

Peter Wulff
 Melanie Keller
 Stefan Petersen
 Knut Neumann

IPN Kiel

Förderung junger Frauen in der PhysikOlympiade im Projekt *identiφ*

Immer stärker prognostizieren Wissenschaft, Wirtschaft und Politik einen Fachkräftemangel in MINT-Fächern¹ in Industrienationen wie der Bundesrepublik Deutschland (Institut der Deutschen Wirtschaft Köln, 2016). Mathematische, ingenieurwissenschaftliche, naturwissenschaftliche und technische Fähigkeiten besitzen für viele Tätigkeiten eine zunehmende Bedeutung. Demgegenüber steht das durchschnittlich hohe Alter von MINT-Fachkräften und ein fehlender MINT-Nachwuchs, der die Innovationskraft und damit Zukunftsfähigkeit von Industrienationen gefährden (BusinessEurope, 2011; Institut der Deutschen Wirtschaft Köln, 2016; PCAST, 2012). Um die zukünftige Innovationskraft von Industrienationen zu sichern, müssen interessierte und talentierte Jugendliche für MINT-Fächer begeistert werden.

Um diesem Ziel Rechnung zu tragen, wurden sog. Enrichmentmaßnahmen für Schülerinnen und Schüler als Instrumente der Talentförderung und -identifikation etabliert (Campbell, Wagner, & Walberg, 2000). Insbesondere sind in diesem Zusammenhang die sog. ScienceOlympiaden zu nennen, die in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik einen Beitrag zur Nachwuchsrekrutierung leisten. Bei genauerer Betrachtung der Teilnehmendenzahlen registriert man allerdings, dass Persistenz und Erfolg in diesen Wettbewerben stark vom Geschlecht der Teilnehmenden abhängen (Campbell, 2002). Dieses trifft insbesondere auf den Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade zu. Beispielsweise sind hier anfänglich etwa 25–30% der Teilnehmenden weiblich. Dieser Anteil nimmt dann überproportional im Verlauf des Wettbewerbs ab auf etwa 7% in der Finalrunde ab (Petersen & Wulff, 2017). Demzufolge gelingt eine umfassende Identifikation und Förderung aller Talente durch diese Maßnahmen de facto nicht. Eine mögliche Ursache für das differentielle Engagement von Schülerinnen und Schülern in Wettbewerben wie der PhysikOlympiade kann in der mangelnden Identitätsbildung bzw. -unterstützung liegen (Hazari, Sonnert, Sadler, & Shanahan, 2010; Tytler, 2014). Ziel des vorliegenden Projekts ist, eine die PhysikOlympiade flankierende Interventionsmaßnahme zu implementieren und zu evaluieren. Es soll untersucht werden inwieweit es gelingt, das Physikengagement und die Identifikation mit der Physik der am Wettbewerb teilnehmenden jungen Frauen zu fördern.

Physikidentity und Gender

“‘[I]dentity’ represents the process of searching for and settling on a set of commitments to personal standards and life roles.“ (Schwartz et al., 2011, p. 373). Der Mensch hat multiple Identitäten, sodass das Zusammenspiel unterschiedlicher Identitätsaspekte wie soziale Identität (bspw. Geschlechtsrollenzugehörigkeit), personale Identität (Persönlichkeitseigenschaften) und domänenspezifische Identität (bspw. Physikidentität) von Bedeutung ist (Burke, 2003). Mit Fokus auf die Physikidentität konnten zentrale Einstellungen und Überzeugungen identifiziert werden, die eine Identifikation mit der Domäne und somit Engagement ermöglichen. So sind die beiden Aspekte der *Erfolgserwartung* bezogen auf typische Probleme in der Domäne sowie des *Zugehörigkeitsgefühls* zur Community

¹ Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften und Technik.

