



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
IN DER KULTURHAUPTSTADT EUROPAS  
CHEMNITZ

Professur Psychologie digitaler Lernmedien

Institut für Medienforschung

Philosophische Fakultät



Lehren und Lernen mit Medien II

Simulationen

The Thirteenth Floor (1999). Columbia Pictures.

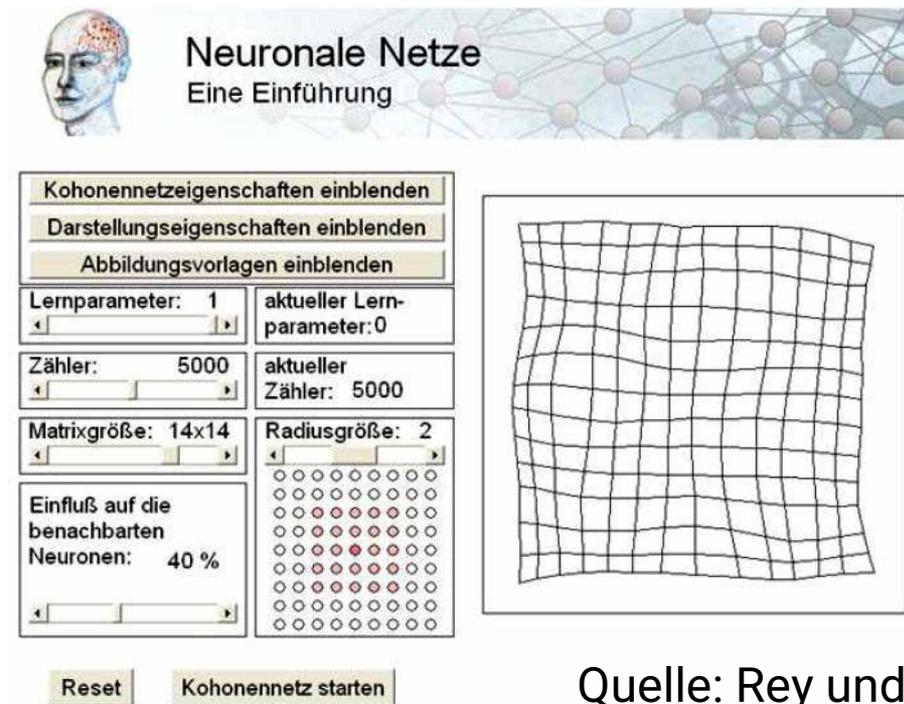
# Überblick

- Simulationen
- Simulationen vs. Lernspiele
- Metaanalyse zum Lernen mit Simulationen
- Probleme beim Lernen mit Simulationen
- Unterstützungsmaßnahmen
- Ausgewählte Studien zum Lernen mit Simulationen
  - Split-Attention Effekt
  - Instruktionshinweis hinzufügen
  - Leserichtungseffekt

# Simulationen (z. B. de Jong & van Joolingen, 1998; de Jong, 2006; Plass & Schwartz, 2014)

- **Definition:** Computerprogramme zur Durchführung virtueller Experimente in kontrollierten Umgebungen, um das zugrundeliegende mathematische Modell besser verstehen zu können
- **Mathematisches Modell** verantwortlich für die Reaktion auf die Benutzereingaben
- **Häufig grafische Visualisierung** der Ausgabe

- **Beispiel:** Simulation zum Thema Kohonennetze



Neuronale Netze  
Eine Einführung

Kohonennetzeigenschaften einblenden  
Darstellungseigenschaften einblenden  
Abbildungsvorlagen einblenden

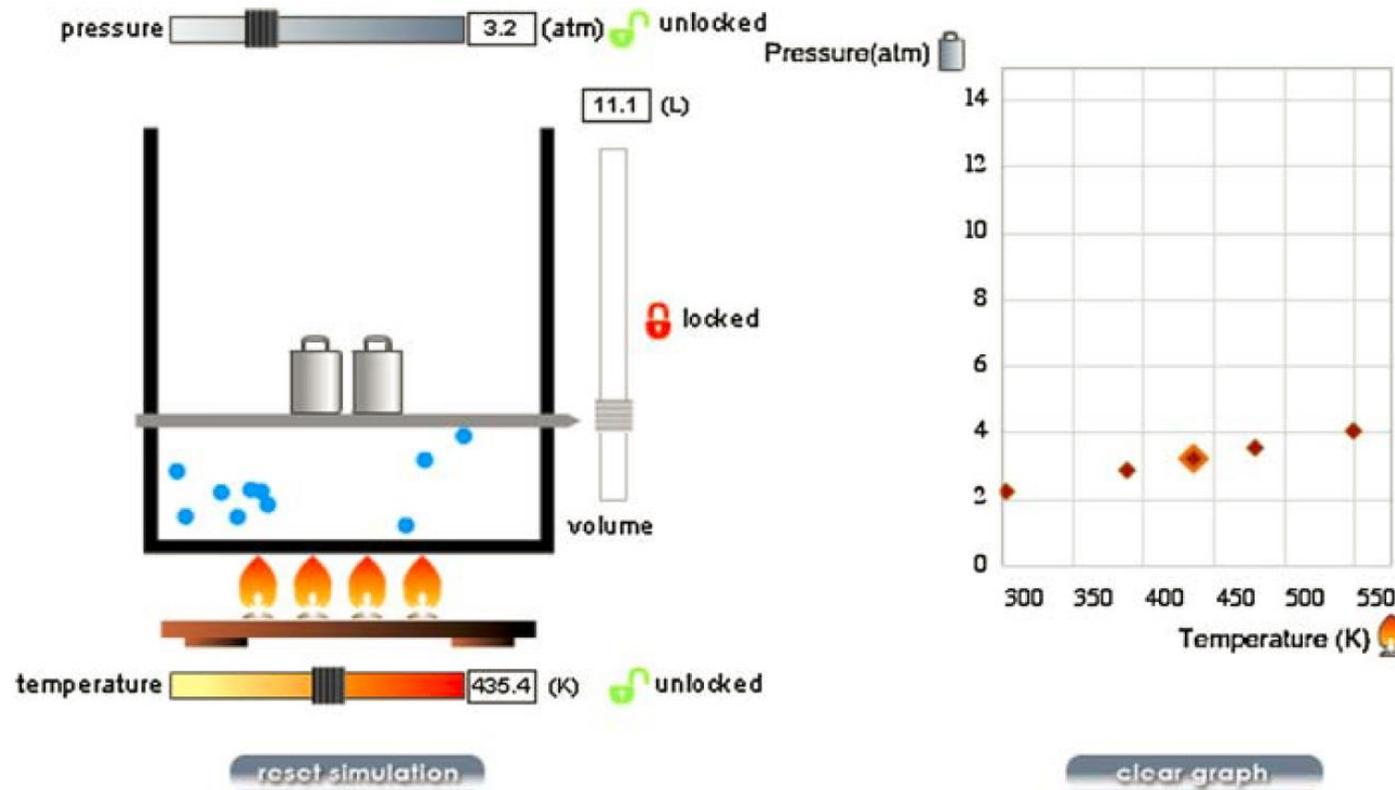
Lernparameter: 1      aktueller Lernparameter: 0  
Zähler: 5000      aktueller Zähler: 5000  
Matrixgröße: 14x14      Radiusgröße: 2  
Einfluß auf die benachbarten Neuronen: 40 %

