



# Lehren und Lernen mit Medien

# Problemlöseaufgaben

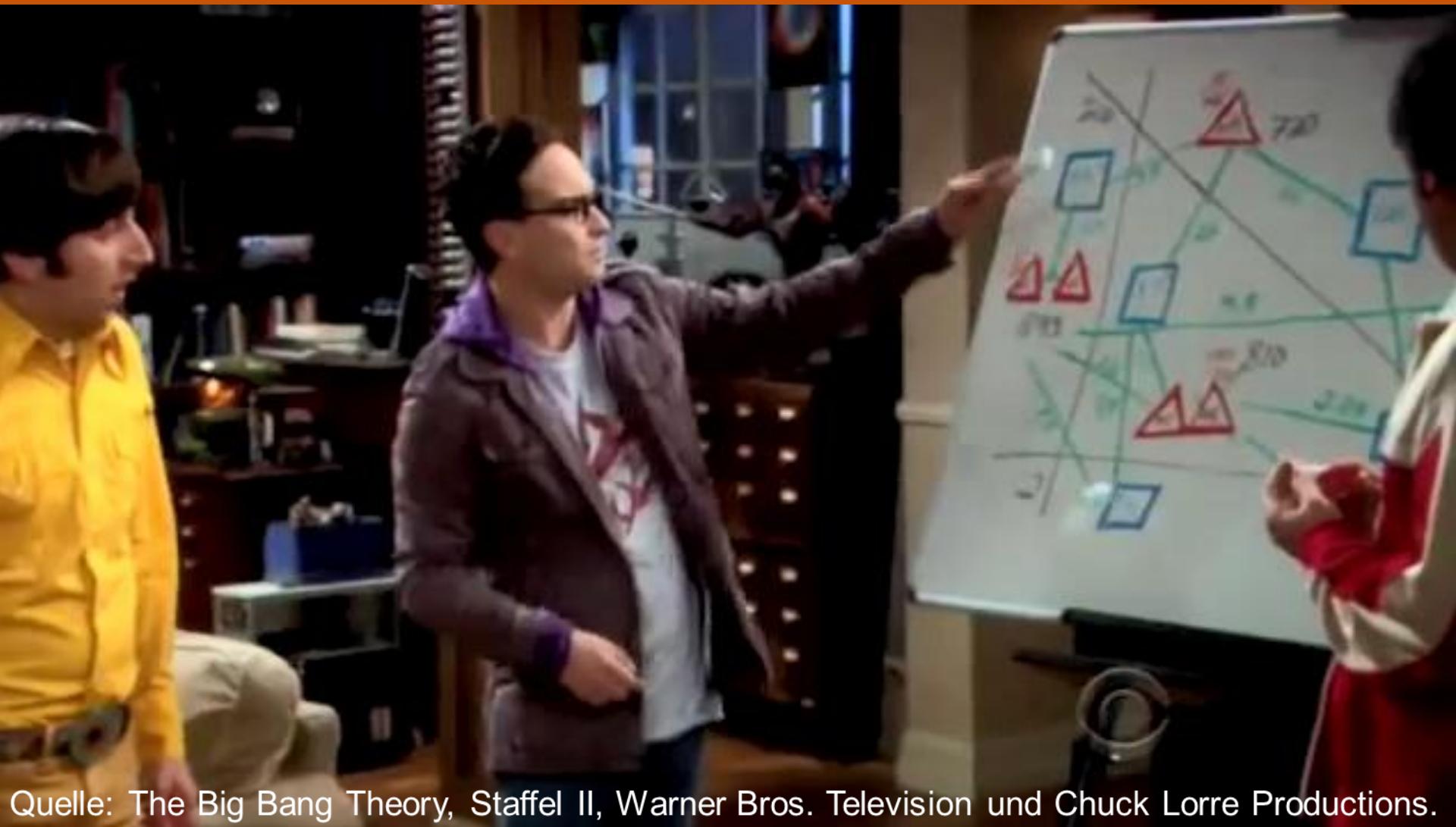


Men in Black (1997). Columbia TriStar Film.

# Überblick

- Problemlöseaufgaben
- Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele
- Effekt der abschwächenden Unterstützung
- Effekt der Zielfreiheit
- Variabilitätseffekt und Elementinteraktivitätseffekt

# Problemlösung?



Quelle: The Big Bang Theory, Staffel II, Warner Bros. Television und Chuck Lorre Productions.

# Problemlöseaufgaben (z. B. Renkl, 2005; Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998, 2019)

- **Konventionelle Problemlöseaufgaben:** Aufgaben bestehen aus einer Formulierung der Problemstellung, während die Lösungsschritte und die finale Antwort nicht vorgegeben werden
- **Ausgearbeitete Lösungsbeispiele (worked examples):** Aufgaben bestehen aus einer Formulierung der Problemstellung, Lösungsschritten sowie der finalen Antwort
- **Empirie:** Bessere Lernleistungen bei ausgearbeiteten Lösungsbeispielen als bei konventionellen Problemlöseaufgaben
- **Beispiel:** Textaufgabe im Mathematikunterricht einschließlich der Lösungsschritte und der finalen Antwort

# Beispiel eines ausgearbeiteten Lösungsbeispiels zur Mittelwerteberechnung

- **1. Problemstellung:** Welche Versuchsbedingung hat zu höheren Lernleistungen geführt?

VPN	Bedingung	Lernleistung
1	Ohne Signalisierungen	8
2	Ohne Signalisierungen	4
3	Ohne Signalisierungen	6
4	Ohne Signalisierungen	2
5	Mit Signalisierungen	9
6	Mit Signalisierungen	7
7	Mit Signalisierungen	4
8	Mit Signalisierungen	8

**2. Lösungsschritte:**  
Mittelwerte für die beiden Gruppen berechnen

$$M = (8 + 4 + 6 + 2) : 4 = 5$$

$$M = (9 + 7 + 4 + 8) : 4 = 7$$

- **3. Antwort:** Die Versuchsbedingung mit Signalisierungen hat zu höheren Lernleistungen geführt.

