

# Bedeutung von Kooperation und Anleitung zur Exploration der Dreifingerregel als Vorbereitung auf nachfolgende Instruktion

Roland Berger, Maria Danzglock und Martin Hänze

## Hintergrund

- Die „Mischform“ aus selbstständiger Explorationsphase und direkter Instruktion („problem-solving-first“) ist Gegenstand aktueller Forschung (de Jong et al., 2023).
- Sie kann bei geeignetem Design lernwirksamer als direkte Instruktion („tell-and-practice“; Schwartz & Bransford, 1998) sein, sogar dann, wenn die Exploration nicht zum Ziel führt („productive failure“; Kapur, 2008).
- Theoretisch angenommene Mechanismen der Lernwirksamkeit von „problem-solving-first“-Ansätzen (Loibl, Roll & Rummel, 2017):
  - Aktivierung relevanten Vorwissens (z.B. auch was *nicht* funktioniert)
  - Sensibilisierung für eigene Wissenslücken (z.B. durch Erreichen von „Sackgassen“)
  - Erkennen von Tiefenstrukturmerkmalen
- Aus theoretischer Perspektive werden alle drei Mechanismen durch Kooperation unterstützt (Brand, Hartmann, Loibl & Rummel, 2023), z.B. durch Aufbau einer gemeinsamen Wissensbasis (Nokes-Malach, Richey & Gadgil, 2015). Allerdings gibt es bisher nur wenige einschlägige Studien und heterogene Befunde.
- Kooperation kann kognitive Last reduzieren („collective working memory“; Kirschner, Sweller, Kirschner & Zambrano, 2018).

## Forschungsfragen

- Wirkt es sich förderlich auf den Lernerfolg durch die vorbereitende Exploration aus, wenn explizit auf Tiefenstrukturmerkmale hingewiesen wird?
- Wirkt sich kooperatives Lernen förderlich auf die Explorationsphase und damit auf den Lernerfolg aus?

