

# Förderung des Formelverständnisses durch physikspezifische Strategien

Julia Hofmann<sup>1</sup>, Josefine Neuhaus<sup>1</sup>, Andreas Müller<sup>2</sup>, Pascal Klein<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Deutschland; <sup>2</sup> Université de Genève, Schweiz

## Physikspezifische Strategien

Eine Straßenlampe ist an zwei Seilen zwischen zwei Hauswänden aufgehängt. Die Seilkraft lässt sich durch die folgende Formel beschreiben:  $\vec{F}_S = \frac{mg}{2 \cos \alpha}$ . Bei der Überprüfung der Plausibilität der Formel spielt das **Sense-Making** eine zentrale Rolle [1,2]: Die Formel wird in Bezug zur physikalischen Situation mit Hilfe von Vorwissen und Intuition gesetzt. Zur Überprüfung können die folgenden Betrachtungsweisen angewendet werden [2,3]:

### Dimensionsbetrachtung (DI)

$$\left[ \frac{mg}{2 \cos \alpha} \right] = \frac{\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1} = \text{N} = [\vec{F}_S]$$

Einheiten stimmen überein. ✓

### Spezialfallbetrachtung (SF)

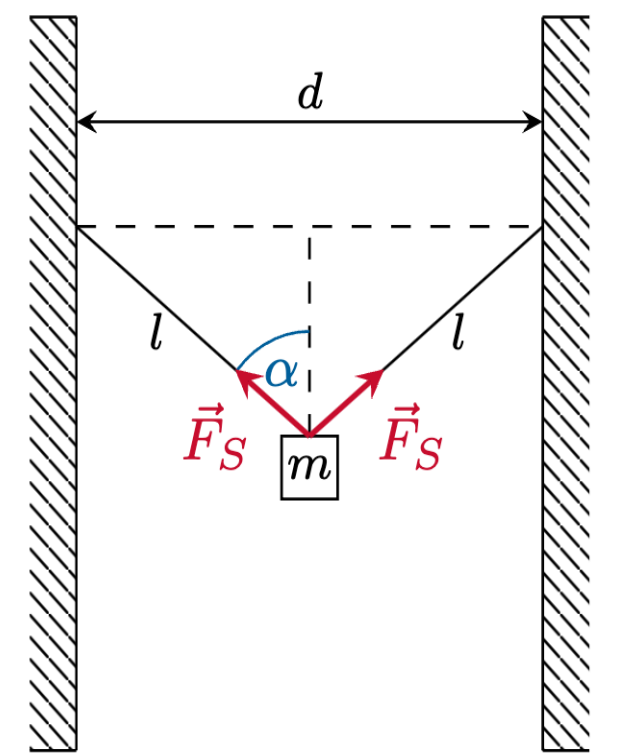
Für  $\alpha = 0$  folgt:  $\vec{F}_S = \frac{mg}{2}$ .  
Verschwindet der Winkel, wirkt die Hälfte der Gewichtskraft. ✓

### Grenzfallbetrachtung (GF)

Für  $m \rightarrow \infty$  folgt:  $\vec{F}_S \rightarrow \infty$ .  
Mit zunehmendem Gewicht wird die Kraft immer größer. ✓

### Kovariationsbetrachtung (KO)

Verkürzen sich die Seile, wird der Winkel  $\alpha$  größer und folglich auch die Kraft. ✓