Reset      Kohonennetz starten

Quelle: Rey und Wender (2010)

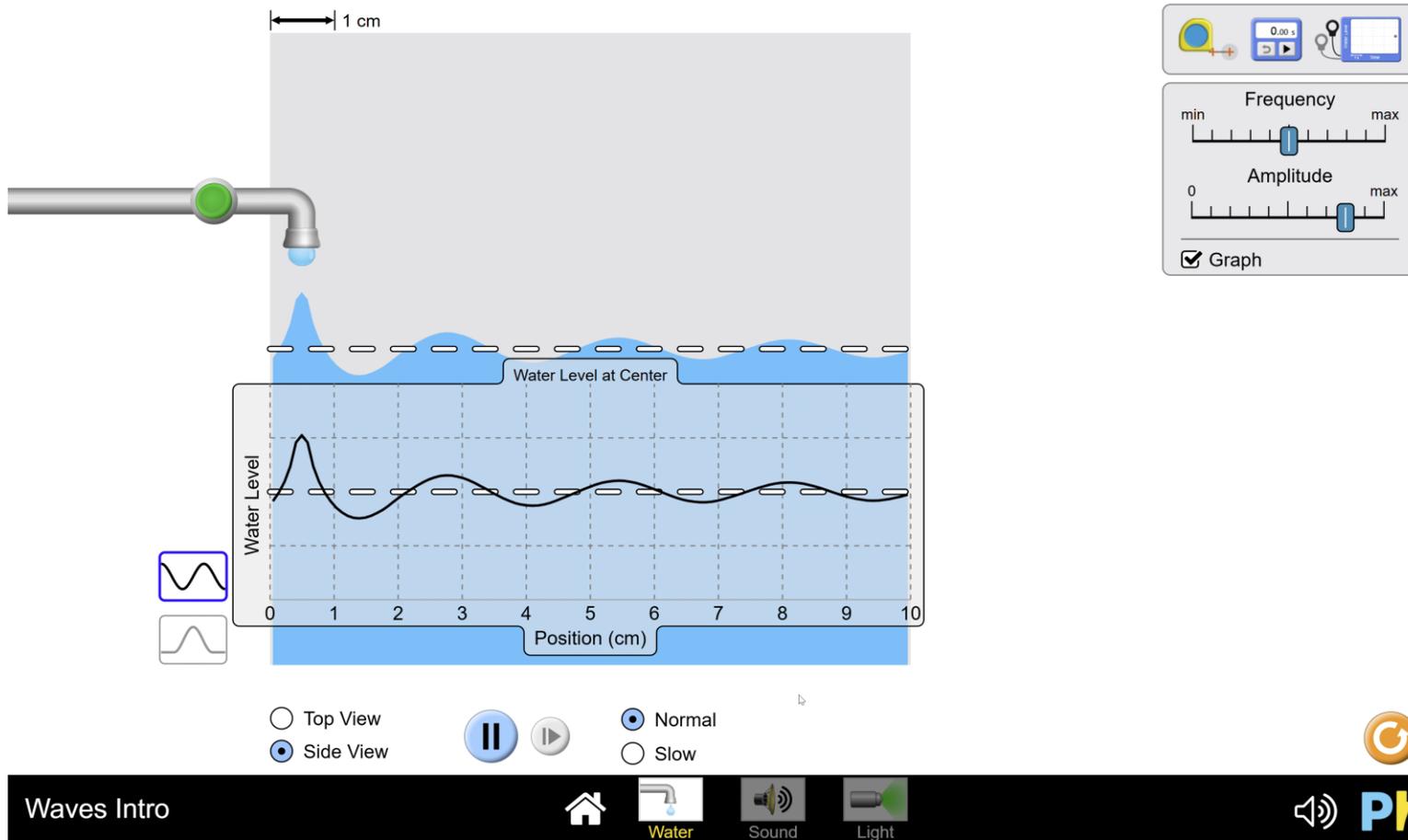
# Simulationen: Beispiel

- **Beispiel:** Simulation zu Zustandsgleichungen für ideale Gase



Quelle: Plass, Homer und Hayward (2009)