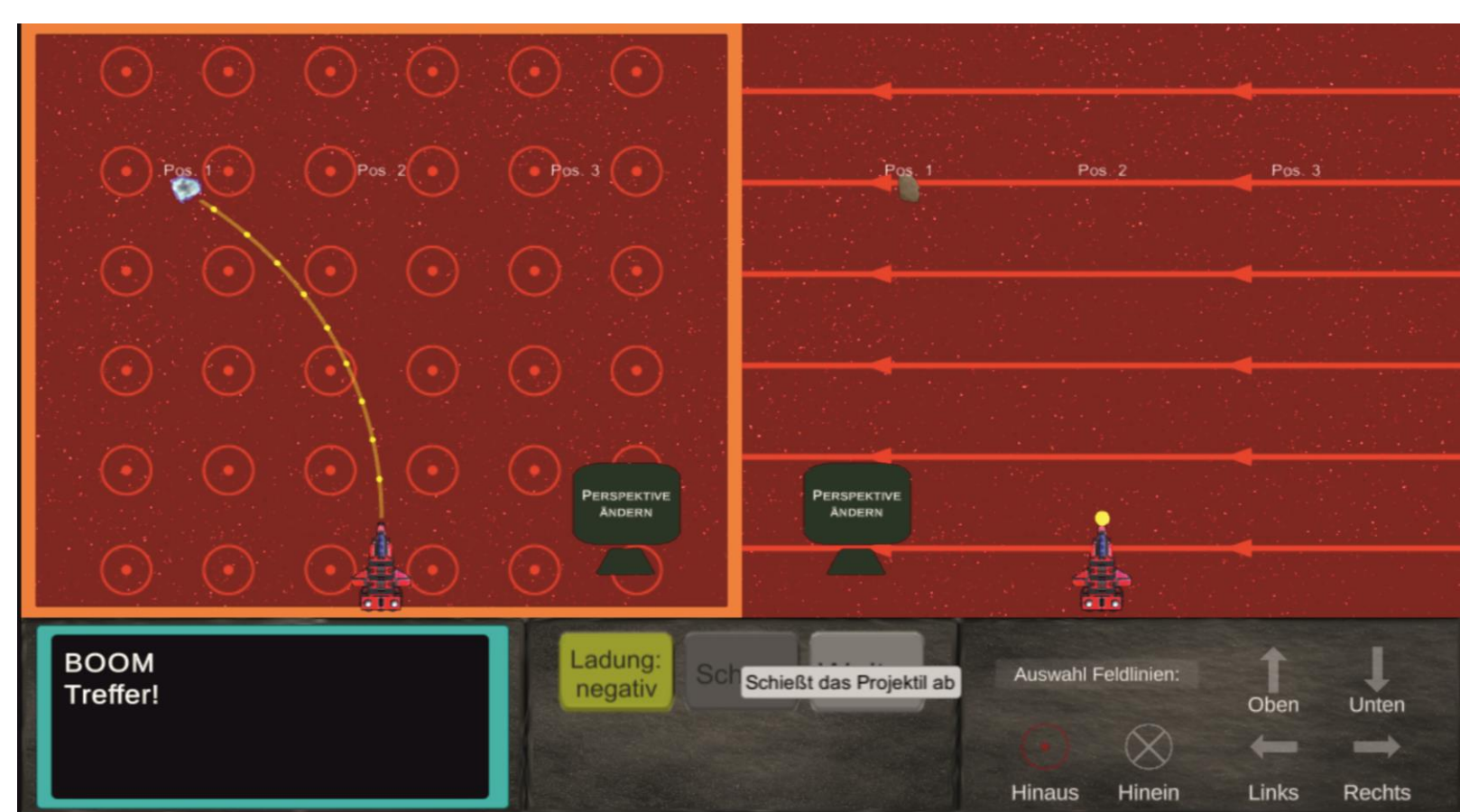
## Methode

### Stichprobe

161 Schülerinnen und Schüler der 12. Jgst. aus 13 Kursen in Osnabrück

### Lerninhalt

Dreifingerregel zur Bewegung von Ladungsträgern in Magnetfeldern mithilfe eines computerbasierten Lernspiels (Kontext: Abwehr von Meteoriten mithilfe elektrisch geladener Geschosse).



### Unabhängige Variablen

- Anleitung mit vs. ohne Tiefenstrukturmerkmale („TSM“)
- Arbeit in Zweiergruppen vs. individuell („Kooperation“)

### Design

2 X 2 – Design mit zufälliger Zuordnung zu den vier Bedingungen

### Lernmaterialien

#### Anleitung für Phase 1 (Exploration)

##### mit Tiefenstrukturmerkmalen:

Wie kann man die Richtung der Kraft im Magnetfeld vorhersagen?

Wie Sie bereits wissen, wird eine Ablenkung eines Objekts von einer geraden Bahn immer durch eine Kraft verursacht. Um die Richtung der Kraft auf bewegte Ladungsträger im Magnetfeld vorhersagen zu können ist es nützlich, alle Möglichkeiten in einer gemeinsamen Regel zusammenzufassen.

**Arbeitsauftrag:** Erarbeiten Sie eine solche Regel mithilfe des Lernspiels. Nutzen Sie dazu die folgenden Informationen.

Wir unterscheiden zwei Fälle:

- Bewegung **parallel** zum Magnetfeld.
 

Überzeugen Sie sich mithilfe des Lernspiels, dass Ladungsträger bei der Bewegung **parallel** zu den Magnetfeldlinien nicht abgelenkt werden. Auf diese Ladungsträger wird keine Kraft ausgeübt. Für die Bewegung parallel zum Magnetfeld brauchen wir also keine Regel.
- Bewegung **senkrecht** zum Magnetfeld.
 

Finden Sie die gesuchte Regel mithilfe des Lernspiels heraus. Dazu ordnen Sie drei Ihrer Finger jeweils eine der folgenden physikalischen Größen zu:

  - die Richtung der momentanen Geschwindigkeit eines Ladungsträgers.
  - die Richtung des Magnetfelds und
  - die Richtung der Kraft.

