

Konzeptionelles Verständnis von Studierenden der Ingenieurwissenschaften zum elektrischen Stromkreis

Bernadette Schorn*, Alexander Voigt[†]

*Europa-Universität Flensburg, [†]Hochschule Flensburg
Bernadette.Schorn@uni-flensburg.de

Kurzfassung

Sowohl national als auch international zeigen sich in den Studien zu Lernendenvorstellungen zum elektrischen Stromkreis bei Studierenden typische Lernendenvorstellungen und Lernschwierigkeiten, wie z. B. die Stromverbrauchsvorstellung (Burde et al. 2022, Chang & Shieh 2018, Fromme 2018, Goris & Dyrenfurth 2013). Zur Untersuchung des Verständnisses von Studierenden der Ingenieurwissenschaften zu grundlegenden Konzepten des elektrischen Stromkreises und möglichen Veränderungen des konzeptionellen Verständnisses durch Lehrveranstaltungen wurden an der Hochschule Flensburg in einem Zwei-Gruppen-Pretest-Posttest-Design Befragungen durchgeführt. Es werden erste Ergebnisse der Interventionsstudie vorgestellt.

1. Einleitung

In Untersuchungen zu Lernendenvorstellungen zum elektrischen Stromkreis zeigen sich bei Studierenden der Ingenieurwissenschaften neben der im Allgemeinen weit verbreiteten Stromverbrauchsvorstellung (Chang & Shieh, 2018; Goris & Dyrenfurth, 2013) auch weitere physikalisch nicht adäquate Konzepte, wie beispielsweise die „Als-ob-Vorstellungen“ (Schecker & Duit, 2018, S. 9), dass die elektrische Spannung eine Eigenschaft des elektrischen Stroms ist (Goris & Dyrenfurth, 2013; Sangam & Jesiek, 2012) oder dass eine Batterie eine konstante Stromquelle darstellt (Goris & Dyrenfurth, 2013; Riegler et al., 2016). Ebenso lässt sich z. B. auch die sogenannte sequenzielle Betrachtung von elektrischen Stromkreisen feststellen (Smaill et al., 2012). Mit dem Ziel, u. a. eine Aussage dazu zu ermöglichen, ob sich eine Veränderung hinsichtlich des konzeptionellen Verständnisses zu grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises durch eine Intervention feststellen lässt, wurden bei Studierenden der Ingenieurwissenschaften an der Hochschule Flensburg Befragungen durchgeführt (für weitere übergeordnete Fragestellungen und zugehörige erste Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen siehe Schorn et al., 2023). Im Folgenden werden zunächst das Erhebungsinstrument und das Untersuchungsdesign sowie im Anschluss erste Ergebnisse der Interventionsstudie vorgestellt.

2. Erhebungsinstrument und Untersuchungsdesign

Zur Datenerhebung wurde ein zweistufiger Multiple-Choice-Test zum einfachen elektrischen Stromkreis, der Two-Tier-Simple-Electric-Circuits-Test (2T-SEC-Test; Ivanjek et al. 2021) eingesetzt. Dieser Test umfasst insgesamt 25 Items zu den Konzepten „offene und geschlossene Stromkreise“, „Reihen- und Parallelschaltungen“, „elektrische Stromstärke“, „elektrischer Widerstand“ und „elektrische Spannung“ bei elektrischen Stromkreisen. Jedes Item besitzt zwei Stufen mit einer inhaltlichen Fragestellung (erste Stufe) und einer Begründung zu der in der ersten Stufe gewählten Antwortvorgabe (zweite Stufe). Die Bewertung der Items wurde auf der Grundlage des Paired-Scoring-Modells¹ vorgenommen, um insbesondere die Wahrscheinlichkeit zu reduzieren, durch Raten bei der Bearbeitung der Items einen Punkt zu erhalten und um den Schwierigkeitsgrad des für Schüler:innen in der Mittelstufe und höher entwickelten 2T-SEC-Tests im Vergleich zu einer möglichen Bewertung durch eine separate Punktevergabe für richtige Angaben auf jeder der beiden Stufen der Items zu erhöhen.

