



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 Mittelwertberechnung


- **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.

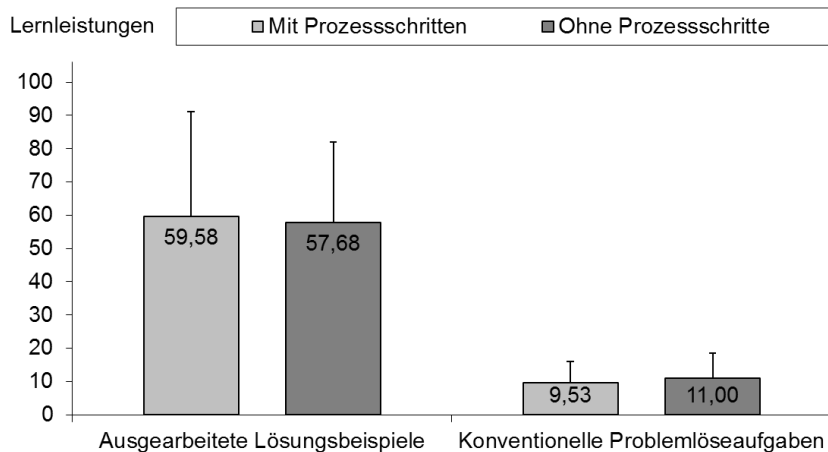
Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele (Niveaustein et al., 2013)

- **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 x 2 x 2 faktorielles, quasi-experimentelles Design**
 - **UV₁:** Ausgearbeitete Lösungsbeispiele (ausgearbeitete Lösungsbeispiele vs. konventionelle Problemlöseaufgaben)
 - **UV₂:** Prozessschritte (ja vs. nein)
 - **UV₃:** 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)

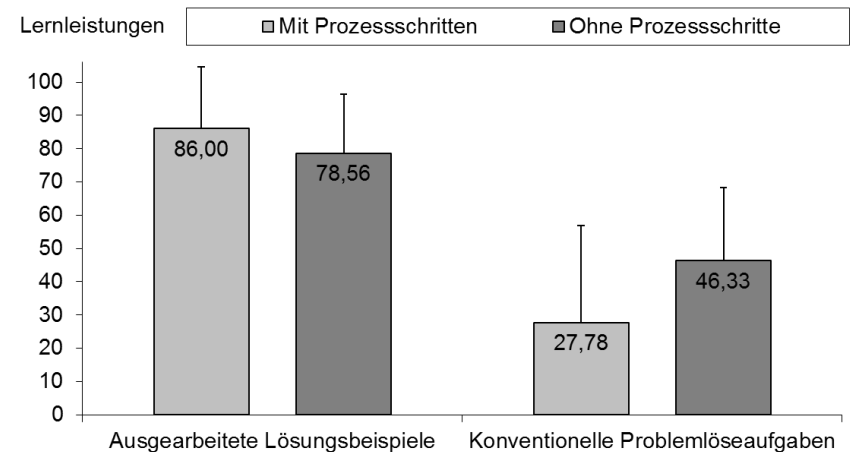
- Ausgearbeitete Lösungsbeispiele führen zu...
 - kürzeren Lernzeiten
 - geringeren mentalen Belastungen
 - höheren Lernleistungen

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 Nievelstein 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 Nievelstein 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)