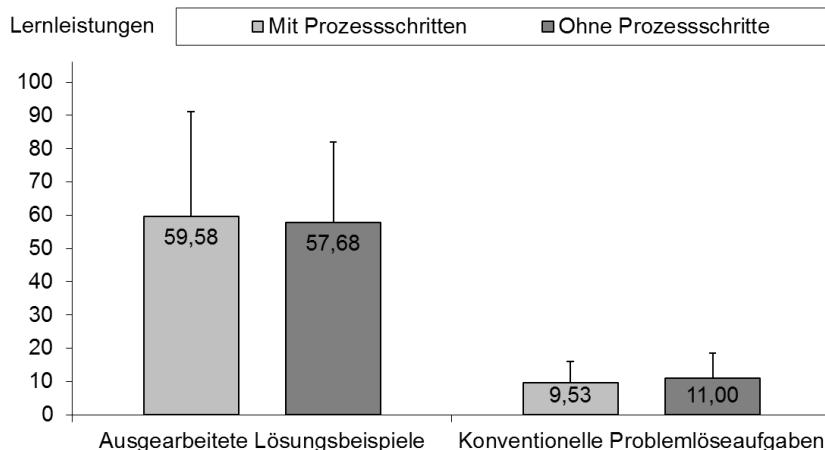
# Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele (Niegelstein et al., 2013)

- **Beispiel:** Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele in der Ausbildung von Juristen
- **Stichprobe:**  $N = 111$ ; Jurastudierende aus dem ersten ( $n = 75$ ) und dritten ( $n = 36$ ) Studienjahr einer niederländischen Universität
- **$2 \times 2 \times 2$  faktorielles, quasi-experimentelles Design**
  - **UV<sub>1</sub>:** Ausgearbeitete Lösungsbeispiele (ausgearbeitete Lösungsbeispiele vs. konventionelle Problemlöseaufgaben)
  - **UV<sub>2</sub>:** Prozessschritte (ja vs. nein)
  - **UV<sub>3</sub>:** Vorwissen (erstes vs. drittes Studienjahr)
- **Abhängige Variablen:** Lernleistungen, Zeit für die Lernaufgaben, mentale Belastung während der Lernaufgaben und während des Lerntests

# Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele (Niegelstein et al., 2013)

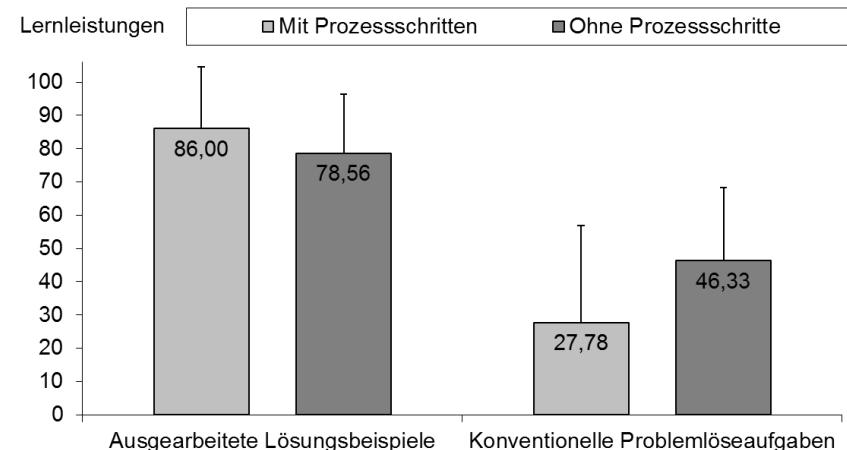
- Ausgearbeitete Lösungsbeispiele führen zu...
  - kürzeren Lernzeiten
  - geringeren mentalen Belastungen
  - höheren Lernleistungen

## Erstes Studienjahr



$UV_1: p < .001; f = 1.24$

## Drittes Studienjahr



$UV_1: p < .001; f = 1.02$



# Welche Aussagen treffen Ihrer Vermutung nach auf die Studie von Nieveldstein et al. (2013) zu?

Die erste unabhängige Variable (Ausgearbeitete Lösungsbeispiele) hat einen signifikanten Einfluss auf die Lernleistungen.

0%

Prozessschritte verbessern die Lernleistungen signifikant.

0%

Das Vorwissen (bzw. das Studienjahr) moderiert die Effekte signifikant.

0%

Der Einfluss des ersten Faktors (Ausgearbeitete Lösungsbeispiele) ist praktisch kaum bedeutsam.

0%

Ausgearbeitete Lösungsbeispiele haben einen negativen Einfluss auf die Lernleistungen.

0%



# Welche Aussagen treffen Ihrer Vermutung nach auf die Studie von Nieveldstein et al. (2013) zu?

Die erste unabhängige Variable (Ausgearbeitete Lösungsbeispiele) hat einen signifikanten Einfluss auf die Lernleistungen.

0%

Prozessschritte verbessern die Lernleistungen signifikant.

0%

Das Vorwissen (bzw. das Studienjahr) moderiert die Effekte signifikant.

0%

Der Einfluss des ersten Faktors (Ausgearbeitete Lösungsbeispiele) ist praktisch kaum bedeutsam.

0%

Ausgearbeitete Lösungsbeispiele haben einen negativen Einfluss auf die Lernleistungen.