**Hinweis:** Diese drei Richtungen schließen paarweise einen Winkel von 90 Grad ein.

##### ohne Tiefenstrukturmerkmale:

Arbeitsaufträge:

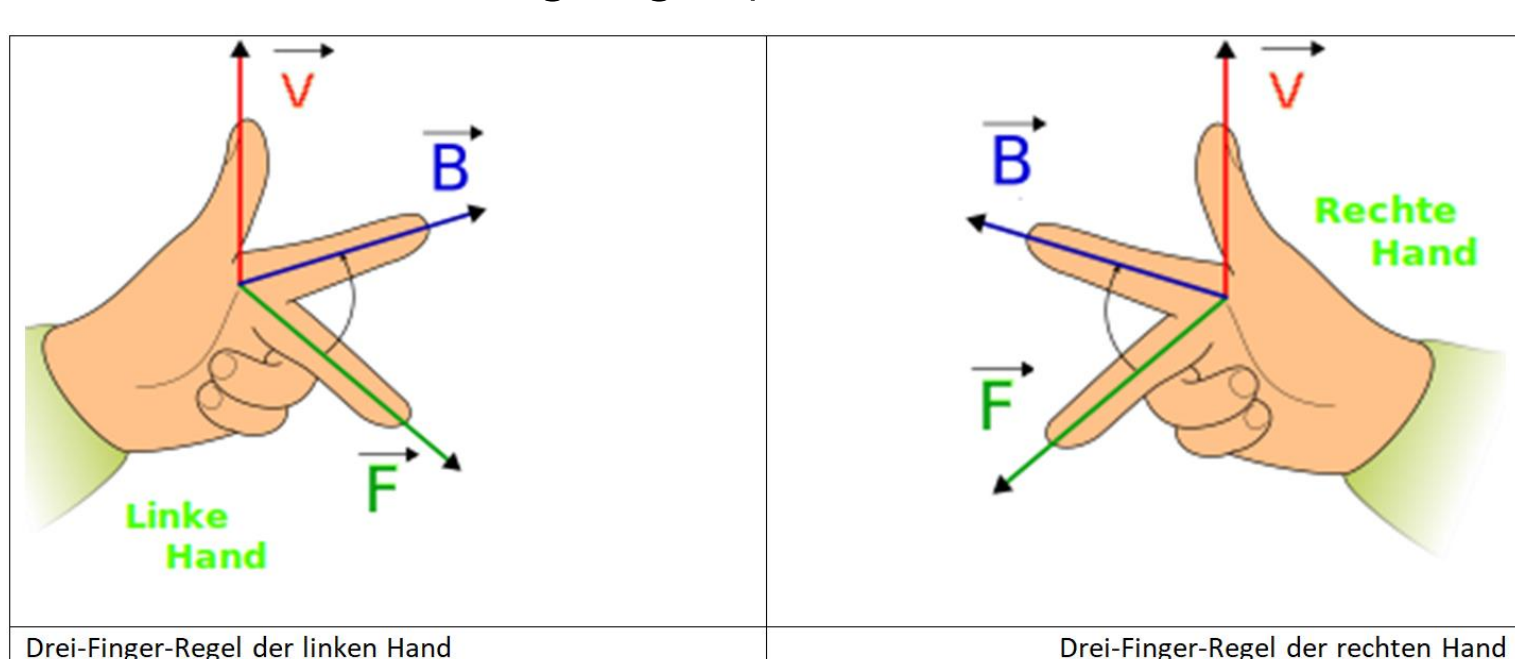
- Wie bewegt sich ein Ladungsträger im Magnetfeld?
 

Erkunden Sie mithilfe des Lernprogramms die Bewegung von Ladungsträgern im Magnetfeld. Verändern Sie dazu systematisch die Richtung des Magnetfelds und beobachten Sie jeweils den Einfluss auf die Bahn des Ladungsträgers. Notieren Sie für alle Richtungen des Magnetfelds Ihre Ergebnisse zum Beispiel in Form von „Wenn – Dann“ – Aussagen oder skizzieren Sie die Feldlinien und Bahnen. Diese Aufzeichnungen können Sie in der folgenden Aufgabe gebrauchen.
- Wie kann man die Richtung der Kraft im Magnetfeld vorhersagen?
 