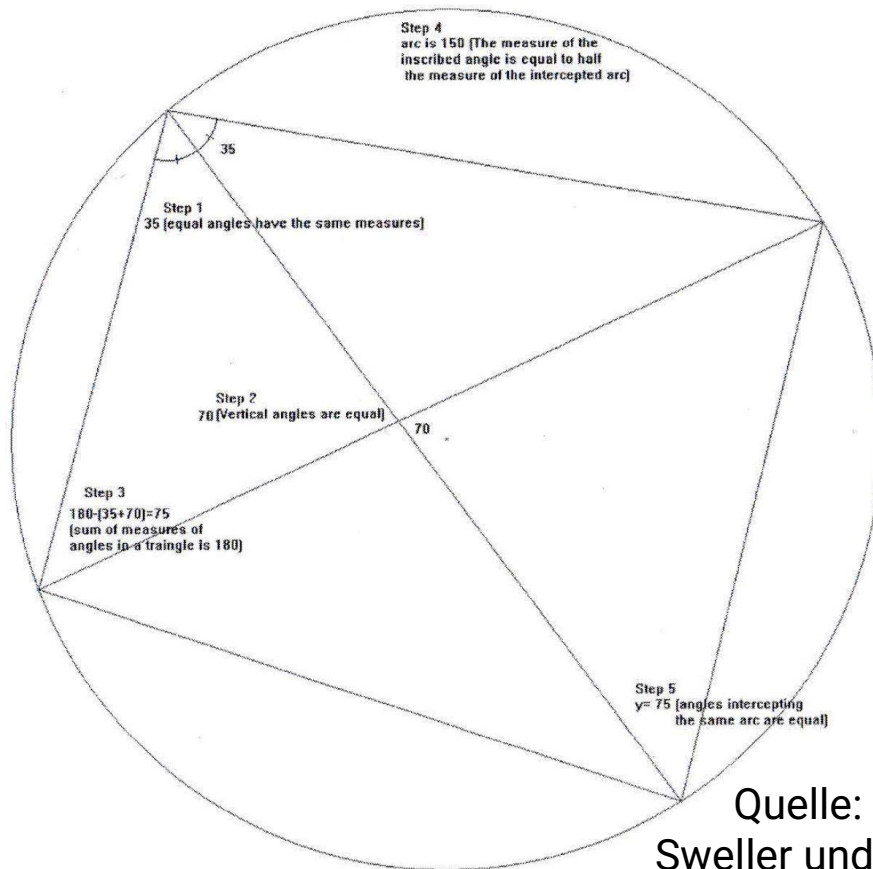
- **Definition:** Verringerung der Unterstützung bei ansteigendem Vorwissen der Lernenden verbessert die Lernleistungen
- **Vervollständigungsstrategie:** Im Kontext ausgearbeiteter Lösungsbeispiele auch als Vervollständigungsstrategie bezeichnet
- **Beispiel:** Ausgearbeitete Lösungsbeispiele sollten 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)

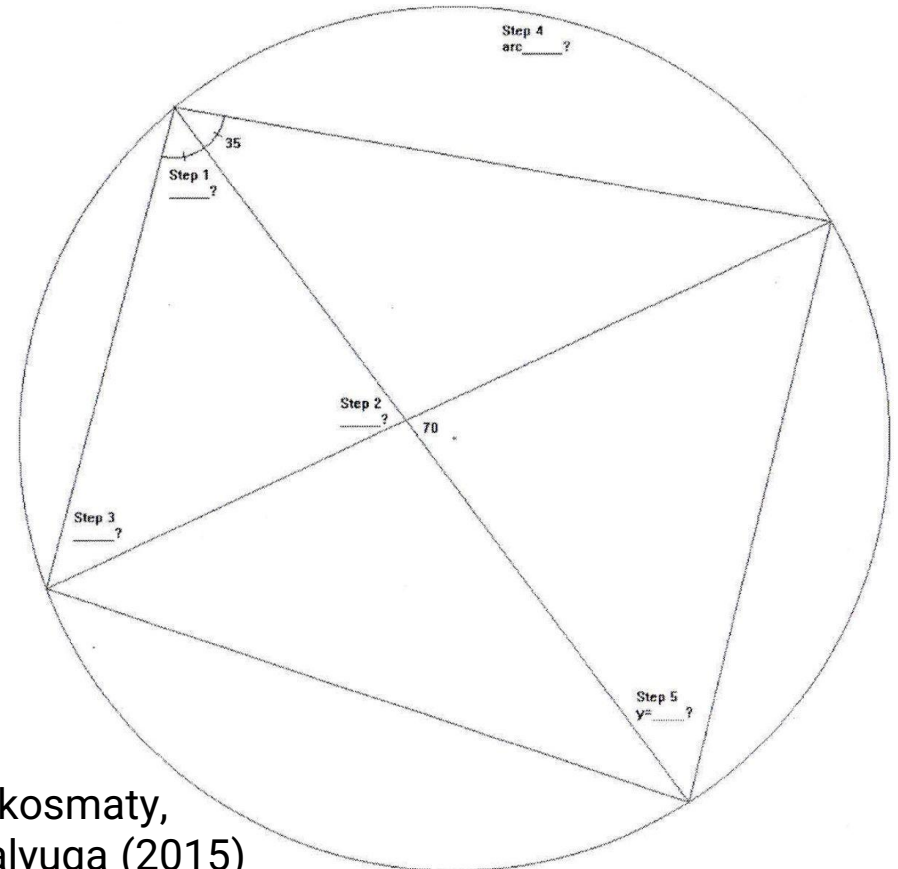
- **Beispiel:** Effekt der abschwächenden Unterstützung beim Lernen mit Geometrie-Aufgaben
- **Zwei Versuchspersonengruppen**
 - $N = 60$; 100% ♀; 12-13 Jahre (7. Klasse)
 - $N = 60$; 100% ♀; 15-16 Jahre (10. Klasse)
- **2 x 3 faktorielles, quasi-experimentelles Design**
 - UV_1 : Schulklasse (7. Klasse vs. 10. Klasse)
 - UV_2 : 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