# Simulationen: Weiteres Beispiel



Quelle: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?type=html>

# Simulationen vs. Lernspiele (Nebel, Schneider, Schledjewski & Rey, 2017; Wilson et al., 2009)

## Simulationen

- Eher Fokussierung auf erkundendes Verhalten und Kausalzusammenhänge
- Vornehmlich Versuch der exakten Abbildung realer Phänomene

## (Digitale) Lernspiele

- Eher mit Zielorientierung
- Meist mit Fortschrittskomponente und wünschenswertem Endzustand

Insgesamt Überschneidungsbereich  
zwischen Simulationen und Lernspielen

# Simulationen vs. Lernspiele





# Handelt es sich in dem Video um eine Simulation oder um ein digitales Lernspiel?

Simulation

0%

Lernspiel

0%

Weder Simulation noch Lernspiel

0%

Sowohl Simulation als auch Lernspiel

0%



# Handelt es sich in dem Video um eine Simulation oder um ein digitales Lernspiel?

Simulation

0%

Lernspiel

0%

Weder Simulation noch Lernspiel

0%

Sowohl Simulation als auch Lernspiel

0%

# RESULTS SLIDE

# Metaanalyse zum Lernen mit Simulationen (Chernikova et al., 2020)

- **Daten zur Metaanalyse:** 10532 Probanden aus 145 Studien mit 409 geschätzten Effekten
- **Schwerpunkt der Studien:** Medizinische Ausbildung (126 Studien)
- **Fokus der AVs in den Studien:**
  - Allgemeine Problemlösung (51 Studien)
  - Technische Durchführung eines bestimmten komplexen Verfahrens (56 Studien)
  - Kommunikationsfähigkeiten (24 Studien)
  - Diagnosen stellen (18 Studien)
  - Kritische Situationen bewältigen (18 Studien)
  - Zusammenarbeit und Teamwork (5 Studien)

# Metaanalyse zum Lernen mit Simulationen (Chernikova et al., 2020)

- **Zentrales Ergebnis:** Großer lernförderlicher Effekt von Simulationen ( $g = 0.85$ ; 95% Konfidenzintervall: 0.69 – 1.02)
- **Robustheit:** Effekt über verschiedene Bereiche der Hochschulbildung (z.B. Medizin, Lehrerausbildung, Management) stabil
- **Identifikation mehrerer Moderatoreffekte:**
  - Positive Effekte durch Technologieeinsatz
  - Positive Effekte durch Unterstützungsmaßnahmen
  - Vorwissen:
    - Lernende mit hohem Vorwissen profitieren mehr von Reflexionsphasen
    - Lernende mit niedrigem Vorwissen lernen besser, wenn sie durch Beispiele unterstützt werden

# Metaanalyse zum Lernen mit Simulationen (Chernikova et al., 2020)

- Ausgewählte weitere Moderatorvariablen

Variable	Kategorie	N	k	g	95% CI
Komplexe Fähigkeiten ( $p < .001$ )	Kommunikative Fähigkeiten	2493	27	0.44	0.17 – 0.72
	Diagnostische Fähigkeiten	911	18	0.82	0.41 – 1.22
	Allgemeine Problemlösung	6010	58	0.88	0.68 – 1.08
	Management der Situation	2543	21	0.72	0.14 – 1.31
	Teamwork/Fähigkeiten	810	5	0.50	0.32 – 0.68
	Technische Leistung	2933	63	1.06	0.75 – 1.37
Dauer der Simulation ( $p < .001$ )	Sehr kurz (bis zu 1 Stunde)	2210	26	0.65	0.19 – 1.10
	Kurz (bis zu 1 Tag)	5496	87	0.81	0.65 – 0.97
	Mittel (bis zu 1 Monat)	459	11	0.80	0.54 – 1.07
	Lang (mehr als 1 Monat)	519	4	1.31	0.00 – 2.64

# Metaanalyse zum Lernen mit Simulationen (Chernikova et al., 2020)

- Ausgewählte Moderatorvariablen zum Vorwissen von Lernenden

Variable	Kategorie	<i>N</i>	<i>k</i>	<i>g</i>	95% CI
Vertrautheit mit dem Kontext ( $p < .001$ )	Unvertraut (geringes Vorwissen)	5938	61	0.67	0.40 – 0.94
	Vertraut (hohes Vorwissen)	2511	63	0.83	0.65 – 1.02
	Gemische Gruppe	1227	15	1.21	0.50 – 1.93
Bildungsniveau ( $p < .001$ )	Niedrig (Studierende und AbsolventInnen)	7143	74	0.74	0.54 – 0.94
	Hoch (Postgraduierte und im Beruf befindliche)	3400	72	0.91	0.67 – 1.16



# Welche Aussage(n) treffen zur Metaanalyse zum Lernen mit Simulationen von Chernikova et al. (2020) zu?

Besonders gut scheint man mit Simulationen nicht lernen zu können.

0%

Der Effekt ist in unterschiedlichen Bereichen der Hochschulbildung höchst unterschiedlich.

0%

Unterstützungsmaßnahmen verbessern das Lernen mit Simulationen.

0%

Eine sehr kurze Dauer der Simulation scheint tendenziell zu geringeren Lerneffekten durch Simulationen zu führen.

0%

Lernende mit einem höheren Bildungsniveau scheinen verstärkt von Simulationen zu profitieren.