entscheidende Faktoren, die Identitätsentwicklung beeinflussen (Baumeister & Leary, 1995; Eccles, 1983; Hazari et al., 2010; Lave & Wenger, 1991). Insbesondere mit Bezug zur Physik zeigen Studien, dass Schülerinnen im Vergleich zu Schülern trotz gleicher Leistungen eine geringere *Erfolgserwartung* (oder ein geringeres Selbstkonzept/eine geringere Selbstwirksamkeitserwartung) zeigen, in Physik erfolgreich zu sein, (Eccles, 2011; Schütz, 2000). Ebenso konnte gezeigt werden, dass das *Zugehörigkeitsgefühl* für Schülerinnen in dem physiknahen Fach Mathematik geringer ausgeprägt ist und stärker über die Zeit abfällt als dies für Schüler der Fall ist (Good, Rattan, & Dweck, 2012). Das Ziel der vorliegenden Interventionsmaßnahme ist es, Mechanismen zu stärken, die sowohl die *Erfolgserwartung* in Bezug auf ein Physikstudium als auch das *Zugehörigkeitsgefühl* zur Physik-Community von Schülerinnen in der PhysikOlympiade verstärken. Dabei sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- FF1: Inwieweit kann die *Erfolgserwartung* in Bezug auf ein Physikstudium von Schülerinnen positiv beeinflusst werden? Gibt es genderdifferentielle Effekte?
- FF2: Inwieweit kann das *Zugehörigkeitsgefühl* zur Physik-Community gestärkt werden? Gibt es genderdifferentielle Effekte?

Methode

Verschiedene Aspekte wurden in der Forschung identifiziert, die sowohl die *Erfolgserwartung* als auch das *Zugehörigkeitsgefühl* fördern können. Zur Stärkung der *Erfolgserwartung* der Schülerinnen wurden gezielte Adaptionen der Inhalte vorgenommen. So werden Inhalte mit Bezug zu lebensweltlich relevanten Themen von Schülerinnen als interessanter wahrgenommen (Häußler & Hoffmann, 2002). Das Interesse an den Physikproblemen erhöht dann wiederum die Wahrscheinlichkeit sich mit diesen auseinanderzusetzen, was das Kompetenzerleben stärkt. In der vorliegenden Intervention wurden teilweise Inhalte adaptiert, die solche medizinischen Kontexte aufgreifen (hier: DNA). Weiterhin erfolgt die Bearbeitung sowohl durch theoretische physikalische Probleme als auch durch Hands-On-Experimente, was sich als insbesondere förderlich für Schülerinnen herausstellte (Freedman, 2001). Zur Stärkung des *Zugehörigkeitsgefühls* wurden eine 50/50 Gruppenzusammensetzung gewährleistet (Dasgupta, Scircle, & Hunsinger, 2015), sowie Expertinnen als Mentorinnen eingesetzt (Dasgupta, 2011). Als Expertinnen konnten wir die erfolgreichsten jungen Frauen in den letzten Jahren der PhysikOlympiade gewinnen, die alle nunmehr ein physiknahes Studium aufgenommen haben. Diese Aspekte wurden in einem Förderseminar umgesetzt, welches zweimalig vor-Ort und zweimalig online stattfand über den Zeitraum eines halben Jahres (Oktober 2016 bis März 2017). Zusätzlich gab es eine Kontrollgruppe, die ausschließlich die Inhalte (ohne Experimente) in Einzelarbeit online absolviert hat; d.h. für die Kontrollgruppe wurde ausschließlich die Adaption der Inhalte in der Intervention umgesetzt. Die 5 Messzeitpunkte lagen jeweils vor und nach den Vor-Ort-Seminaren und streckten sich damit über den Zeitraum des gesamten halben Jahres. Tab. 1 zeigt eine Übersicht der verwendeten Skalen. Insgesamt haben von den eingeladenen Teilnehmenden 23% ihre Teilnahme zugesagt. Im Seminarprogramm gab es einen differentiellen Dropout in der Art, dass in der Treatment-Bedingung der Dropout bei 36% und in der Kontroll-Bedingung bei 63% lag. Unsere Analysen fokussieren diejenigen Schülerinnen und Schüler, die bis zum Ende in der Interventionsmaßnahme verblieben sind (Treatment-Bedingung: N=37, Kontroll-Bedingung: N=11). Hierbei ist zu konstatieren, dass sich diese Gruppen signifikant in ihren Physiknoten und der Wettbewerbsleistung unterscheiden, beide Male zugunsten der Kontrollgruppe.

Zur Auswertung der Ergebnisse wurde ein Mehrebenenmodell geschätzt mit Messzeitpunkten geschachtelt in den individuellen Schülern. Es wurden mit Bezug auf die Forschungsfragen jeweils die Haupteffekte Zeit, Geschlecht sowie Bedingung (Treatment

versus Kontrolle) getestet, sowie entsprechende Interaktionseffekt, bspw. ob es für Schülerinnen andere zeitliche Verläufe als für Schüler gibt. Abhängige Variablen waren *Erfolgserwartung* im Physikstudium und *Zugehörigkeitsgefühl* zur Physik-Community.