Der Interventionsstudie liegt ein Zwei-Gruppen-Pretest-Posttest-Design zugrunde: Sowohl bei der Interventionsgruppe als auch bei der Kontrollgruppe werden zu Beginn (Pretest) und am Ende (Posttest) der Vorlesungszeit das konzeptionelle Verständnis der Studierenden zu grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises erhoben. Während die

¹ Paired-Scoring-Modell: Die Antworten zu den zweistufigen Multiple-Choice-Aufgaben werden als richtig und mit einem Punkt bewertet, wenn sowohl die richtige Antwort auf der ersten Stufe als auch die richtige Begründung auf der zweiten Stufe ausgewählt

werden, andernfalls werden die Antworten mit null Punkten bewertet (siehe Ivanjek et al., 2021).

Studierenden der Interventionsgruppe im Verlauf der Vorlesungszeit Veranstaltungen zur „Elektrotechnik I“ (Vorlesung, Übung und Tutorium) sowie ein Labor zur „Elektrotechnik II“ besucht haben, u. a. mit Inhalten zum elektrischen Stromkreis und den zugehörigen physikalischen Größen, waren derartige Inhalte kein Bestandteil der Veranstaltungen der Kontrollgruppe.

3. Ergebnisse

Aus den Erhebungen im Wintersemester 2022/2023 und Sommersemester 2023 an der Hochschule Flensburg liegen von insgesamt 51 Studierenden der Ingenieurwissenschaften (Studentinnen: $N = 9$ (18%), Studenten: $N = 41$ (80%), keine bzw. nicht eindeutige Antworten zum Geschlecht: $N = 1$ (2%)) im Alter von 18–31 Jahren ($m = 21,12$; $SD = 2,66$) Daten zu Beginn und am Ende der Semester vor, die ausgewertet werden konnten². Die Stichprobe besteht zu 41% aus Proband:innen der Interventionsgruppe ($N = 21$; Studiengänge „Energiewissenschaften“ (EnWi) und „Schiffstechnik“ (ST)) und zu 59% aus Proband:innen der Kontrollgruppe ($N = 30$; Studiengänge „Maschinenbau“ (MB) und „Biotechnologie, Lebensmitteltechnologie und Verfahrenstechnik“ (BLVT)).

Zu Beginn der Vorlesungszeiten ergeben sich bei den Studierenden der Ingenieurwissenschaften die in Abb.1 dargestellten relativen mittleren erreichten Gesamtpunktzahlen zu den fünf untersuchten

grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises. Im Durchschnitt erzielten die Proband:innen im Pretest zwischen 39% und 76% der möglichen Maximalpunktzahlen. Anhand eines Vergleichs der mittleren erreichten Gesamtpunktzahlen zeigen sich die meisten Schwierigkeiten der Studierenden bei dem Konzept „elektrische Spannung“ und die wenigsten Schwierigkeiten bei dem Konzept „offene und geschlossene Stromkreise“. Im Hinblick auf die Zugehörigkeit der Proband:innen zur Interventions- bzw. Kontrollgruppe lassen sich auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der durchschnittlich erreichten Gesamtpunktzahlen feststellen³.

Für beide Erhebungszeitpunkte sind in Tab.1 die Mittelwerte (m) für die erreichten Gesamtpunktzahlen der Studierenden der Interventionsgruppe (IG) und der Kontrollgruppe (KG) jeweils für den Pretest ($m_{IG,pre}$, $m_{KG,pre}$) und Posttest ($m_{IG,post}$, $m_{KG,post}$), die erreichten Gesamtpunktzahlen gemittelt über die Gruppen für den Pre- und Posttest (m_{pre} , m_{post}) und die erreichten Gesamtpunktzahlen gemittelt über die Messzeitpunkte für die Gruppen (m_{IG} , m_{KG}) angegeben, jeweils einschließlich der zugehörigen Standardabweichungen (SD). Zur Untersuchung, ob hinsichtlich des konzeptionellen Verständnisses zu den einzelnen Konzepten (abhängige Variable) statistisch signifikante Mittelwertunterschiede sowohl in Bezug auf die Zugehörigkeit der Proband:innen zur Interventions- bzw. Kontrollgruppe als auch bezüglich der