0%



# Welche Aussage(n) treffen zur Metaanalyse zum Lernen mit Simulationen von Chernikova et al. (2020) zu?

Besonders gut scheint man mit Simulationen nicht lernen zu können.

0%

Der Effekt ist in unterschiedlichen Bereichen der Hochschulbildung höchst unterschiedlich.

0%

Unterstützungsmaßnahmen verbessern das Lernen mit Simulationen.

0%

Eine sehr kurze Dauer der Simulation scheint tendenziell zu geringeren Lerneffekten durch Simulationen zu führen.

0%

Lernende mit einem höheren Bildungsniveau scheinen verstärkt von Simulationen zu profitieren.

0%

# RESULTS SLIDE

# Probleme beim Lernen mit Simulationen (z. B. de Jong, 2006)

- Schwierigkeiten bei der Auswahl von Eingabevariablen
- Überwiegende Herstellung bereits verstandener Simulationszustände
- Probleme bei der Hypothesenformulierung
- Beibehaltung von Hypothesen trotz widersprechender Daten
- Zeitgleiche Variation zu vieler Variablen
- Ingenieuransatz
- Split-Attention Effekt

# Unterstützungsmaßnahmen (z. B. de Jong, 2006; Plass, Homer & Hayward, 2009)

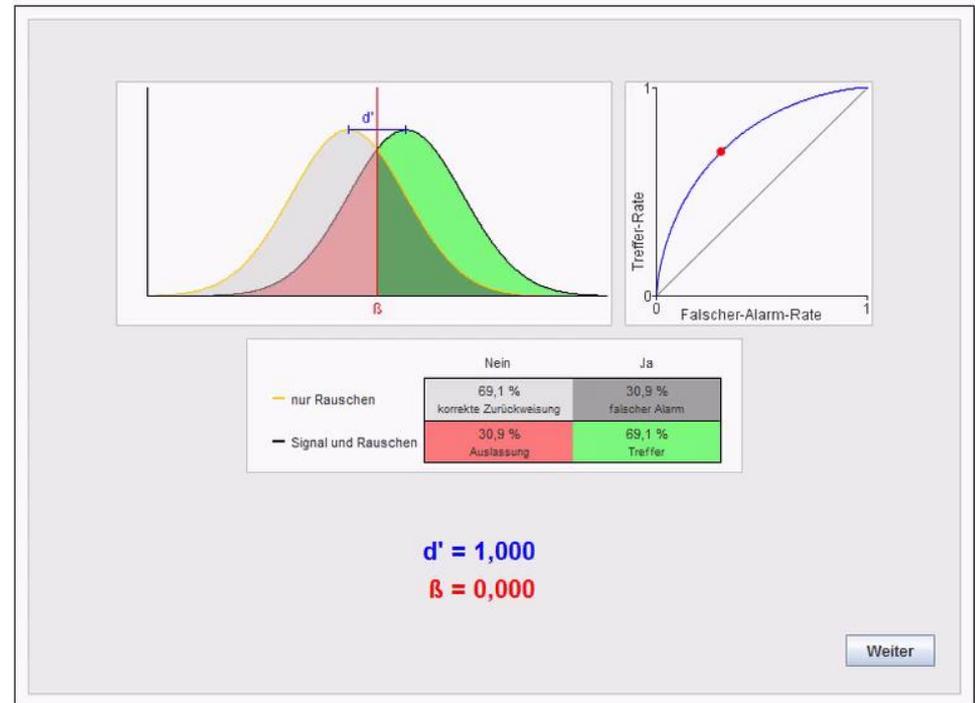
- Übungsaufgaben
- Erläuterungen und Hintergrundinformationen
- Überwachungs- und Planungswerkzeuge
- Instruktionshinweise oder ähnliche Unterstützungsmaßnahmen
- Strukturierung der Lernumgebung
- Allmählicher Aufbau der Simulation
- Adaptive Elemente
- Beachtung von Gestaltungsempfehlungen

# Split-Attention Effekt (z. B. Sweller & Chandler, 1994)

- **Split-Attention Effekt:** Beispiel zur Beachtung von Gestaltungsempfehlungen für Texte, Bilder, Animationen und Problemlöseaufgaben
- **Problem:** Trennung von aufeinander bezogenen Informationsquellen (z. B. Text und Bild) erfordert mentale Vereinigung und beeinträchtigt so die Lernleistungen
- **Lösung:** Mehrere Informationsquellen integrieren, z. B. durch Beschriftungen in unmittelbarer Nähe zu relevanten Bildelementen

# Split-Attention Effekt (Rey, 2011a)

- **Beispiel:** Split-Attention Effekt in einer Simulation zur Signaldetektionstheorie
- **Multiple Repräsentationen**
- **Dynamische Verknüpfungen**

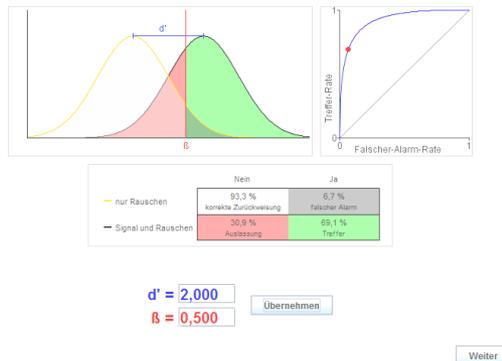


Quelle: Rey (2011a)

# Split-Attention Effekt (Rey, 2011a)

- **Stichprobe:**  $N = 73$ ; 77% ♀;  $\bar{X} 21.6$  Jahre ( $SD = 3.1$ )
- **Design:** Einfaktorielles, dreifachgestuftes Design