0%

# Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele (Renkl, 2005)

- **Erklärungsansatz**
  - Fokussierung auf Problemstellung und Lösungsschritte fördert die Ausbildung generalisierter Lösungen und Schemata
  - Geringere lernirrelevante kognitive Belastung, da Lernende sich nicht permanent Problem- und Zielzustand, Ist-Soll-Differenz sowie Teilziele vergegenwärtigen müssen
- **Empirische Befundlage**
  - Zahlreiche stützende empirische Belege
  - Moderierende lernförderliche Einflüsse (z. B. Förderung von selbstständig erarbeiteten Erklärungen, Bereitstellung gut gestalteter Erklärungen, angemessene Gestaltung der Lösungsbeispiele)

# Effekt der abschwächenden Unterstützung (z. B. Sweller, 2004)

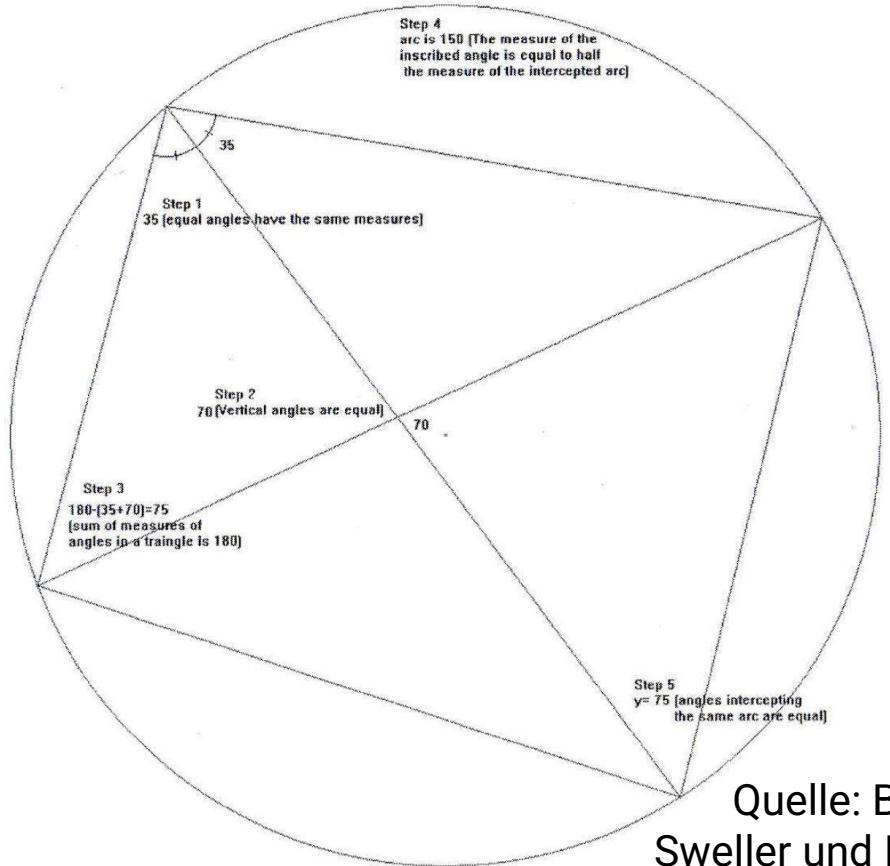
- **Definition:** Verringerung der Unterstützung bei ansteigendem Vorwissen der Lernenden verbessert die Lernleistungen
- **Vervollständigungsstrategie:** Im Kontext ausgearbeiteter Lösungsbeispiele auch als Vervollständigungsstrategie bezeichnet
- **Beispiel:** Ausgearbeitete Lösungsbeispiele sollten bei ansteigendem Vorwissen durch lückenhafte Beispiele bis hin zu konventionellen Problemaufgaben ersetzt werden
- **Erklärungsansatz:** Benötigte Unterstützungsmaßnahmen abhängig vom Vorwissen der Lernenden
- **Empirische Befundlage:** Zahlreiche stützende Untersuchungen

# Effekt der abschwächenden Unterstützung (Bokosmaty, Sweller & Kalyuga, 2015, Exp. 2)

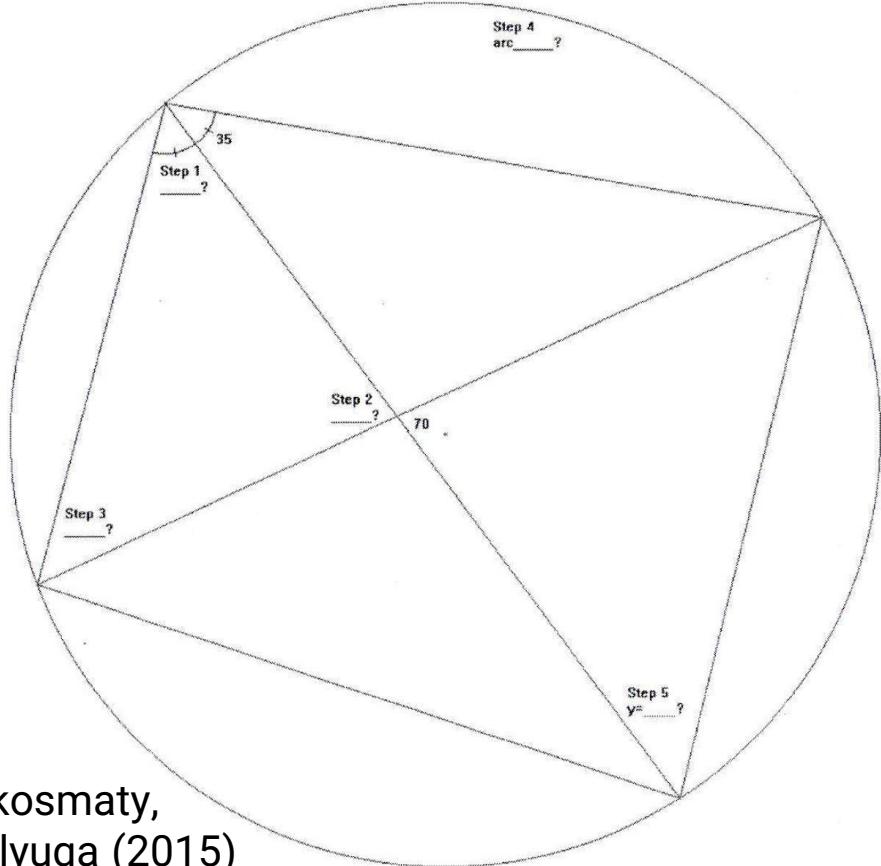
- **Beispiel:** Effekt der abschwächenden Unterstützung beim Lernen mit Geometrie-Aufgaben
- **Zwei Versuchspersonengruppen**
  - $N = 60$ ; 100% ♀; 12-13 Jahre (7. Klasse)
  - $N = 60$ ; 100% ♀; 15-16 Jahre (10. Klasse)
- **2 x 3 faktorielles, quasi-experimentelles Design**
  - **UV<sub>1</sub>:** Schulklasse (7. Klasse vs. 10. Klasse)
  - **UV<sub>2</sub>:** Unterstützungsmaßnahmen (Theorie und schrittweise Unterstützung vs. schrittweise Unterstützung vs. konventionelle Problemlöseaufgaben)
- **Abhängige Variablen:** Ähnliche Testaufgaben, Transferaufgaben und Einschätzungen zur kognitiven Belastung