## Forschungsdesign

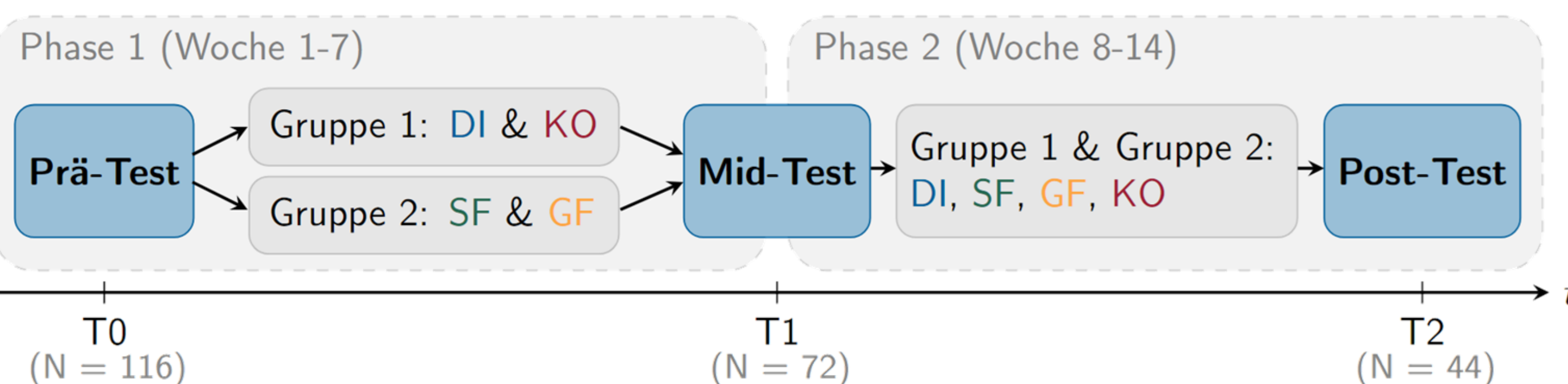
### Forschungsfrage

Können die Strategien im Rahmen von Übungsaufgaben in einer Veranstaltung zu Elektromagnetismus gefördert werden? Gibt es Unterschiede im Hinblick auf ...

- ... die Einschätzung des Selbstkonzeptes und der Nützlichkeit/Relevanz der Strategien im Verlauf des Semesters?

### Studiendesign

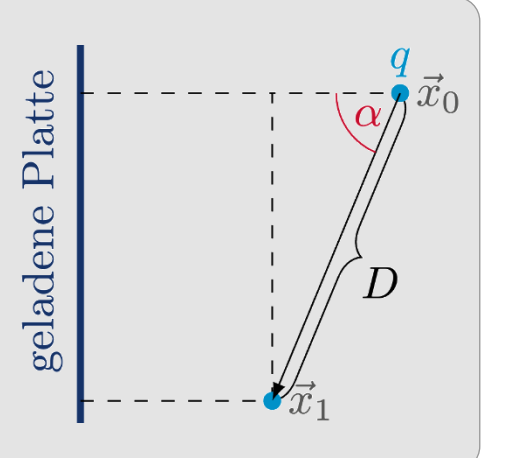
- Wöchentliche Übungsaufgaben im Rahmen der Zweitsemesterveranstaltung: „Experimentalphysik II – Elektromagnetismus“ (14 Wochen)
- Kernstichprobe:**  $N = 34$  (G1:  $N = 10$  und G2:  $N = 24$ )



### Material und Erhebungsinstrumente

#### Übungsaufgabe:

Überprüfen Sie die in a) hergeleitete Formel der Arbeit, indem Sie den **Spezialfall** einer zur Platte parallel bewegten Ladung betrachten. Ist auf Grundlage Ihrer Betrachtung die Formel physikalisch plausibel?  
*Hinweis: Sie können jederzeit im Dokument „Strategie-Heft“ nachlesen, wie Sie hierbei vorgehen können.*



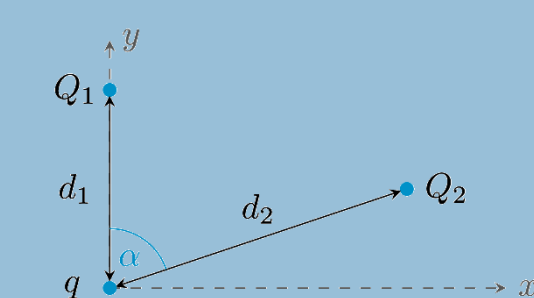
- Strategie-Heft:** Ausführung aller Strategien durch Worked Examples [4]

#### Testinstrument:

Im Folgenden soll die physikalische Plausibilität der Formel überprüft werden, ohne die Formel selbstständig herzuleiten. Gehen Sie dabei wie folgt vor:

- Untersuchen Sie einen relevanten **Grenzfall** der Formel. Ist auf Grundlage Ihrer Betrachtung die Formel physikalisch plausibel?