Wie Sie bereits wissen, wird eine Ablenkung eines Objekts von einer geraden Bahn immer durch eine Kraft verursacht. Um die Richtung der Kraft auf bewegte Ladungsträger im Magnetfeld vorhersagen zu können ist es nützlich, alle Möglichkeiten in einer gemeinsamen Regel zusammenzufassen. Erarbeiten Sie eine solche Regel mithilfe des Lernspiels.

#### Anleitung für Phase 2 (Instruktion, identisch für alle vier Bedingungen)

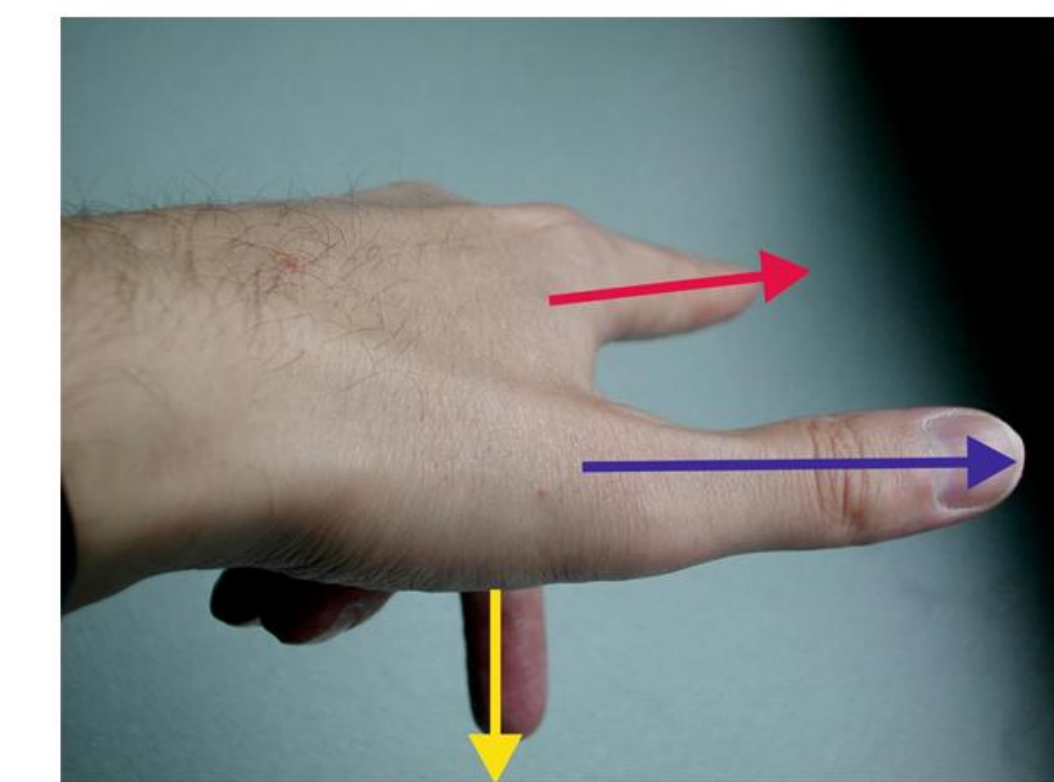
- Erklärung:** Anhand der Abbildungen wird die Dreifingerregel der linken (für negative) und rechten Hand (für positive Ladungen) erklärt.
- Reflexion:** „Vergleichen Sie Ihr Ergebnis aus der Arbeit mit dem Lernspiel mit der Dreifinger-Regel in den Abbildungen.“



## Instrumente

- Vortest: 5 MC-Aufgaben zum elektrischen Feld (Berger, Kulgemeyer & Lensing, 2019);  $\alpha = .78$
- Fragebogen „Mental Effort“: 3 Items (Krell, 2017);  $\alpha = .78$   
Beispielitem: „Ich habe mich bei der Bearbeitung der Aufgaben angestrengt.“
- Nachtest: 1 Aufgabe *Reproduktion* (links) und 4 MC-Aufgaben *naher Transfer* zum Magnetfeld (Berger et al., 2019);  $\alpha = .61$