# Effekt der abschwächenden Unterstützung (Bokosmaty, Sweller & Kalyuga, 2015, Exp. 2)

## Theorie und schrittweise Unterstützung



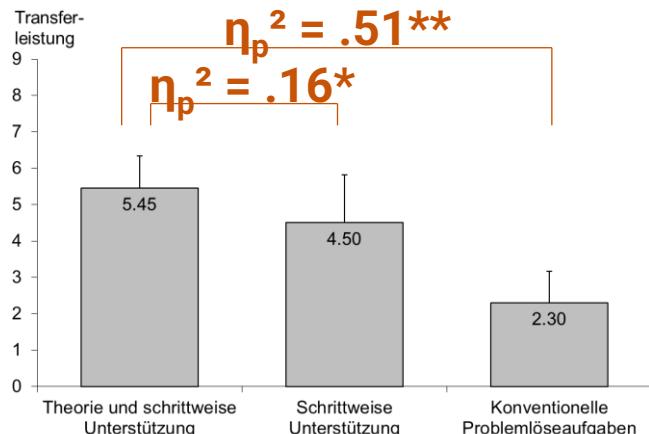
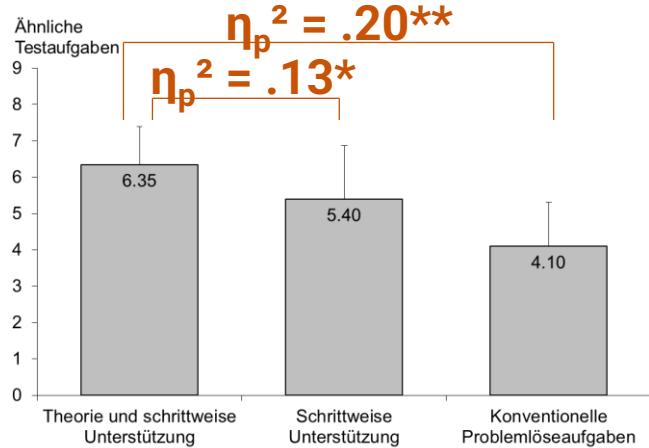
## Schrittweise Unterstützung



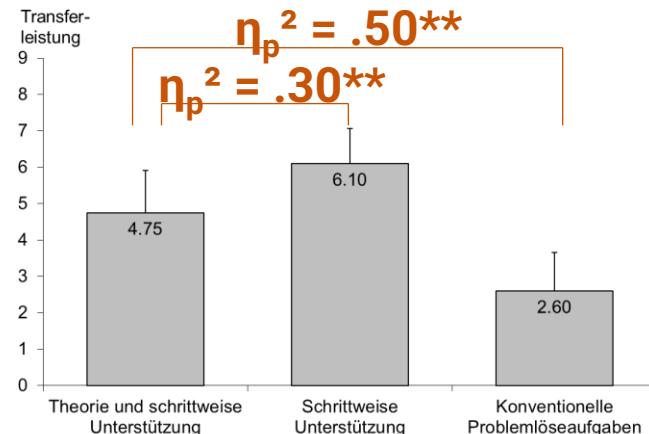
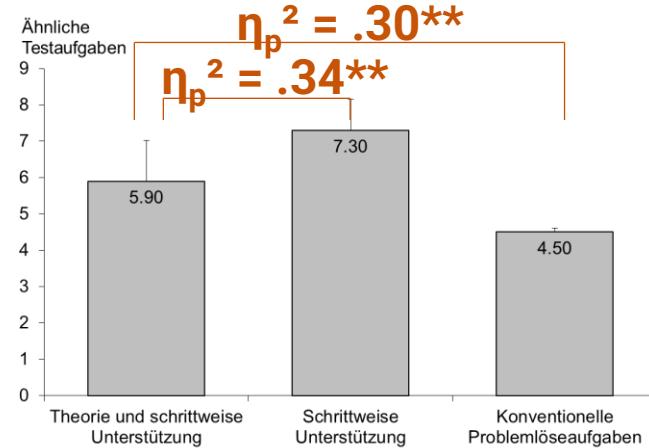
Quelle: Bokosmaty,  
Sweller und Kalyuga (2015)

# Effekt der abschwächenden Unterstützung (Bokosmaty, Sweller & Kalyuga, 2015, Exp. 2)

Schülerinnen der 7. Klasse



Schülerinnen der 10. Klasse





# Was bedeuten die Ergebnisse auf der vorherigen Folie?

Theorie und schrittweise Unterstützung wirken sich vor allem bei älteren Schülerinnen positiv auf die Lernleistungen aus.

0%

Schülerinnen der 7. Klasse erzielen unter der schrittweisen Unterstützung die besten Transferlernleistungen.

0%

Schülerinnen der 10. Klasse profitieren im Hinblick auf die Transferlernleistungen von der Darbietung der Theorie und der zusätzlichen schrittweisen Unterstützung im Vergleich zu konventionellen Problemlöseaufgaben.