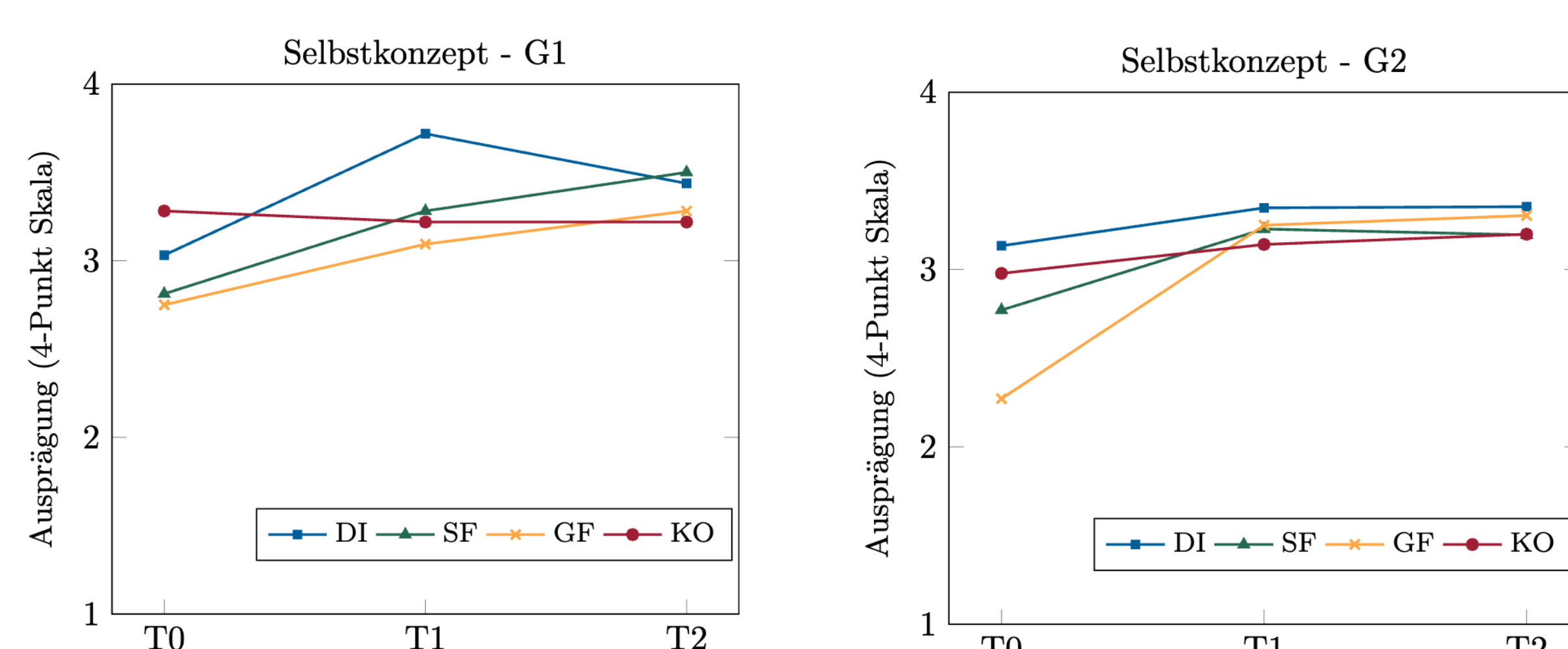
$$\vec{F}_q = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{Q_2 \sin(\alpha)}{d_2^2} \hat{y} + \frac{Q_2 \cos(\alpha)}{d_2^2} + \frac{Q_1}{d_1^2} \right)$$