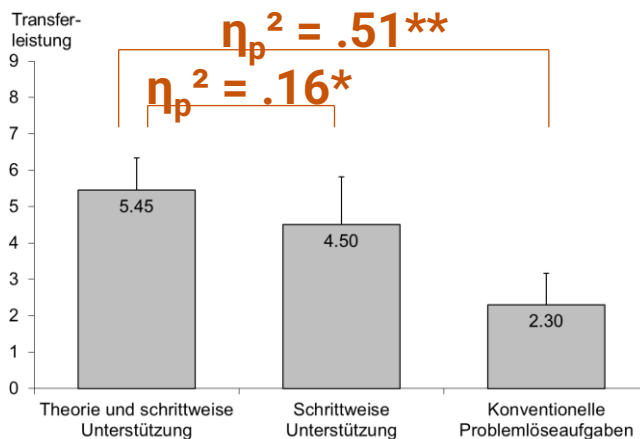
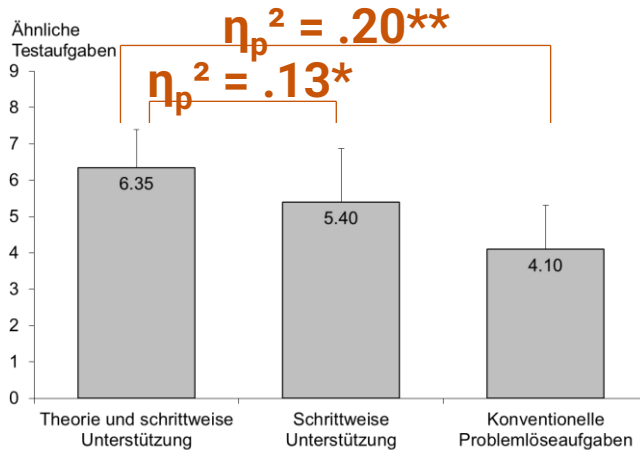
Schrittweise Unterstützung