0%



# Was bedeuten die Ergebnisse auf der vorherigen Folie?

Theorie und schrittweise Unterstützung wirken sich vor allem bei älteren Schülerinnen positiv auf die Lernleistungen aus.

0%

Schülerinnen der 7. Klasse erzielen unter der schrittweisen Unterstützung die besten Transferlernleistungen.

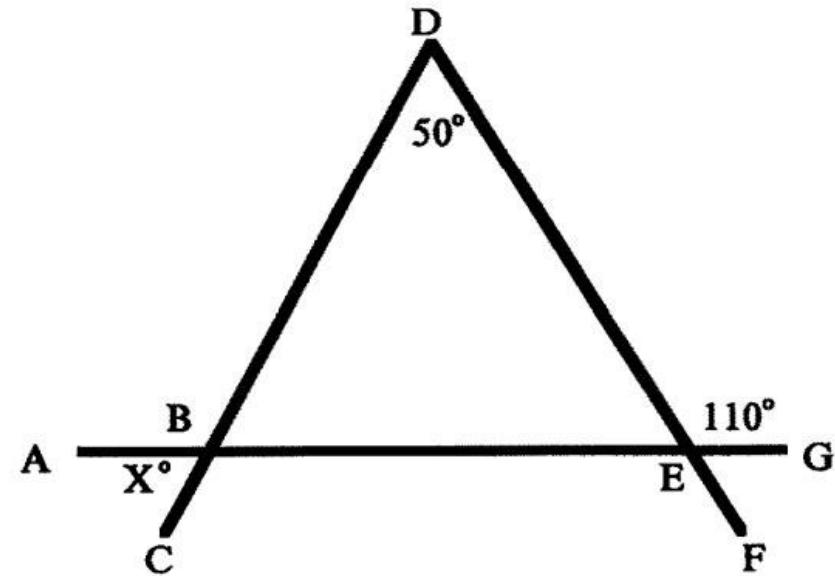
0%

Schülerinnen der 10. Klasse profitieren im Hinblick auf die Transferlernleistungen von der Darbietung der Theorie und der zusätzlichen schrittweisen Unterstützung im Vergleich zu konventionellen Problemlöseaufgaben.

0%

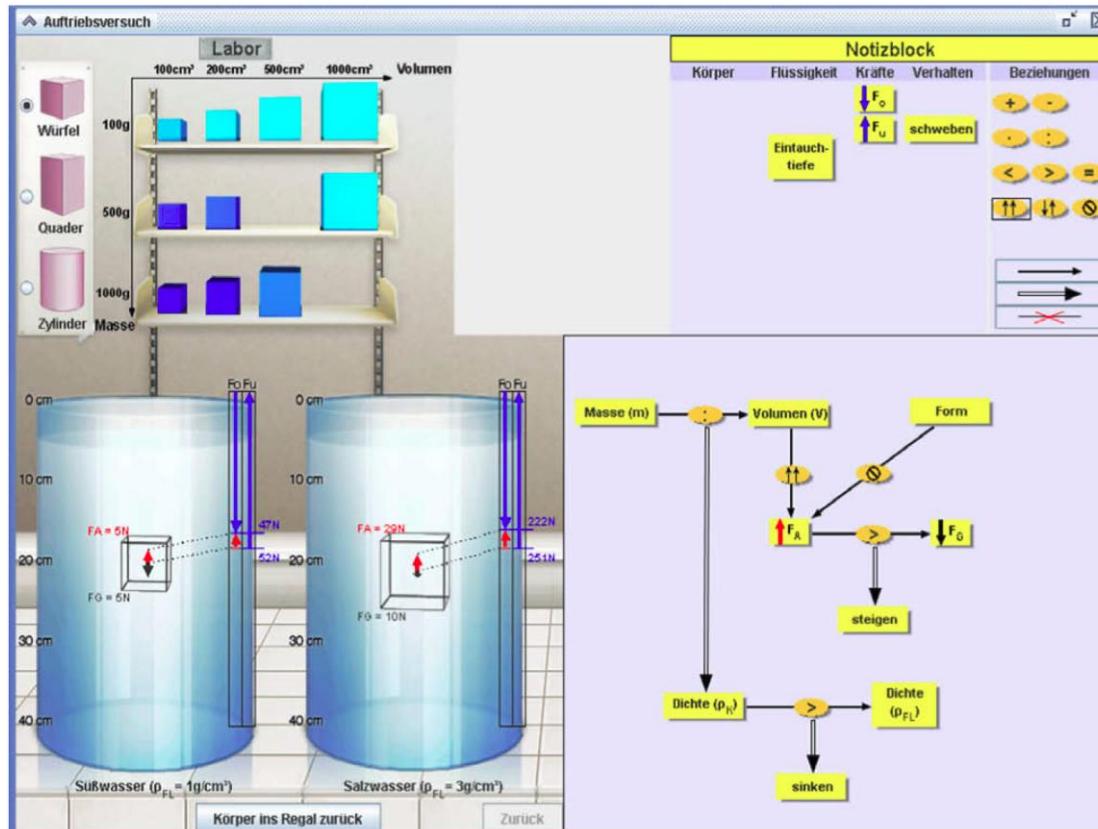
# Effekt der Zielfreiheit (z. B. Sweller, 2004; Van Merriënboer & Kester, 2005)

- **Definition:** Zielfreie oder zielun-spezifische Problemlöseauf-gaben lernförderlicher als Aufgaben mit einem vorgegebenen, spezifischen Ziel
- **Beispiel:** Bei Geometrie-Aufgabe nicht nach einem spezifischen Winkel fragen, sondern alle unbekannten Winkel berechnen lassen



# Effekt der Zielfreiheit (Wirth, Künsting & Leutner, 2009)

- Beispiel: Effekt der Zielfreiheit bei Problemlöseaufgaben zum Auftrieb von Flüssigkeiten