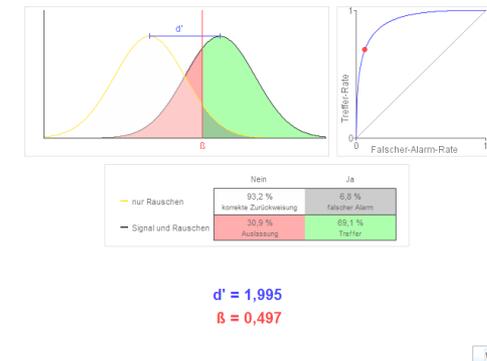
## Textfeld



## Schieberegler



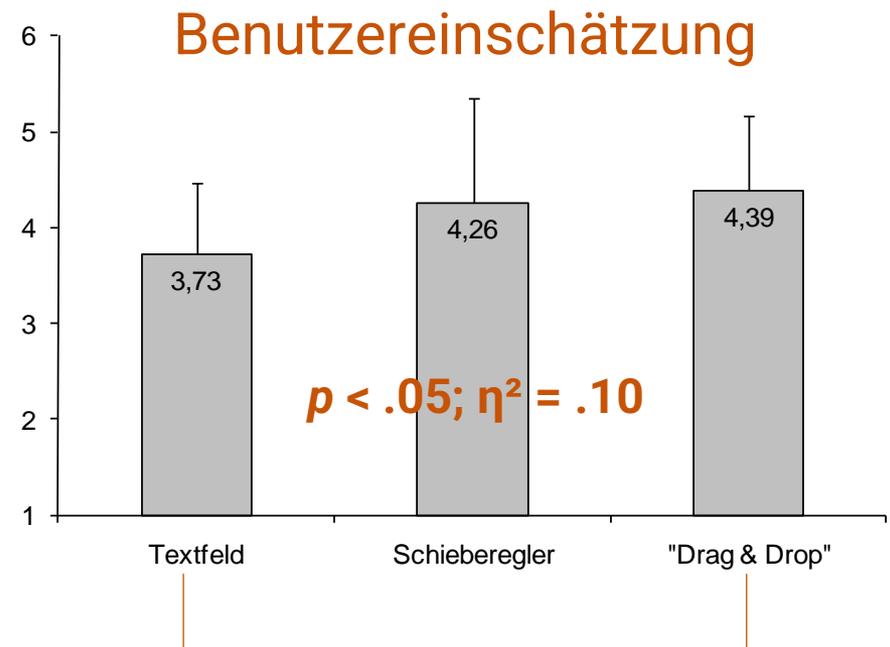
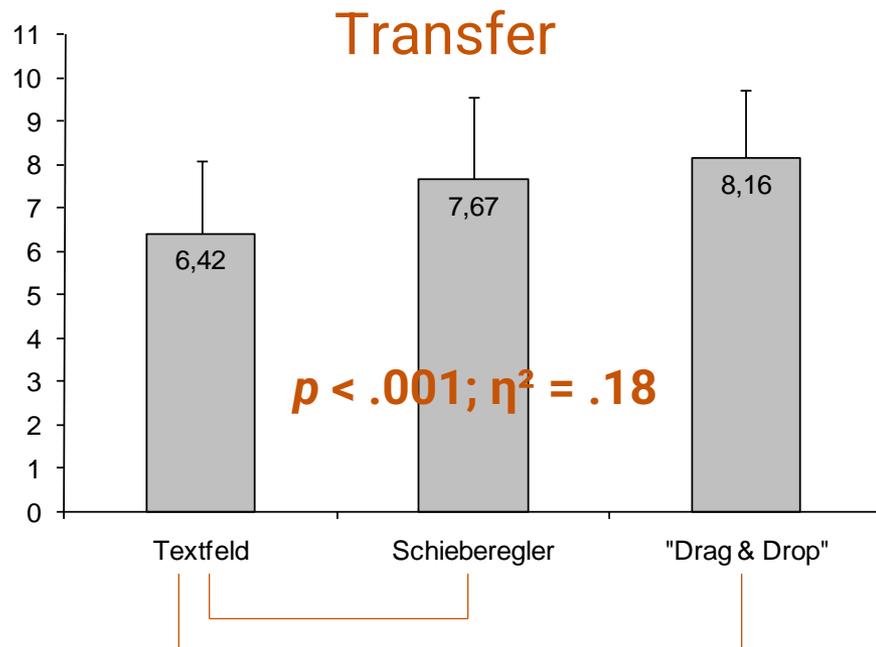
## „Drag & Drop“



Quelle: Rey (2011a)

# Split-Attention Effekt (Rey, 2011a)

- **Behalten:** 10 MC-Fragen mit jeweils 3 bis 4 Antwortalternativen und einer korrekten Lösung
- **Transfer:** 10 MC-Fragen (vgl. Behalten) + eine offene Frage
- **Benutzereinschätzung:** 5 Fragen mit 6-stufiger Likert-Skala





# Was kann man an der Studie von Rey (2011a) kritisieren?

Die drei Versuchsbedingungen sind in mehrfacher Hinsicht konfundiert.

0%

In der Textfeldbedingung können im Gegensatz zu den beiden anderen Bedingungen dynamischen Visualisierungen entstehen.

0%

Die drei Bedingungen unterscheiden sich, wie „unmittelbar“ die Visualisierungen verändert werden können.

0%



# Was kann man an der Studie von Rey (2011a) kritisieren?

Die drei Versuchsbedingungen sind in mehrfacher Hinsicht konfundiert.

