702.
- Stampfer, C., Heinke, H., Staacks, S. (2020). A lab in the pocket. *Nature Reviews Materials*, 5(3), 169-170.
- Tufino, E. & Organtini, G. (2024). Evaluation of the effectiveness of an introductory mechanics Lab with Arduino and smartphone. In: S. Faletič, & J. Pavlin, *Teaching and Learning Physics Effectively in Challenging Times* (S.161-174), Springer.

Zu den Projekten zugehörige Manuskripte

- Lahme, S. Z., Dorsel, D., Heinke, H., Klein, P., Müller, A., Stampfer, C., Staacks, S. (2025). *Recitation tasks revamped? Evaluation of smartphone experiment tasks in introductory mechanics*, Manuskript im Review bei Phys. Rev. Phys. Educ. Res., Preprint auf arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.13382>
- Lahme, S. Z., Klein, P., Müller, A. (2024). Offene Experimentierprojektaufgaben in der Studieneingangsphase Physik. In v. Vorst, H. (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hamburg 2023*, 418-421. https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/G16_Lahme.pdf
- Lahme, S. Z., Klein, P., Müller, A. (2024). Smartphone-based undergraduate research projects in an introductory mechanics course. *Journal of Physics: Conference Series*, 2693, 012008. 26th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning 07/09/2023-09/09/2023 Prague, Czechia. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2693/1/012008>
- Lahme, S. Z., Klein, P., Lehtinen, A., Müller, A., Pirinen, P., Rončević, L., Sušac, A. (2023). *Evaluating digital experimental tasks for physics laboratory courses*. Preprint on ResearchGate, submitted for the conference proceedings of the DPG-Frühjahrstagung 2023 in Hannover. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26818.35526>
- Lahme, S. Z., Müller, A., Klein, P. (2023). Lehrveranstaltungsverbindende Experimentieraufgaben im Physikstudium. In v. Vorst, H. (Ed.), *Lernen, lehren und forschen in einer digital geprägten Welt, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*, ed. 43, 663-666. https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2023/05/P020_Lahme.pdf
- Lahme, S. Z., Klein, P., Lehtinen, A., Müller, A., Pirinen, P., Susac, A., & Tomrlin, B. (2022). DigiPhysLab: Digital Physics Laboratory Work for Distance Learning. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung – online 2022*, 383–390. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1250/1503>

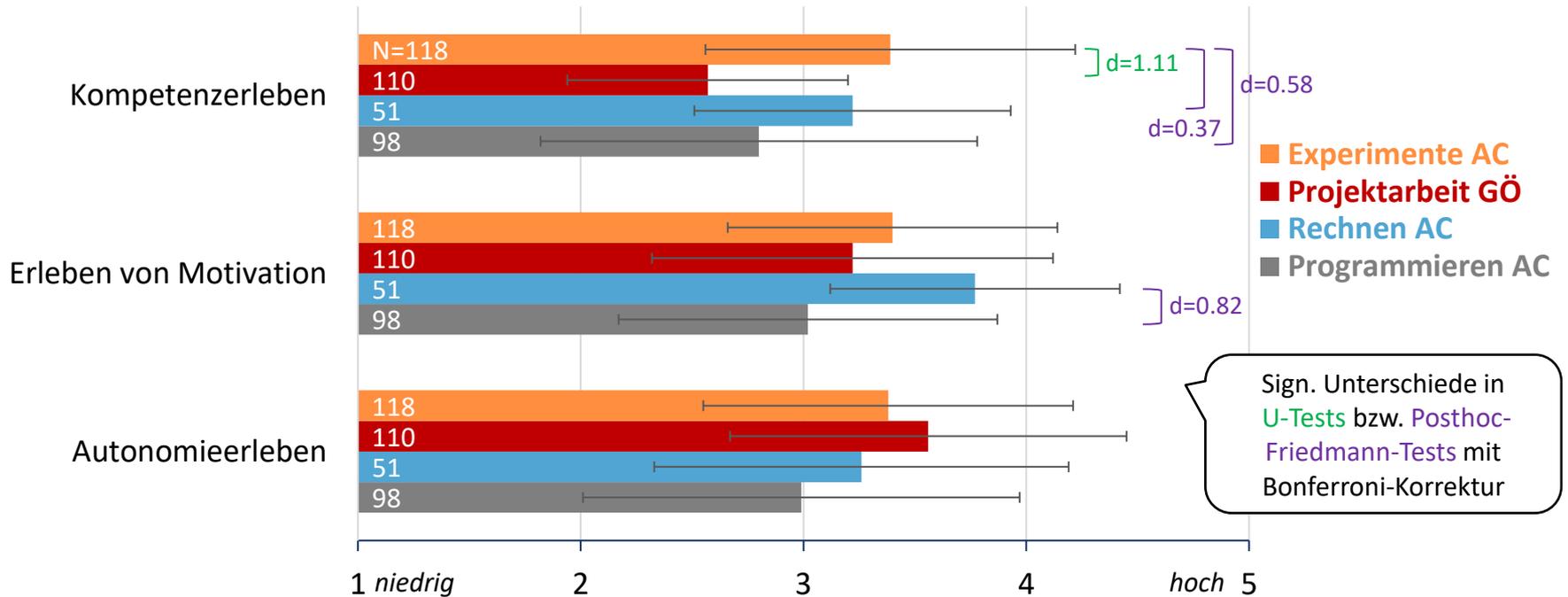
Anhang

Übersicht: Rechnen AC ≥ Experimente AC ≥ Projektarbeit GÖ ≥ Programmieren AC

Variable	Rec AC – Exp AC	Exp AC – Projekt GÖ	Exp AC – Pro AC	Rec AC – Pro AC
Neugierde	> (d=0.79)	> (d=0.51)	=	> (d=1.14)
Interesse	> (d=1.04)	=	=	> (d=1.30)
Realitätsbezug	=	=	> (d=1.22)	> (d=0.89)
Disziplinäre Authentizität	=	=	=	> (d=0.81)
Kompetenzerleben	< (d=0.37)	>> (d=1.11)	> (d=0.58)	=
Erleben von Motivation	=	=	=	> (d=0.82)
Autonomieerleben	=	=	=	=
Kognitive Wirksamkeit	=	=		
Affektive Wirksamkeit	>> (d=0.61)	=		
Autonomie	=	=		
Vernetzung mit Physik I	>> (d=0.92)	> (d=0.53)		

Signifikante Unterschiede in
 Bonferroni-korrigierten
 Posthoc-Friedmann- bzw.
 Wilcoxon- bzw. U-Tests

Weitere affektive Variablen zu den beiden Ansätzen Teil 1



Weitere affektive Variablen zu den beiden Ansätzen Teil 2