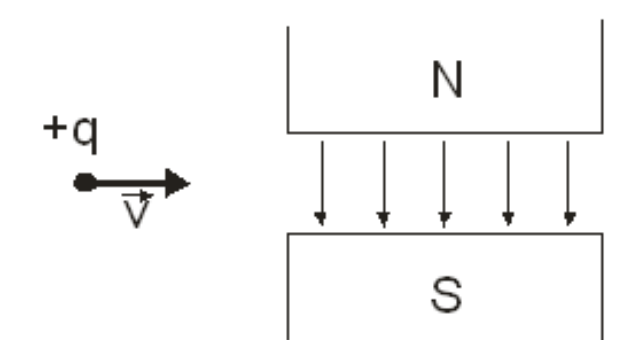
Dreifinger-Regel  
a) Beschriften Sie in der folgenden Abbildung die Pfeile an den drei Fingern der linken Hand mit den zugehörigen physikalischen Größen:



b) Kreuzen Sie bitte an: Die abgebildete Drei-Finger-Regel der linken Hand gilt für  
 positive Ladungen  negative Ladungen

### Aufgabe 4

Die Abbildung zeigt eine positive Ladung  $q$ , die sich mit konstanter Geschwindigkeit  $\vec{v}$  einem homogenen Magnetfeld zwischen den Polen eines Magneten nähert.



Wie bewegt sich die positive Ladung nach Eintritt in das Magnetfeld?

- Sie wird nach oben abgelenkt.  
 Sie wird nach unten abgelenkt.  
 Sie wird in die Papierebene hinein abgelenkt.  
 Sie wird aus der Papierebene heraus abgelenkt.  
 Sie bewegt sich ohne Ablenkung weiter.

## Ergebnisse

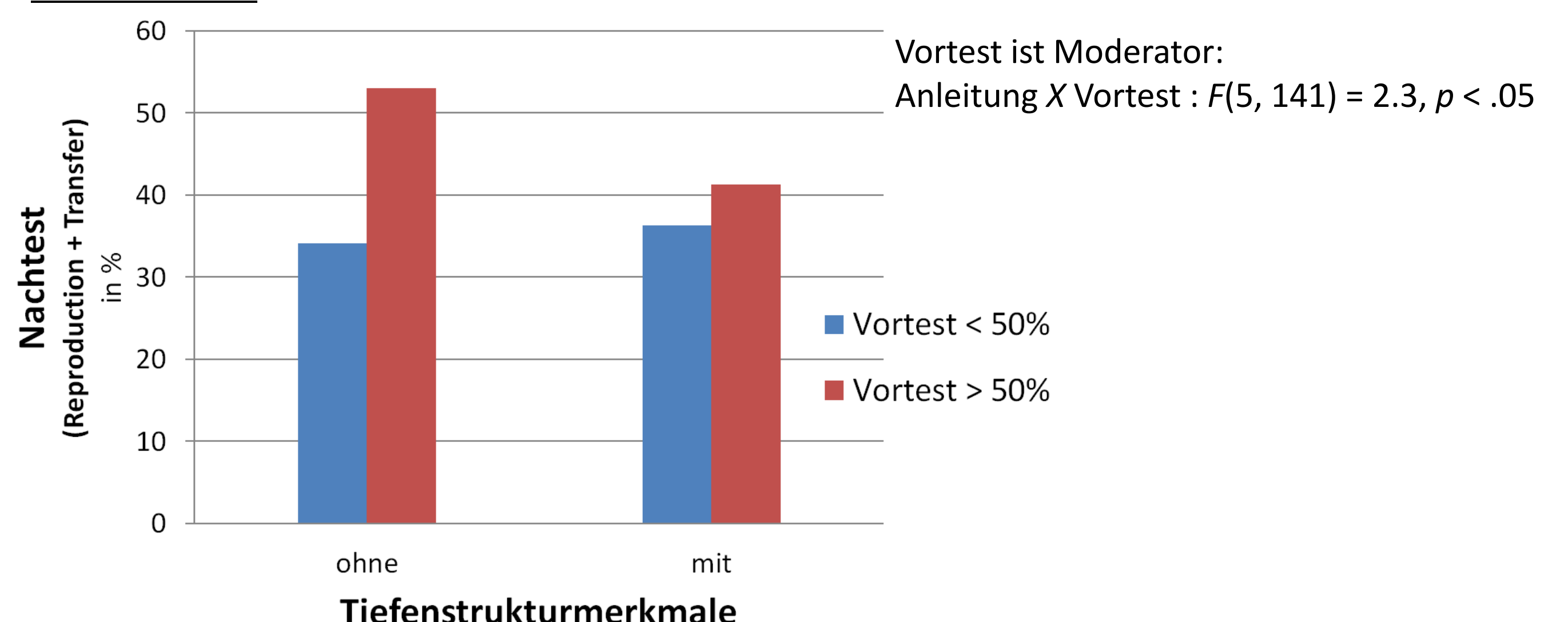
Mittelwerte (Standardabweichungen)