0%

In der Textfeldbedingung können im Gegensatz zu den beiden anderen Bedingungen dynamischen Visualisierungen entstehen.

0%

Die drei Bedingungen unterscheiden sich, wie „unmittelbar“ die Visualisierungen verändert werden können.

0%

# RESULTS SLIDE

# Instruktionshinweis hinzufügen (Rey, 2011b, Exp. 2)

- **Beispiel:** Einfacher Instruktionshinweis in einer Simulation zu Kohonennetzen
- **Stichprobe:**  $N = 98$ ; 76% ♀; Ø 22.2 Jahre ( $SD = 4.0$ )
- **Vorkenntnisse:** Keine oder nur sehr geringe Vorkenntnisse zu Kohonennetzen

Neuronale Netze  
Eine Einführung

Kohonennetzeigenschaften einblenden  
Darstellungseigenschaften einblenden  
Abbildungsvorlagen einblenden

Lernparameter: 1      aktueller Lernparameter: 0  
Zähler: 5000      aktueller Zähler: 5000  
Matrixgröße: 14x14      Radiusgröße: 2  
Einfluß auf die benachbarten Neuronen: 40 %

Reset      Kohonennetz starten

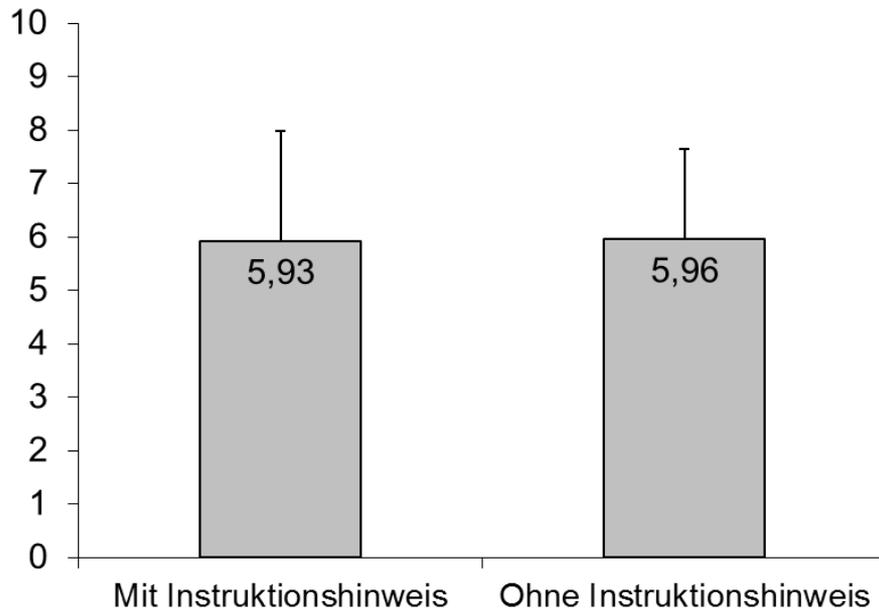
Quelle: Rey (2011b)

# Instruktionshinweis hinzufügen (Rey, 2011b, Exp. 2)

- **Design:** Einfaktorielles, zweifachgestuftes Design (Mit vs. ohne Instruktionshinweis)
- **Instruktionshinweis:** „Verwenden Sie vor allem den Reset-Button, um systematisch zu überprüfen, was die einzelnen Parameter bewirken!“
- **Behalten:** 10 MC-Fragen mit jeweils 3 bis 5 Antwortalternativen und einer korrekten Lösung
- **Transfer:** 7 MC-Fragen (vgl. Behalten) + 3 Fragen, in denen Zahlenwerte einzutragen waren

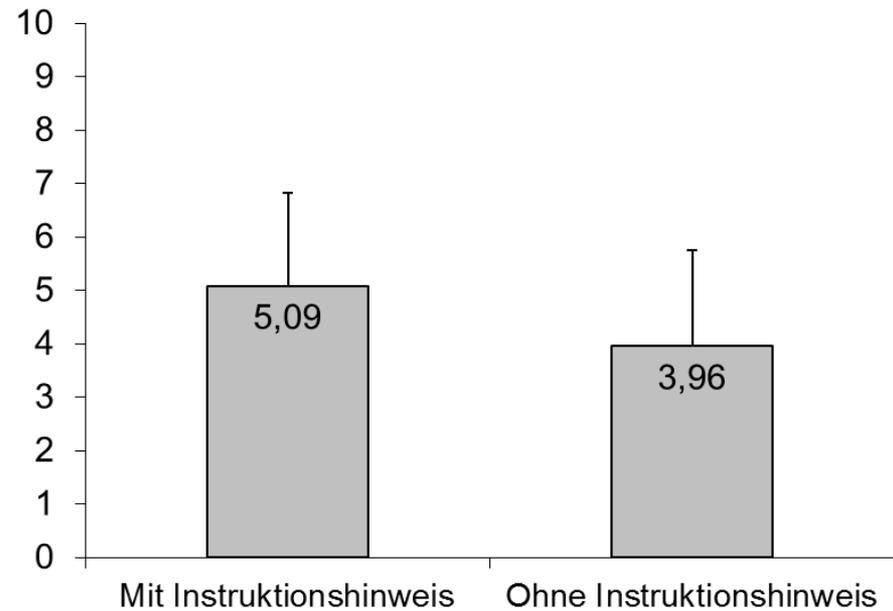
# Instruktionshinweis hinzufügen (Rey, 2011b, Exp. 2)