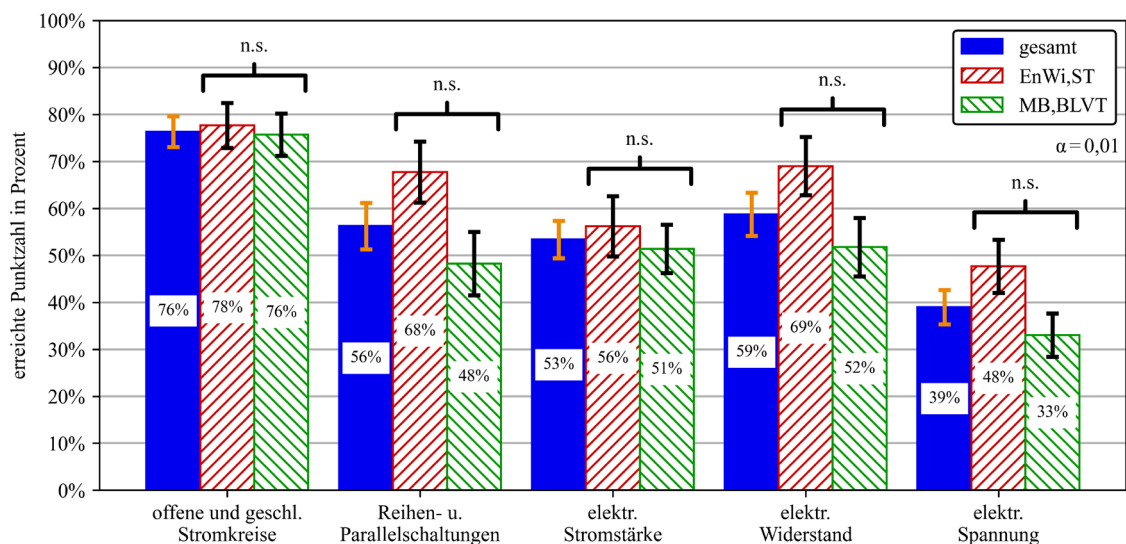


Abb.1: Mittlere erreichte Gesamtpunktzahl bei Studierenden der Ingenieurwissenschaften im Pretest für die einzelnen Konzepte. Die Unsicherheitsbalken zeigen die Standardabweichung des arithmetischen Mittelwertes (SEM).

² Um bei der Auswertung Fragebögen auszuschließen, die möglicherweise aufgrund der freiwilligen Teilnahme nicht vollständig ausgefüllt wurden, wurden nur Fragebögen berücksichtigt, bei denen jeweils mindestens 60% der zweistufigen Multiple-Choice-Aufgaben zu den in dem Testinstrument betrachteten fünf grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises bearbeitet sind.

³ Zur Untersuchung der Mittelwertunterschiede hinsichtlich der Zugehörigkeit zur Interventions- bzw. Kontrollgruppe wurde für die einzelnen Konzepte jeweils ein t-Test durchgeführt. Da davon auszugehen ist, dass die einzelnen Konzepte miteinander in Zusammenhang stehen, wurde aufgrund der α -Fehlerinflation bezüglich des Signifikanzniveaus eine Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Daraus ergibt sich ein adjustiertes Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$.

Tab.1: Mittelwerte und Standardabweichungen für Proband:innen der Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (KG) im Pre- und Posttest (Spalten 3–6), zu verschiedenen Messzeitpunkten gemittelt über die Gruppe (Spalten 7–8), sowie für die verschiedenen Gruppen gemittelt über die Messzeitpunkte (Spalten 9–10).

Konzept		IG		KG		Messzeitpunkt		Gruppe	
		pre	post	pre	post	pre	post	IG	KG
„offene u. geschl. Stromkreise“ (3 Items)	<i>m</i>	2,33	2,81	2,27	2,53	2,29	2,65	2,57	2,40
	<i>SD</i>	0,658	0,402	0,740	0,681	0,701	0,594	0,539	0,705
„Reihen- u. Parallelschaltungen“ (4 Items)	<i>m</i>	2,71	2,71	1,93	2,03	2,25	2,31	2,71	1,98
	<i>SD</i>	1,189	1,384	1,484	1,497	1,412	1,476	1,274	1,478
„elektr. Stromstärke“ (5 Items)	<i>m</i>	2,81	4,43	2,57	2,43	2,67	3,25	3,62	2,50
	<i>SD</i>	1,470	1,076	1,406	1,455	1,424	1,635	1,272	1,419
„elektr. Widerstand“ (4 Items)	<i>m</i>	2,76	3,10	2,07	2,03	2,35	2,47	2,93	2,05
	<i>SD</i>	1,136	0,995	1,363	1,273	1,309	1,270	1,055	1,308
„elektr. Spannung“ (9 Items)	<i>m</i>	4,29	5,48	2,97	3,00	3,51	4,02	4,89	2,99
	<i>SD</i>	2,327	2,358	2,266	2,533	2,361	2,731	2,314	2,383