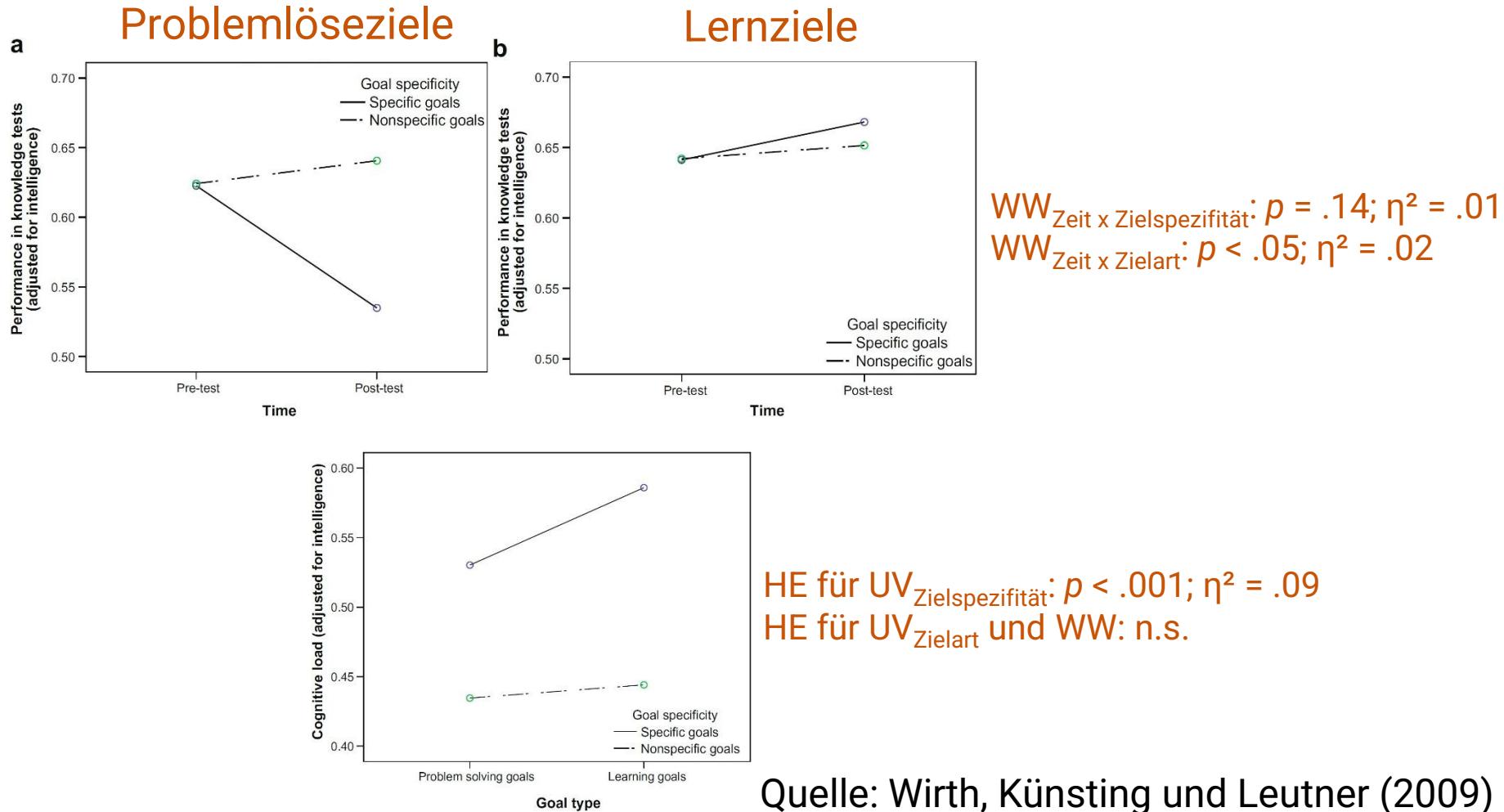


Quelle: Wirth, Künsting und Leutner (2009)

# Effekt der Zielfreiheit (Wirth, Künsting & Leutner, 2009)

- Stichprobe:  $N = 233$ ; 48% ♀;  $\bar{O} 14.5$  Jahre ( $SD = 0.8$ )
- 2 x 2 faktorielles Design
  - UV<sub>1</sub>: Zielspezifität (unspezifische Ziele vs. spezifische Ziele)
  - UV<sub>2</sub>: Zielart (Problemlöseziele vs. Lernziele)
- Abhängige Variablen
  - Wissenstests: Prä- und Post-Tests mit jeweils 13 MC-Fragen
  - Kognitive Belastung: 8 Fragen mit 7-stufiger Likert-Skala
- Kontrollvariable: Intelligenz (Subskala „figurale Analogien“)

# Effekt der Zielfreiheit (Wirth, Künsting & Leutner, 2009)





#/#/##

Join at: [vevox.app](https://vevox.app)

ID: 102-414-569

Question slide

# Was bedeuten die Ergebnisse auf der vorherigen Folie?

Spezifische Ziele verbessern die Leistungen im Wissenstest signifikant.



0%

Problemlöseziele verbessern die Leistungen im Wissenstest signifikant.



0%

Unspezifische Ziele reduzieren die kognitive Belastung signifikant.



0%

Lernziele erhöhen die kognitive Belastung signifikant.



0%



##/##

Join at: [vevox.app](https://vevox.app)

ID: 102-414-569

Results slide

# Was bedeuten die Ergebnisse auf der vorherigen Folie?

Spezifische Ziele verbessern die Leistungen im Wissenstest signifikant.



0%

Problemlöseziele verbessern die Leistungen im Wissenstest signifikant.



0%

Unspezifische Ziele reduzieren die kognitive Belastung signifikant.



0%

Lernziele erhöhen die kognitive Belastung signifikant.