## Behalten



$p = .94; d = -0.01$

## Transfer



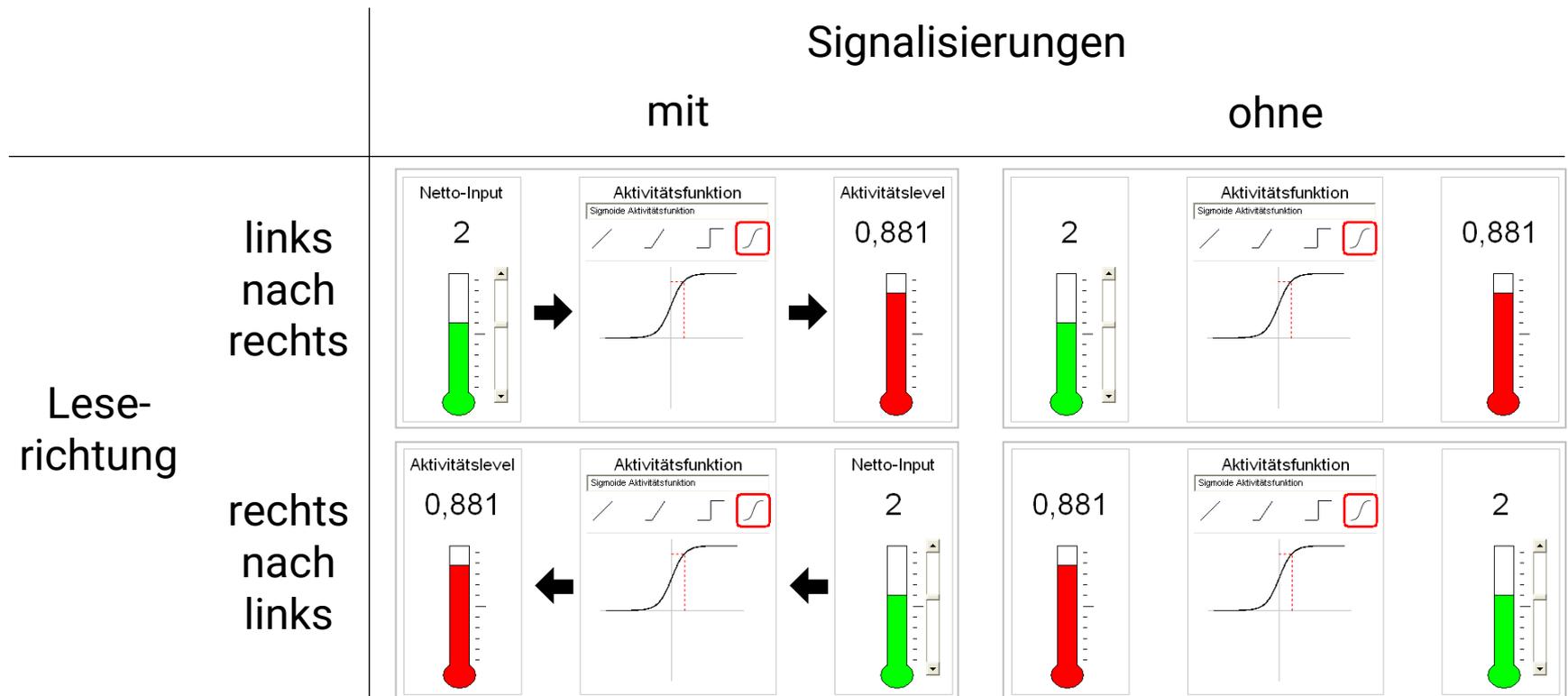
$p < .01; d = 0.64$

# Leserichtungseffekt (Rey, 2010)

- **Beispiel:** Leserichtungseffekt in einer Simulation zu künstlichen neuronalen Netzen
- **Leserichtung:** Richtung der Informationsaufnahme; in der deutschen Schriftsprache von links nach rechts
- **Leserichtungseffekt:** Lernförderlicher Effekt durch Beachtung der Leserichtung bei der Informationsdarbietung von kausalen Zusammenhängen oder zeitlichen Abfolgen

# Leserichtungseffekt (Rey, 2010)

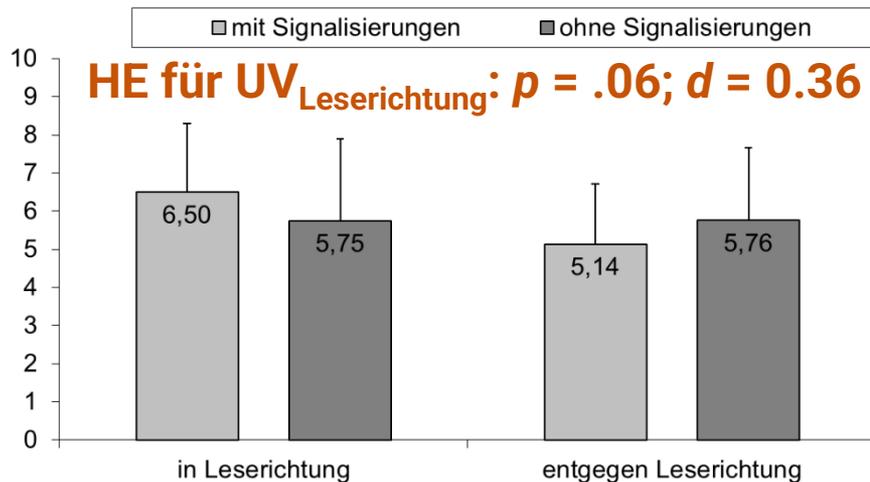
- Stichprobe:  $N = 113$ ; 81% ♀;  $\bar{X} 22.0$  Jahre ( $SD = 3.6$ )
- 2 x 2 faktorielles Design