zwei Messzeitpunkte Pretest und Posttest sowie eine Wechselwirkung dieser beiden Faktoren vorliegen, wurden für jedes Konzept eine univariate zweifaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung mit dem Gruppenfaktor „Gruppe“ und dem Messwiederholungsfaktor „Messzeitpunkt“ durchgeführt.⁴ In Tab.2 sind die Ergebnisse der zweifaktoriellen ANOVAs mit Messwiederholung zu den untersuchten fünf grundlegenden Konzepten des einfachen elektrischen Stromkreises dargestellt. Aus den interpretierbaren Ergebnissen der zweifaktoriellen ANOVAs mit Messwiederholung geht unter Berücksichtigung der Mittelwerte und Standardabweichungen in Tab.2 folgendes hervor: Hinsichtlich der Konzepte „elektrische Stromstärke“, „elektrischer Widerstand“ und „elektrische Spannung“ ist die durchschnittlich erreichte Gesamtpunktzahl bei den Studierenden der Interventionsgruppe (m_{IG}) unabhängig vom Messzeitpunkt statistisch signifikant größer als bei den

Studierenden der Kontrollgruppe (m_{KG}). Bei den Konzepten „offene und geschlossene Stromkreise“ sowie „Reihen- und Parallelschaltungen“ liegen keine statistisch signifikanten Mittelwertunterschiede bezüglich der erreichten Gesamtpunktzahlen bei Studierenden der unterschiedlichen Gruppen unabhängig vom Messzeitpunkt vor. Im Hinblick auf die Konzepte „offene und geschlossene Stromkreise“ sowie „elektrische Spannung“ ist die durchschnittlich erreichte Gesamtpunktzahl der Studierenden unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit im Posttest (m_{post}) statistisch signifikant größer als im Pretest (m_{pre}); bei den Konzepten „Reihen- und Parallelschaltungen“ sowie „elektrischer Widerstand“ liegen keine statistisch signifikanten Mittelwertunterschiede bezüglich der erreichten Gesamtpunktzahlen im Pre- und Posttest unabhängig von der Zugehörigkeit der Proband:innen zur Interventions- bzw. Kontrollgruppe vor. Darüber hinaus liegt für das Konzept

Tab.2: Statistische Kennzahlen der ANOVAs mit Messwiederholung für die einzelnen Konzepte. Hervorgehoben sind die Kennzahlen der Faktoren und Wechselwirkungen, die unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen und der zugehörigen Interaktionsdiagramme interpretiert werden können.

Konzept	Gruppe (IG, KG)				Messzeitpunkt (pre, post)				Messzeitpunkt*Gruppe				Art
	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	η_{part}^2	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	η_{part}^2	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	η_{part}^2	
„offene u. geschl. Stromkreise“	1,240	1	,271	,025	13,305	1	<,001	,214	1,058	1	,309	,021	
„Reihen- u. Parallelschaltungen“	3,759	1	,058	,071	0,130	1	,720	,003	0,130	1	,720	,003	
„elektr. Stromstärke“	11,237	1	,002	,187	13,305	1	<,001	,214	18,510	1	<,001	,274	hybrid
„elektr. Widerstand“	9,474	1	,003	,162	0,570	1	,454	,011	0,851	1	,361	,017	
„elektr. Spannung“	8,835	1	,005	,153	7,418	1	,009	,131	6,632	1	,013	,119	

⁴ Da davon auszugehen ist, dass die einzelnen Konzepte miteinander im Zusammenhang stehen, wurde wegen der α -Fehlerinflation bezüglich des Signifikanzniveaus eine Bonferroni-Korrektur

durchgeführt. Daraus ergibt sich ein adjustiertes Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$.

„elektrische Stromstärke“ eine statistisch signifikante Wechselwirkung vor: Die durchschnittlich erreichte Gesamtpunktzahl der Studierenden der Interventionsgruppe ist im Posttest statistisch signifikant größer als im Pretest, d. h. $m_{IG,post} > m_{IG,pre}$. Der Anstieg der mittleren Gesamtpunktzahl der Proband:innen der Interventionsgruppe zwischen Pre- und Posttest, $m_{IG,post} - m_{IG,pre}$, ist zudem statistisch signifikant größer als die betragsmäßige Änderung der durchschnittlich erreichten Gesamtpunktzahlen der Proband:innen der Kontrollgruppe zwischen Post- und Pretest, d. h.