0%

# Effekt der Zielfreiheit (z. B. Sweller et al., 1998, 2019; Wirth et al., 2009)

- Erklärungsansätze
  - Reduktion des **extraneous CL**: Bei zielfreien Aufgaben muss man sich nicht permanent den Zielzustand und die Ist-Soll-Differenz vergegenwärtigen
  - Verwendung unterschiedlicher Strategien: Lernstrategien bei zielfreien Aufgaben i. G. zu Mittel-Zweck-Analysen bei spezifischen Zielvorgaben
- Empirische Befundlage (Rey, 2009)
  - Gilt in der Literatur als gut belegt
  - Aber Widerspruch zur Zielsetzungstheorie von Locke und Latham (1990): Spezifische und herausfordernde Ziele erhöhen die Motivation und verbessern in der Folge die Lernleistungen

# Variabilitätseffekt (z. B. Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998, 2019)

- **Definition:** Verbesserung der Transferleistungen durch erhöhte Variabilität in unterschiedlichen Lernübungen
- **Beispiel:** Verwendung variabler Problemlöseaufgaben, z. B. verschiedene Fallbeispiele, andere Rahmenbedingungen, unterschiedliche Aufgabendarbietungen

# Variabilitätseffekt (z. B. Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998, 2019)

- Erklärungsansätze
  - Verbesserung des Schemaerwerbs: Vergrößerte Variabilität erhöht die Wahrscheinlichkeit, ähnliche Merkmale in unterschiedlichen Problemsituationen zu entdecken und diese von irrelevanten Informationen zu unterscheiden
  - Aufzeigen von Anwendungsmöglichkeiten des theoretischen Modells und Verdeutlichung von Unterschieden bei der Verwendung (Spiro, Coulson, Feltovich, & Anderson, 1988; Spiro & Jehng, 1990)
- Empirische Befundlage: Empirisch gut abgesichert

# Elementinteraktivitätseffekt (z. B. Sweller, 2010)

- **Definition:** Moderierender Einfluss der Elementinteraktivität auf die Wirkung einzelner Gestaltungseffekte
- **Hohe Elementinteraktivität:** Auftreten einzelner Gestaltungseffekte nur oder verstärkt bei hoher Elementinteraktivität
- **Verwandter Effekt:** Effekt der Isolation interagierender Elemente
- **Beispiel:** Signalisierungen bei komplexen Texten lernförderlicher als bei Texten mit geringer Komplexität
- **Erklärungsansatz:** Bei niedriger Aufgabenkomplexität spielt der extraneous CL keine bzw. eine untergeordnete Rolle, da dort das AG nicht überlastet wird
- **Empirische Befundlage:** Experimentell für mehrere Gestaltungseffekte nachgewiesen

# Variabilitätseffekt und Elementinteraktivitätseffekt (Lu, Kalyuga, & Sweller, 2020)

- **Stichprobe:**  $N = 72$ ; ausländische Studierende an einer chinesischen Universität
- **Lernthema:** Chinesische Schriftzeichen lernen
- **Einfaktorielles, dreifach-gestuftes Design**
  - Isoliert-integrierte Gruppe
  - Variabilitäts-integrierte Gruppe
  - Integriert-integrierte Gruppe

Trace 3 times	窥	窥	窥	窥	Practice	Trace 3 times	窥	窥	窥	Practice
---------------	---	---	---	---	----------	---------------	---	---	---	----------

Trace 3 times	窥	窥	窥	Practice	Trace 3 times	窥	窥	窥	Practice
---------------	---	---	---	----------	---------------	---	---	---	----------

FIGURE 3 Sample of instruction for the isolated-integrated group

Trace 3 times	窥	窥	窥	窥	Trace 3 times	窥	窥	窥	窥
---------------	---	---	---	---	---------------	---	---	---	---

Trace 3 times	窥	窥	窥	Practice	Trace 3 times	窥	窥	窥	practice
---------------	---	---	---	----------	---------------	---	---	---	----------

FIGURE 4 Sample of instruction for the variability-integrated group

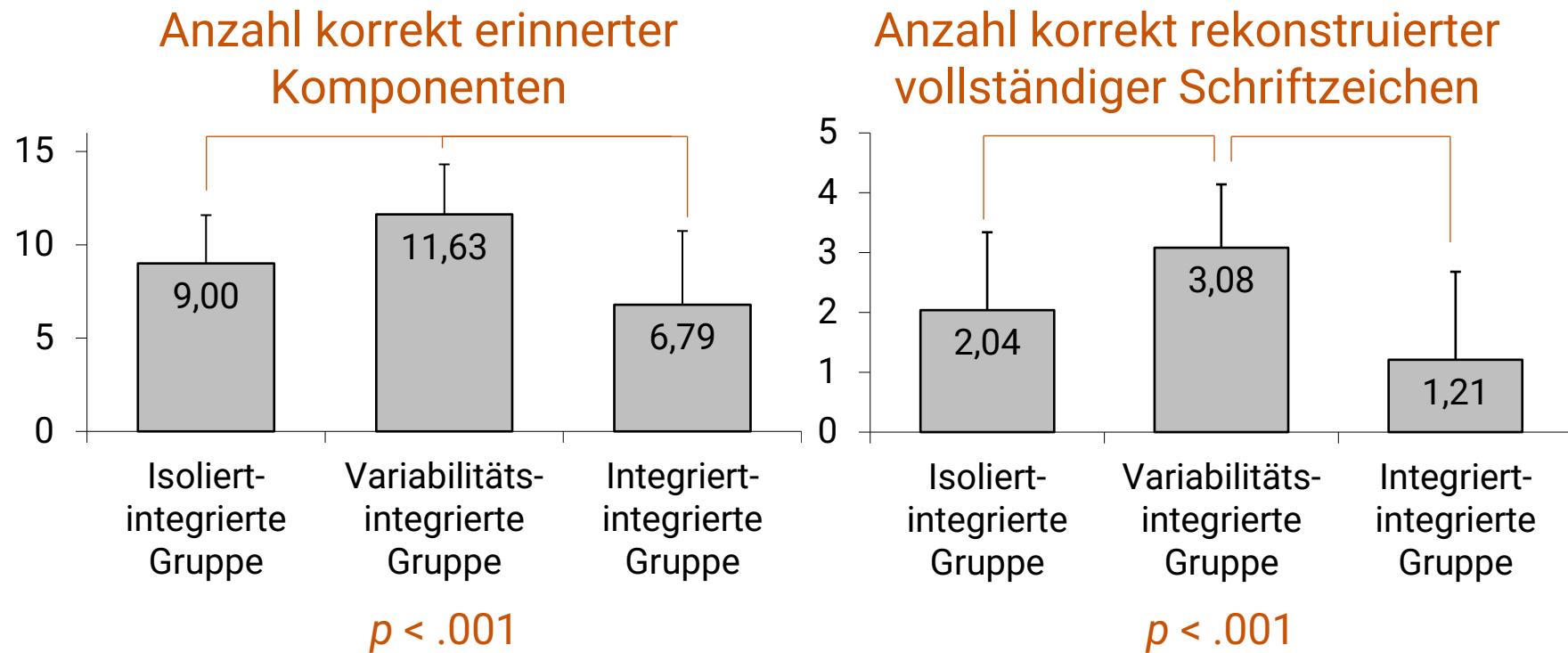
Trace 3 times	窥	窥	窥	窥	Practice	Trace 3 times	窥	窥	窥
---------------	---	---	---	---	----------	---------------	---	---	---