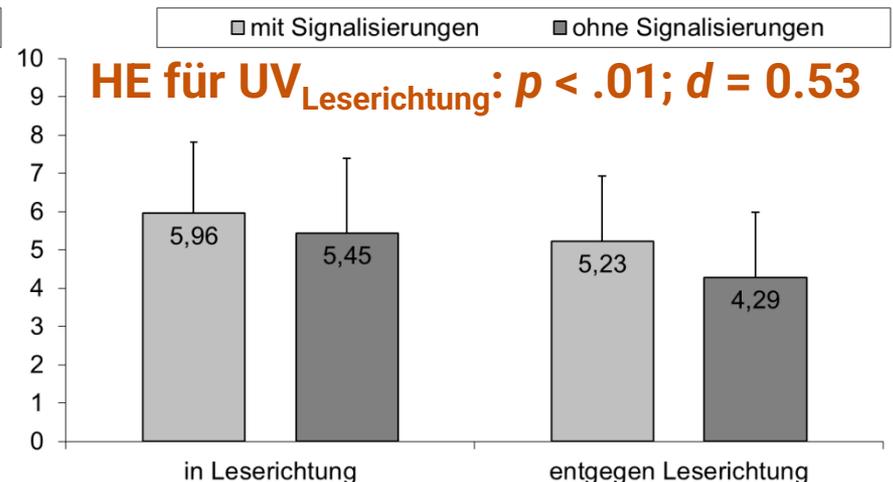
# Leserichtungseffekt (Rey, 2010)

- **Behalten:** 10 MC-Fragen mit jeweils 2 bis 5 Antwortalternativen und einer korrekten Lösung
- **Transfer:** 7 MC-Fragen (vgl. Behalten) + 3 Fragen, in denen Zahlenwerte einzutragen waren

## Behalten



## Transfer





# Welche Aussagen zu Rey (2010) sind korrekt?

Der Leserichtungseffekt konnte sowohl für die Behaltens- als auch für die Transferlernleistungen inferenzstatistisch nachgewiesen werden.

0%

Der Leserichtungseffekt war nur bei den Behaltenslernleistungen signifikant.

0%

Der Leserichtungseffekt war nur bei den Transferlernleistungen signifikant.

0%

Der Leserichtungseffekt konnte weder für die Behaltens- noch für die Transferlernleistungen inferenzstatistisch nachgewiesen werden.

0%



# Welche Aussagen zu Rey (2010) sind korrekt?

Der Leserichtungseffekt konnte sowohl für die Behaltens- als auch für die Transferlernleistungen inferenzstatistisch nachgewiesen werden.

0%

Der Leserichtungseffekt war nur bei den Behaltenslernleistungen signifikant.

0%

Der Leserichtungseffekt war nur bei den Transferlernleistungen signifikant.

0%

Der Leserichtungseffekt konnte weder für die Behaltens- noch für die Transferlernleistungen inferenzstatistisch nachgewiesen werden.

0%

# RESULTS SLIDE

# Zusammenfassung

- **Simulation:** Computerprogramm zur Durchführung eines virtuellen Experimentes in kontrollierter Umgebung, um zugrundeliegendes mathematisches Modell besser verstehen zu können
- **Metaanalyse zum Lernen mit Simulationen:** Großer und robuster lernförderlicher Effekt von Simulationen mit Identifikation zahlreicher Moderatorvariablen
- **Probleme beim Lernen mit Simulationen:** Schwierigkeiten bei der Auswahl von Eingabevariablen, Beibehaltung von Hypothesen trotz widersprechender Daten, überwiegende Herstellung bereits verstandener Simulationszustände oder Split-Attention Effekt
- **Unterstützungsmaßnahmen in Simulationen:** Übungsaufgaben, Erläuterungen und Hintergrundinformationen, allmählicher Aufbau der Simulation, Instruktionshinweise oder Beachtung der Leserichtung

# Prüfungsliteratur

- Rey, G. D. (2009). *E-Learning. Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung*. Bern: Huber.
  - Gestaltung – Bilder (Buch: S. 104–107; Webseite: S. 64–67)
- de Jong, T. (2006). Computer simulations - Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532–533.
- Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-based learning in higher education: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 90, 499–541.

# Weiterführende Literatur I

- Plass, J. L., Homer, B. D., & Hayward, E. O. (2009). Design factors for educationally effective animations and simulations. *Journal of Computing in Higher Education*, 21, 31–61.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179–201.
- Nebel, S., Schneider, S., Schledjewski, J. & Rey, G. D. (2017). Goal-setting in educational video games: Comparing goal-setting theory and the goal-free effect. *Simulation & Gaming*, 48, 98–130.
- Wilson, K. A., Bedwell, W. L., Lazzara, E. H., Salas, E., Burke, C. S., Estock, J. L., . . . Conkey, C. (2009). Relationships between game attributes and learning outcomes review and research proposals. *Simulation & Gaming*, 40, 217–266.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12, 185–233.

# Weiterführende Literatur II

- Plass, J. L., & Schwartz, R. N. (2014). Multimedia learning with simulations and microworlds. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2 ed., pp. 729–761). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Rey, G. D., & Wender, K. F. (2010). *Neuronale Netze. Eine Einführung in die Grundlagen, Anwendungen und Datenauswertung*. Bern: Huber.
- Rey, G. D. (2011a). Interactive elements for dynamically linked multiple representations in computer simulations. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 12–19.
- Rey, G. D. (2011b). Reset button and instructional advice in computer simulations. *European Psychologist*, 16, 58–67.
- Rey, G. D. (2010). Reading direction and signaling in a simple computer simulation. *Computers in Human Behavior*, 26, 1176–1182.