$$m_{IG,post} - m_{IG,pre} > |m_{KG,post} - m_{KG,pre}|. \quad \{1\}$$

Dies deutet auf die Intervention als mögliche Ursache für die statistisch signifikante Verbesserung des konzeptionellen Verständnisses hinsichtlich des Konzepts „elektrische Stromstärke“ bei den Studierenden der Interventionsgruppe hin. Betrachtet man zudem das Antwortverhalten der Proband:innen der Interventionsgruppe bezüglich der einzelnen Items des Konzepts „elektrische Stromstärke“ sowohl im Pretest als auch im Posttest, so lässt sich insbesondere eine Abnahme der Stromverbrauchsvorstellung feststellen. Hinsichtlich der Konzepte „offene und geschlossene Stromkreise“, „Reihen- und Parallelschaltungen“, „elektrischer Widerstand“ sowie „elektrische Spannung“ liegen keine statistisch signifikanten Wechselwirkungen vor.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der Interventionsstudie mit Studierenden der Ingenieurwissenschaften zeigen, dass sich das konzeptionelle Verständnis der Proband:innen der Interventionsgruppe nach der Intervention im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Intervention ausschließlich zum Konzept „elektrische Stromstärke“ statistisch signifikant verbessert hat. Die Analyse des Antwortverhaltens der Proband:innen zu den einzelnen Items dieses Konzepts zu beiden Testzeitpunkten zeigt vor allem eine Abnahme der Stromverbrauchsvorstellung bei den Studierenden der Interventionsgruppe.

Im Weiteren ist zum einen geplant, zusätzliche Interventionsstudien mit Studierenden der Ingenieurwissenschaften durchzuführen, um statistische Analysen mit einem größeren Stichprobenumfang zu ermöglichen. Zum anderen soll eine detaillierte Analyse der Lernendenvorstellungen erfolgen, die dem konzeptionellen Verständnis der Studierenden zugrunde liegen. Im Anschluss daran sollen unter Berücksichtigung der Erkenntnisse zum konzeptionellen Verständnis der Studierenden der Ingenieurwissenschaften Lehrmaterialien entwickelt und erprobt werden.

5. Literatur

Burde, J.-P., Ivanjek, L., Wilhelm, T., Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., Dopatka, L., Spatz, V. & Hopf, M. (2022): Schülervorstellungen in Schule und Studium – ein Vergleich. In: S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit*

als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Virtuelle Jahrestagung 2021*. (S. 372). Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Universität Duisburg-Essen.

Chang, W. & Shieh, R. S (2018): A study of the conceptual comprehension of electric circuits that engineer freshmen display. In: *European Journal of Physics*, 39 (4), 045705.

Fromme, B. (2018): Fehlvorstellungen bei Studienanfängern: Was bleibt vom Physikunterricht der Sekundarstufe I? In: *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung – Würzburg 2018*.

Goris, T. V. & Dyrenfurth, M. J. (2013): How Electrical Engineering Technology Students Understand Concepts of Electricity. Comparison of Misconceptions of Freshmen, Sophomores, and Seniors. In: *American Society for Engineering Education*. 120th ASEE Annual Conference & Exposition.

Ivanjek, L., Morris, L., Schubatzky, T., Hopf, M., Burde, J.-P., Haagen-Schützenhöfer, C., Dopatka, L., Spatz, V. & Wilhelm, T. (2021): Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. In: *Physical Review Physics Education Research*, 17 (2).

Riegler, P., Simon, A., Prochaska, M., Kautz, C., Bierwirth, R., Hagendorf, S. & Kortemeyer, G. (2016): Using Tutorials in Introductory Physics on circuits in a German university course: observations and experiences. In: *Physics Education*, 51 (6), 065014.

Sangam, D. & Jesiek, B. K. (2012): Conceptual Understanding of Resistive Electric Circuits Among First-Year Engineering Students. In: *American Society for Engineering Education*. ASEE Annual Conference & Exposition.

Schecker, H. & Duit, R. (2018): Schülervorstellungen und Physiklernen. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer-Spektrum, 1–22.

Schorn, B., Ablaß, M. & Voigt, A. (2023): Vorstellungen von Studierenden zum elektrischen Stromkreis. In: *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung – Hannover 2023*, S. 233–240.

Smaill, C. R., Rowe, G. B., Godfrey, E. & Paton, R. O. (2012): An Investigation Into the Understanding and Skills of First-Year Electrical Engineering Students. In: *IEEE Transaction on education*, 55 (1), 29–35.