Tab. 1: Übersicht der verwendeten Skalen.

Skala (Quelle)	MZP	# Items	Beispiellitems
Erfolgserwartung in Physik [.76 ≤ α ≤ .82] (Lykkegaard et al., 2016)	1,5	4 Items	„Wenn ich Physik studieren oder einen physiknahen Beruf ergreifen werde, glaube ich, dass ich dabei erfolgreich sein werde.“
Zugehörigkeitsgefühl zur Physik-Community [.92 ≤ α ≤ .94] (Good et al., 2012)	1,2,3,4,5	5 Items pro Subskala (5 Subskalen)	„...fühle ich, dass ich zur Physik-Community dazugehöre.“
Unterstützung durch Lehrkräfte, Eltern, Peers [.80 ≤ α ≤ .83]	1	6 Items	„Meine Eltern unterstützen mich aktiv in meinem Physikengagement.“
Wertkomponente [α = .63] (Lykkegaard et al., 2016)	1	4 Items	„Wenn ich Physik studieren oder einen physiknahen Beruf ergreifen werde, werden mir die Inhalte, die ich dort lerne, auch für mein alltägliches Leben nützlich sein.“
Feedback Seminar 1 und Seminar 2 [.89 ≤ α ≤ .91] (Fechner, 2009; Lewalter & Knogler, 2014)	2,5	17 Items	„Ich fühle mich von der Lehrperson ernst genommen.“, „Die Arbeit an den physikalischen Problemen im Seminar hat mir Spaß gemacht.“
Noten Physik	5	1 Item	„Bitte gib im Folgenden deine letzte Semesternote für die folgenden Fächer an. Physik“
Wettbewerbsleistung	-	5 Items	Bearbeitung von 4 physikalischen Problemen mit Kontrolle durch Lehrkräfte auf Basis einer Musterlösung

Ergebnisse

Mit Bezug auf die *Erfolgserwartung* (FF1) konnten keine signifikanten Effekte festgestellt werden. Im Hinblick auf das *Zugehörigkeitsgefühl* (FF2) fanden sich ebenfalls keine Haupteffekte, jedoch zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt von *Zeit* und *Bedingung*. Die Kontrollgruppe verzeichnet einen positiveren Zuwachs im Zugehörigkeitsgefühl im Verlauf des Seminars als dies bei der Treatmentgruppe der Fall ist. Die erwarteten geschlechterdifferenziellen Effekte des Treatments (d.h. des Interaktionseffektes *Geschlecht* x *Bedingung*) auf *Erfolgserwartung* und *Zugehörigkeitsgefühl* konnten nicht gezeigt werden.

Diskussion

Die vorliegende Interventionsmaßnahme wurde als ergänzende Maßnahme im Rahmen des Auswahlwettbewerbs zur Internationalen PhysikOlympiade entwickelt und hatte zum Ziel, die teilnehmenden Schülerinnen in ihrem Physikengagement und ihrer Physikidentitätsentwicklung zu fördern. Die Auswertung mit Hinblick auf die Forschungsfragen zeigte allerdings nicht die erwarteten Effekte, beispielsweise eine positivere *Zeitentwicklung* für die Schülerinnen in der Treatmentgruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe. Allerdings stellten wir auch keinen differentiellen negativen Effekt für Schülerinnen fest wie dies beispielsweise in der Studie von Good et al. (2012) der Fall war. Insbesondere stellten wir fest, dass sich Treatment- und Kontrollgruppe signifikant in der Leistung voneinander unterscheiden und ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler aus der Kontrollgruppe ausgeschieden ist (63%). Die Rückmeldezahlen aller Teilnehmenden zum Wettbewerb zeigen, dass in etwa 51% der Teilnehmenden (unabhängig von *Geschlecht* und *Bedingung*) sich zurückgemeldet haben. Das bedeutet, dass sie Aufgaben im Wettbewerb im nächsten Jahr bearbeitet haben. Dies liegt etwas über der vergleichbaren Population in der PhysikOlympiade (41%), was ein positiver Indikator für die Wirksamkeit beider Fördermaßnahmen (Treatment und Kontrollgruppe) ist. Für zukünftige Interventionen erachten wir eine sensiblere Justierung der Skalen auf die Gegebenheiten für sinnvoll (siehe: Stake & Mares, 2001). Im Jahr 2018 wird das Projekt *identiΦ* in umfassenderer Form fortgeführt.