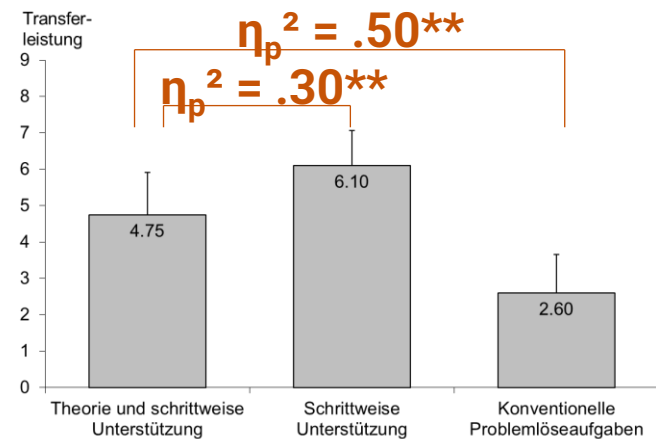
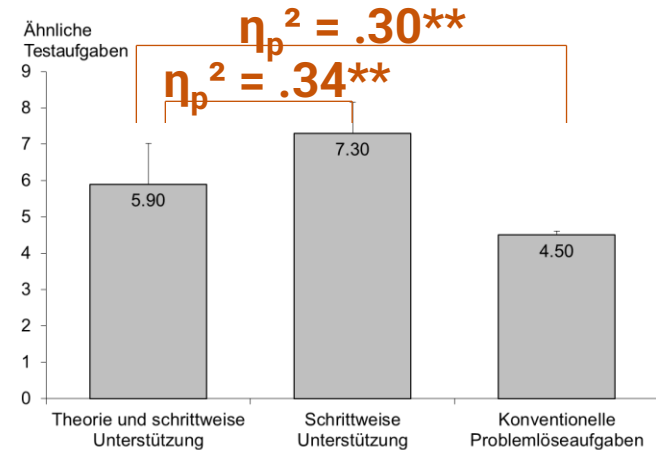
Quelle: Bokosmaty,
Sweller und Kalyuga (2015)

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.

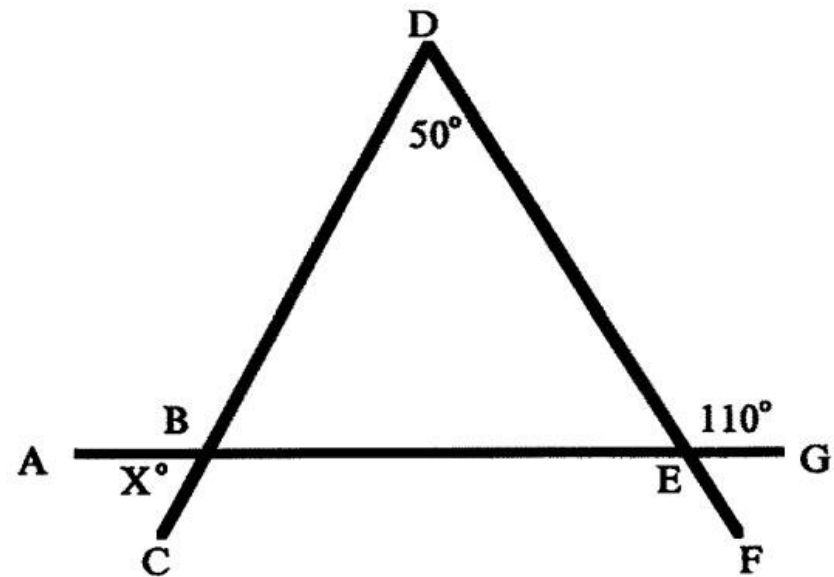
0%

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 zielunspezifische Problemlöseaufgaben 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

The simulation interface 'Auftriebsversuch' includes a 'Labor' section with shelves of blocks, two beakers of water, and a 'Notizblock' section with a table for recording data. The table has columns for 'Körper', 'Flüssigkeit', 'Kräfte', 'Verhalten', and 'Beziehungen'. The flowchart at the bottom right shows the logic of the experiment, starting with 'Masse (m)' and 'Volumen (V)', leading to 'Dichte (ρ_K)' and 'Dichte (ρ_F)', and finally to 'steigen' (rise) or 'sinken' (sink).