FIGURE 5 Sample of instruction for the integrated-integrated group

Quelle: Lu, Kalyuga und Sweller (2020)

# Variabilitätseffekt und Elementinteraktivitätseffekt (Lu, Kalyuga, & Sweller, 2020)

- **Abhängige Variablen:** Behaltenstest zu den gelernten Schriftzeichen (Anzahl korrekt erinnerter Komponenten; Anzahl korrekt rekonstruierter vollständiger Schriftzeichen)





# Welche Aussagen zur Studie von Lu, Kalyuga und Sweller (2020) sind zutreffend?

Weder der Variabilitätseffekt noch der Effekt der Isolation interagierender Elemente werden durch die Studie gestützt.

0%

Der Effekt der Isolation interagierender Elemente wird widerlegt.

0%

In dem Experiment wird der Variabilitätseffekt bestätigt.

0%

Der Effekt der Isolation interagierender Elemente wird gestützt, nicht aber der Variabilitätseffekt.

0%



# Welche Aussagen zur Studie von Lu, Kalyuga und Sweller (2020) sind zutreffend?

Weder der Variabilitätseffekt noch der Effekt der Isolation interagierender Elemente werden durch die Studie gestützt.

0%

Der Effekt der Isolation interagierender Elemente wird widerlegt.

0%

In dem Experiment wird der Variabilitätseffekt bestätigt.

0%

Der Effekt der Isolation interagierender Elemente wird gestützt, nicht aber der Variabilitätseffekt.

0%

# Zusammenfassung

- **Problemlöseaufgaben:** Aufgaben bestehen aus einer Formulierung der Problemstellung sowie ggf. aus Lösungsschritten und der finalen Antwort
- **Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele:** Lernförderliche Wirkung ausgearbeiteter Lösungsbeispiele anstelle konventioneller Problemlöseaufgaben
- **Effekte der abschwächenden Unterstützung:** Lernförderliche Auswirkungen durch Verringerung der Unterstützung bei ansteigendem Vorwissen der Lernenden
- **Effekt der Zielfreiheit:** Lernförderliche Wirkung durch Verwendung zielfreier oder zielunspezifischer Problemlöseaufgaben anstelle von Aufgaben mit einem vorgegebenen, spezifischen Ziel
- **Variabilitätseffekt:** Verbesserung der Transferleistungen durch erhöhte Variabilität in unterschiedlichen Lernübungen

# Prüfungsliteratur

- Rey, G. D. (2009). *E-Learning. Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung*. Bern: Huber.
  - Gestaltung – Problemlöseaufgaben (Buch: S. 107–114; Webseite: S. 68–74)
- Nieuwstein, F., van Gog, T., van Dijck, G., & Boshuizen, H. P. A. (2013). The worked example and expertise reversal effect in less structured tasks: Learning to reason about legal cases. *Contemporary Educational Psychology*, 38, 118–125.
- Bokosmaty, S., Sweller, J., & Kalyuga, S. (2015). Learning geometry problem solving by studying worked examples effects of learner guidance and expertise. *American Educational Research Journal*, 52, 307–333.
- Lu, J., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2020). Altering element interactivity and variability in example-practice sequences to enhance learning to write Chinese characters. *Applied Cognitive Psychology*, 34, 837–843.

# Weiterführende Literatur I

- Renkl, A. (2005). The worked-out examples principles in multimedia. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of multimedia learning* (pp. 229–245). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–296.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31, 261–292.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84, 429–434.

# Weiterführende Literatur II

- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32, 9–31.
- Van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2005). The four-component instructional design model: Multimedia principles in environments for complex learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 71–93). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Paas, F., Camp, G., & Rikers, R. (2001). Instructional compensation for age-related cognitive declines: Effects of goal specificity in maze learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 181–186.
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (1990). *A theory of goal setting and task performance*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

# Weiterführende Literatur III

- Wirth, J., Künsting, J., & Leutner, D. (2009). The impact of goal specificity and goal type on learning outcome and cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 25, 299–305.
- Van Gerven, P. W. M., Paas, F., Van Merriënboer, J. J. G., & Schmidt, H. G. (2006). Modality and variability as factors in training the elderly. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 311–320.
- Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J., & Anderson, D. K. (1988). Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In V. Patel (Ed.), *Tenth annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 375–383). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Spiro, R. J., & Jehng, J. C. (1990). Cognitive flexibility, random access instruction, and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. In D. Nix & R. J. Spiro (Eds.), *Cognition, education, and multimedia* (pp. 163–205). Hillsdale, NJ: Erlbaum.