Literatur

- Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1995). The Need to Belong: Desire for Interpersonal Attachments as a Fundamental Human Motivation. *Psychological Bulletin*, *117*(3), 497–529.
- Burke, P. J. (2003). Introduction. In P. J. Burke, T. J. Owens, R. T. Serpe, & P. A. Thoits (Eds.), *Advances in identity theory and research*. New York: Kluwer Academic.
- BusinessEurope. (2011). Plugging the gap: the clock is ticking. Retrieved from <http://www.business-europe.eu/Content/default.asp?pageid=568&docid=28659>
- Campbell, J. R. (2002). Gender Inequity Among Academic Olympians Across the Globe: Theoretical Paradigms. *Journal of Research in Education*, *12*(1), 75–79.
- Campbell, J. R., Wagner, H., & Walberg, H. J. (2000). Academic Competitions and Programs Designed to Challenge the Exceptionally Talented. In K. Heller, F. Monks, R. Sternberg, & R. Subotnik (Eds.), *International handbook of giftedness and talent* (2nd ed., pp. 523–535). Oxford, UK: Pergamon.
- Dasgupta, N. (2011). Ingroup Experts and Peers as Social Vaccines Who Inoculate the Self-Concept: The Stereotype Inoculation Model. *Psychological Inquiry*, *22*(4), 231–246. doi:10.1080/1047840X.2011.607313
- Dasgupta, N., Scircle, M. M., & Hunsinger, M. (2015). Female peers in small work groups enhance women's motivation, verbal participation, and career aspirations in engineering. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *112*(16), 4988–4993. doi:10.1073/pnas.1422822112
- Eccles, J. E. (1983). Expectancies, Values, and Academic Behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and Achievement Motives. Psychological and Sociological Approaches* (pp. 75–138). San Francisco, CA: Freeman and Company.
- Eccles, J. (2011). Gendered educational and occupational choices: Special section Applying the Eccles et al. model of achievement-related choices. *International Journal of Behavioural Development*, *35*(3), 195–201.
- Freedman, M. P. (2001). The influence of laboratory instruction on science achievement and attitude toward science among ninth grade students across gender differences. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, *8*, 191–200.
- Good, C., Rattan, A., & Dweck, C. S. (2012). Why do women opt out? Sense of belonging and women's representation in mathematics. *Journal of Personality and Social Psychology*, *102*(4), 700–717. doi:10.1037/a0026659
- Häußler, P., & Hoffmann, L. (2002). An Intervention Study to Enhance Girls' Interest, Self-Concept, and Achievement in Physics Classes. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(9), 870–888.
- Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P., & Shanahan, M.-C. (2010). Connecting High School Physics Experiences, Outcome Expectations, Physics Identity, and Physics Career Choice: A Gender Study. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(8), 978–1003.
- Institut der Deutschen Wirtschaft Köln. (2016). *MINT-Herbstreport 2016: Bedeutung und Chancen der Zuwanderung*.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate peripheral participation*: Cambridge University Press.
- PCAST. (2012). *Engage to excel: Producing one million additional college graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics*. President's Council of Advisors on Science and Technology.
- Petersen, S., & Wulff, P. (2017). The German Physics Olympiad—identifying and inspiring talents. *European Journal of Physics*, *38*(3), 034005. doi:10.1088/1361-6404/aa538f
- Schütz, C. (2000). Leistungsbezogene Kognitionen. In D. H. Rost (Ed.), *Hochbegabte und hochleistende Jugendliche* (pp. 303–338). Münster: Waxmann.
- Schwartz, S. J., Klimstra, T. A., Luyckx, K., Hale, W. W., Frijns, T., Oosterwegel, A., . . . Meeus, Wim H. J. (2011). Daily dynamics of personal identity and self-concept clarity. *European Journal of Personality*, *25*(5), 373–385. doi:10.1002/per.798
- Stake, J. E., & Mares, K. R. (2001). Science Enrichment Programs for Gifted High School Girls and Boys: Predictors of Program Impact on Science Confidence and Motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, *38*(10), 1065–1088.
- Tyler, R. (2014). Attitudes, Identity, and Aspirations Toward Science. In N. G. Lederman & S. Abell (Eds.), *Volume II. Handbook of research on science education* (pp. 82–103). New York: Routledge.