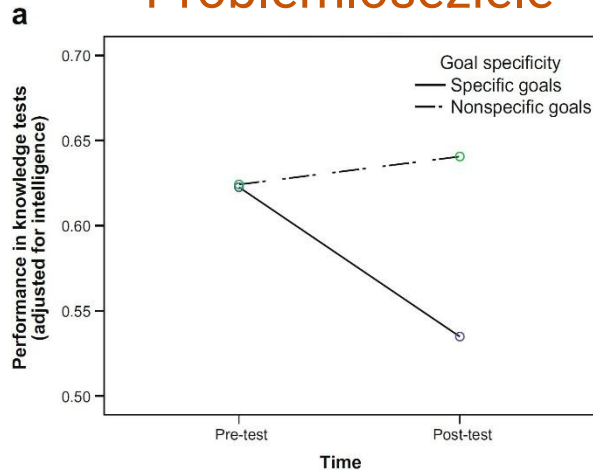
Quelle: Wirth, Künsting und Leutner (2009)

Effekt der Zielfreiheit (Wirth, Künstling & Leutner, 2009)

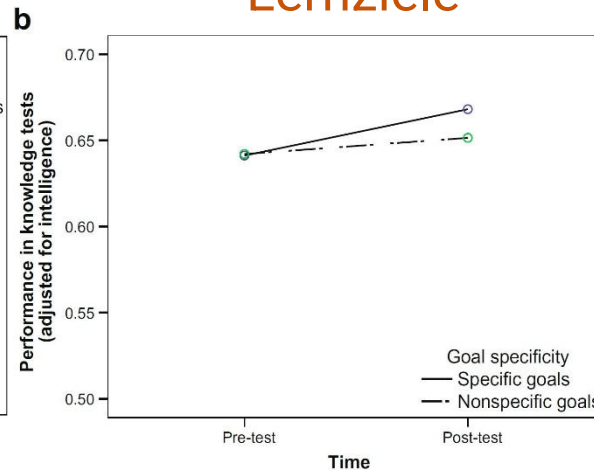
- **Stichprobe:** $N = 233$; 48% ♀; $\bar{X} 14.5$ Jahre ($SD = 0.8$)
- **2 x 2 faktorielles Design**
 - UV_1 : Zielspezifität (unspezifische Ziele vs. spezifische Ziele)
 - UV_2 : Zielart (Problemlöseziele vs. Lernziele)
- **Abhängige Variablen**
 - **Wissenstests:** Prä- und Post-Tests mit jeweils 13 MC-Fragen
 - **Kognitive Belastung:** 8 Fragen mit 7-stufiger Likert-Skala
- **Kontrollvariable:** Intelligenz (Subskala „figurale Analogien“)

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

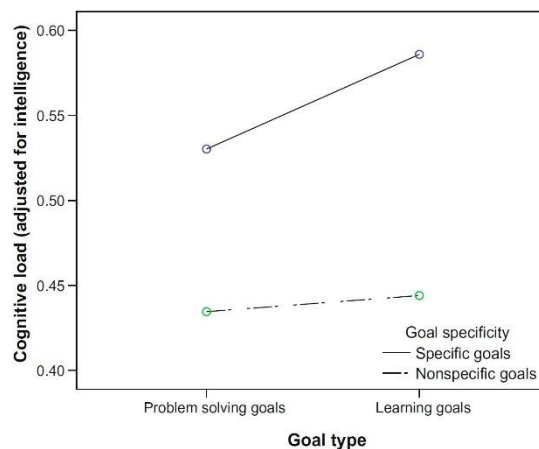
Problemlöseziele



Lernziele



$WW_{\text{Zeit} \times \text{Zielspezifität}}: p = .14; \eta^2 = .01$
 $WW_{\text{Zeit} \times \text{Zielart}}: p < .05; \eta^2 = .02$



$HE \text{ für } UV_{\text{Zielspezifität}}: p < .001; \eta^2 = .09$
 $HE \text{ für } UV_{\text{Zielart}} \text{ und } WW: \text{n.s.}$

Quelle: Wirth, Künsting und Leutner (2009)