- Fragebogen:** Selbstkonzept, Relevanz, Integration in Veranstaltungen

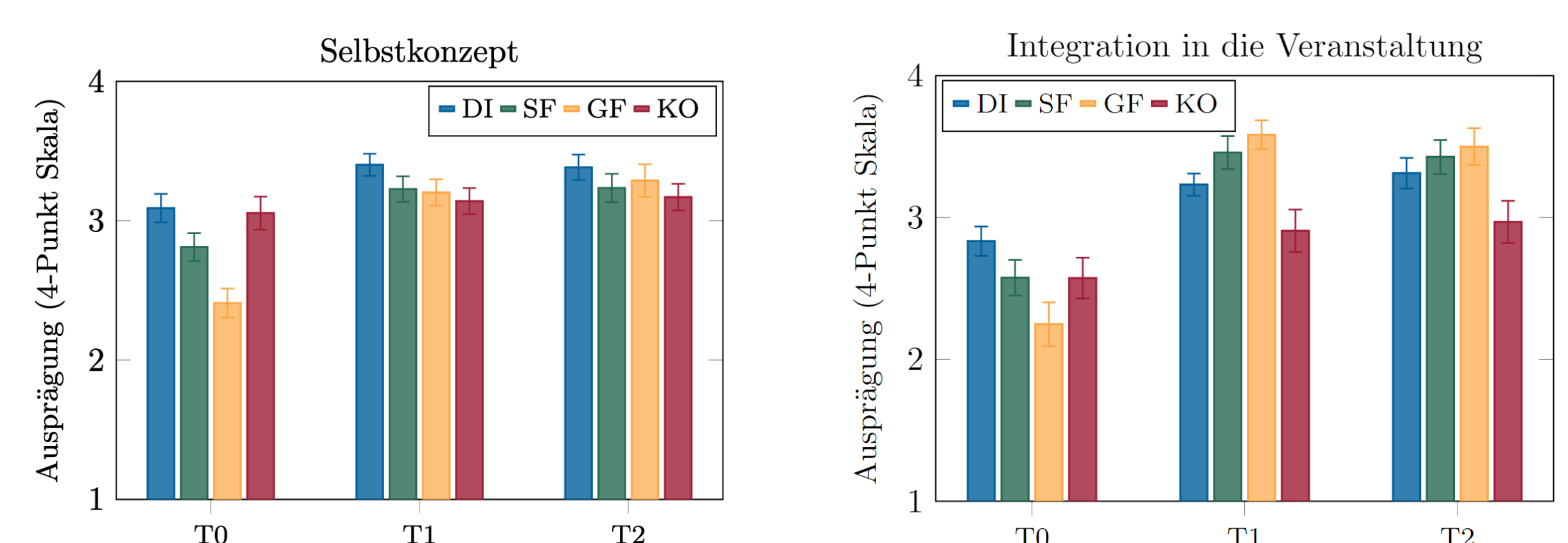
## Ergebnisse

### Ergebnisse I – Fokus: Gruppenvergleich



- Der Verlauf des **Selbstkonzeptes** der Strategien unterscheidet sich signifikant voneinander ( $F(4.22, 122.47) = 2.97, p = .020, \eta^2 = .15$ ). In Phase 1 lässt sich in G1 ein sign. Anstieg des Selbstkonzeptes bezüglich **DI** verzeichnen ( $p = .003$ ) und in G2 ein sign. Anstieg bezüglich **SF** ( $p = .001$ ) und **GF** ( $p < .001$ ).
- Die **Relevanz** aller Strategien verändert sich nicht sign. im Hinblick auf die Messzeitpunkte und die Gruppen.
- Der Verlauf der **Integration in Veranstaltungen** unterscheidet sich signifikant voneinander ( $F(4.11, 119.22) = 3.78, p = .006, \eta^2 = .12$ ). Die Intervention wird bei den jeweiligen Gruppen entsprechend wahrgenommen (bis auf **KO**).

### Ergebnisse II – Fokus: Strategievergleich



- Die **Relevanz** aller Strategien wird als sehr hoch eingeschätzt (T0:  $MW = 3.39$ ).
- Das Selbstkonzept ist bezüglich **GF** am geringsten (T0:  $MW = 2.41$ ) und wurde im Studium als am wenigsten präsent wahrgenommen (T0:  $MW = 2.24$ ).

## Ausblick

- Untersuchung weiterer Forschungsfragen: **Performanz, Transfer** durch die Analyse der Scientific Abilities anhand von Rubrics [5]
- Fokussierung auf **GF: Dosis-Wirkungs-Beziehung** (laufende Erhebung) Welche Aufgaben-Dosis ist notwendig und gleichzeitig ausreichend, um das Formelverständnis adäquat zu fördern?

### Literatur

- White, G., Sikorski, T.-R., Landay, J., & Ahmed, M. (2023). Limiting case analysis in an electricity and magnetism course. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 19(1).
- Hahn, K. T., Emigh, P. J., Lenz, M., & Gire, E. (2018). Student sense-making on homework in a sophomore mechanics course. *PER Conf. Proc.* 2017.
- Lenz, M., Hahn, K., Emigh, P., & Gire, E. (2018). Student perspective of and experience with sense-making: A case study. *PER Conf. Proc.* 2017.
- Renkl, A. (2014). Toward an Instructionally Oriented Theory of Example-Based Learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1–37.
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., White-Brahmia, S., Brookes, D. T., Gentile, M., Murthy, S., Rosengrant, D., & Warren, A. (2006). Scientific abilities and their assessment. *Phys. Rev. ST – Phys. Educ. Res.*, 2(2).