Anleitung mit Tiefenstruktur	Kooperation	Nachtest in % (Reproduktion)	Nachtest in % (naher Transfer)	Mental Effort
Ja	Ja	64 (48)	35 (34)	4.0 (0.73)
Ja	Nein	50 (51)	30 (33)	3.6 (0.95)
Nein	Ja	69 (47)	37 (30)	4.0 (0.65)
Nein	Nein	48 (51)	33 (30)	3.7 (0.61)

AN(C)OVA (geschachtelt in Gruppen und in Kursen; SPSS-„MIXED“-Syntax)

	Reproduktion	Naher Transfer	Mental Effort
Anleitung	$F(1, 88) < 1, p > .50$	$F(1, 98) < 1, p > .50$	$F(1, 88) < 1, p > .50$
Kooperation	$F(1, 91) = 5.0, p = .03$ <i>Cohen's d = 0.4</i>	$F(1, 102) < 1, p = .38$	$F(1, 92) = 8.4, p < .01$ <i>Cohen's d = 0.5</i>
Anleitung X Kooperation	$F(1, 90) < 1, p > .50$	$F(1, 101) < 1, p > .50$	$F(1, 91) < 1, p > .50$

### Moderatorstest



## Diskussion

- Die Kooperation fördert mentale Bemühungen und den Wissenserwerb unabhängig von der Art der Anleitung.
- Die Anleitung mit Tiefenstrukturmerkmalen kann den Wissenserwerb von leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern stören („Expertise Reversal Effect“; Chen et al., 2017).

Im Rahmen von „problem-solving-first“-Ansätzen legen diese Befunde eine sequentielle Nutzung beider Anleitungsförmungen in einer kooperativen Explorationsphase nahe.

### Literatur

- Berger, R., Kulgemeyer, C., & Lensing, P. (2019). Ein Multiple-Choice-Test zum konzeptuellen Verständnis der Kraftwirkung auf Ladungsträger in statischen elektrischen und magnetischen Feldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25, 197-210.
- Brand, C., Hartmann, C., Loibl, K., & Rummel, N. (2023). Do students learn more from failing alone or in groups? Insights into the effects of collaborative versus individual problem solving in productive failure. *Instructional Science*, 51, 953-976.
- Chen, O., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2017). The expertise reversal effect is a variant of the more general element interactivity effect. *Educational Psychology Review*, 29, 393-405.
- de Jong, T. et al. (2023). Let's talk about evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, 39, 100536.
- Kapur, M. (2008). Productive Failure. *Cognition and Instruction*, 26, 379-425.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano R., J. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(2), 213-233.
- Krell, M. (2017). Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort considering different sources of validity evidence. *Cogent Education*, 4(1), 1280256.
- Loibl, K., Roll, I., & Rummel, N. (2017). Towards a theory of when and how problem solving followed by instruction supports learning. *Educational Psychology Review*, 29, 693-715.
- Nokes-Malach, T. J., Richey, J. E., & Gadgil, S. (2015). When is it better to learn together? Insights from research on collaborative learning. *Educational Psychology Review*, 27, 645-656.
- Schwartz, D. L. & Bransford, J. D. (1998). A time for telling. *Cognition and Instruction*, 16, 475-522.