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%



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

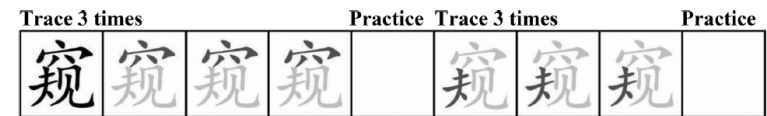


FIGURE 3 Sample of instruction for the isolated-integrated group



FIGURE 4 Sample of instruction for the variability-integrated group

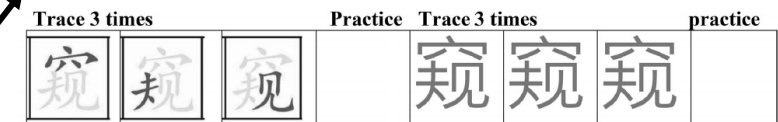
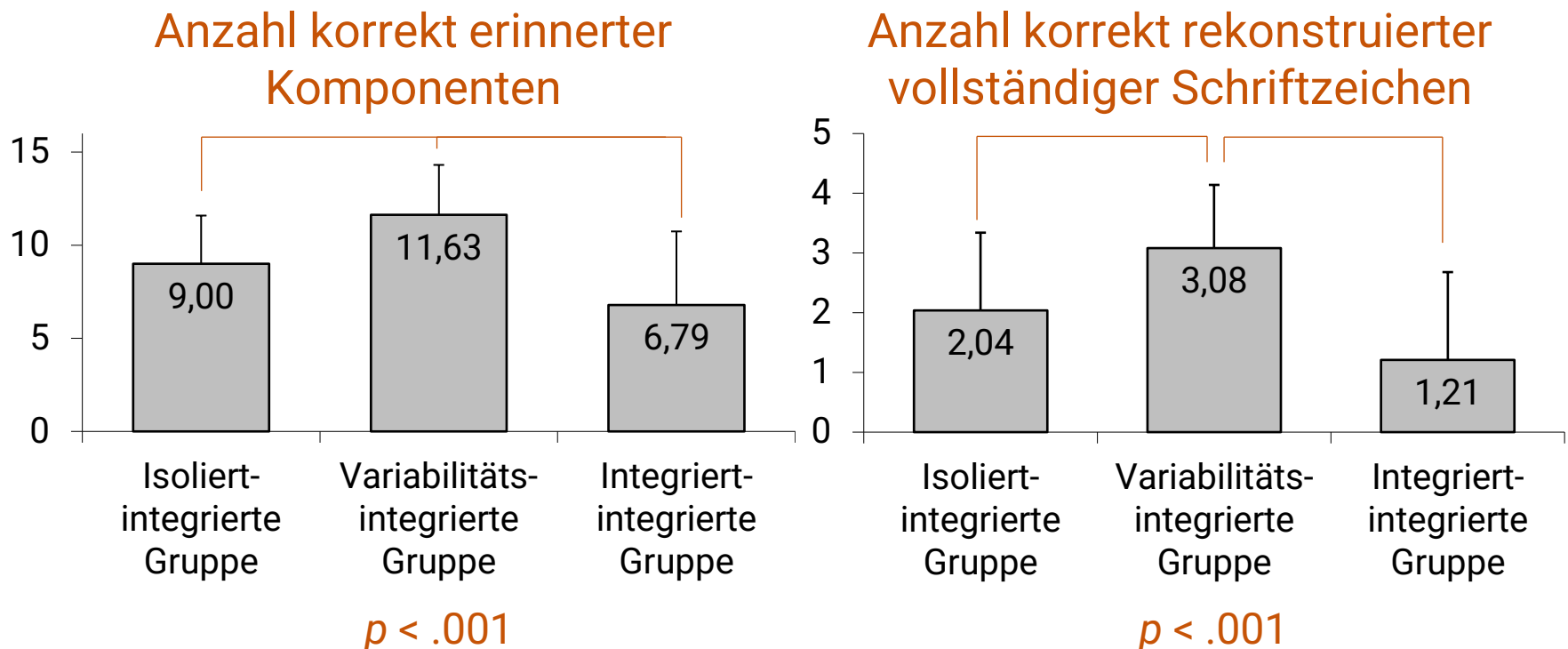


FIGURE 5 Sample of instruction for the integrated-integrated group

Quelle: Lu, Kalyuga und Sweller (2020)

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

- **Abhängige Variablen:** Behaltenstest zu den gelernten Schriftzeichen (Anzahl korrekt erinnelter 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)
- Nievelstein, 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.