

# Lernen mit AR und VR: Anmerkungen und Herausforderungen

---

Steffi Zander<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instructional Design, Bauhaus-Universität Weimar

---



# VR/AR-Learning

Arbeitskreis der GI-Fachgruppen  
E-Learning & VR/AR

Startseite

News

Veranstaltungen

Wettbewerb

Akteure

Über uns

Account

## Ziele

- **Systematisierung und Validierung** der pädagogisch-psychologischen und informationstechnischen Fragestellungen, Methoden und Ergebnisse
- **Aufbau** einer aktiven **Community**
- **Organisation von Aktivitäten**, die den Wissensgewinn, die Sichtbarkeit und Kooperationen fördern

<http://bit.ly/VRARLearn>



# VR/AR-Learning

Arbeitskreis der GI-Fachgruppen  
E-Learning & VR/AR

Startseite

News

Veranstaltungen

Wettbewerb

Akteure

Über uns

Account

## Aktivitäten und Termine

- Vernetzungsplattform
  - derzeit in Arbeit: **Positionspaper** (Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen)
- Wettbewerb „Gelungenes VR/AR-Lernszenario“ (14. März)
- Hands-On-Workshop VR/AR-Learning (9.-10. März in Erfurt)
- DGfE-Kongress Essen: Ad-Hoc-Arbeitsgruppe (20. März)

<http://bit.ly/VRARLearn2018>

# Beispiele

## Augmented Civil Engineereality (AuCity)

Quelle: Augview Limited, 2016



# Lernen mit AR/VR

---

## Metaanalysen & Reviews zu AR/VR und Lernen

Radu, 2014 // Santos 2014 // Bacca et al., 2014 // Chen, 2017

- Wachsendes Feld – wachsende Zahl von Studien
- Mehrwert: Motivation, Interaktion, Kollaboration, Engagement, räumliche Informationen

 Aber: nicht über alle Studien hinweg



Oftmals nicht berücksichtigt: Lernervoraussetzungen, Heterogenität

# Lernen

---

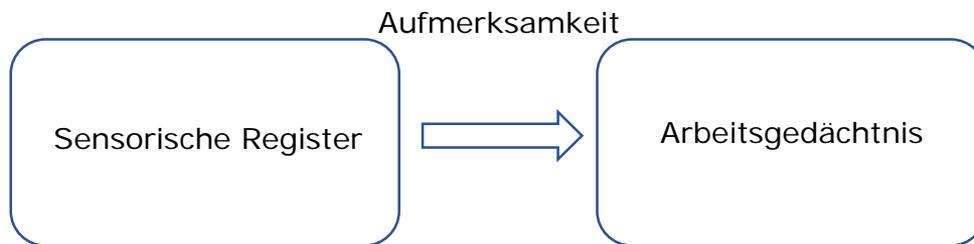
Atkinson & Shiffrin (1968)

Sensorische Register

# Lernen

---

Atkinson & Shiffrin (1968)



# Lernen

Atkinson & Shiffrin (1968)



# Ü1: Kurzzeitgedächtnis

---

Auf der nächsten Folie sehen Sie 15 Zahlen.

Versuchen Sie sich diese innerhalb von 10 Sekunden zu merken.

Schreiben Sie die Zahlen in der präsentierten Reihenfolge auf.

Legen Sie jetzt Blatt und Stift bereit.

# Ü1: Kurzzeitgedächtnis

---

Auf der nächsten Folie sehen Sie 15 Zahlen.

Versuchen Sie sich diese innerhalb von 10 Sekunden zu merken.

Schreiben Sie die Zahlen in der präsentierten Reihenfolge auf.

Legen Sie jetzt Blatt und Stift bereit.

Konzentrieren Sie sich!

Los geht's!

## Ü1: Kurzzeitgedächtnis

---

258111417202326

# Ü1: Kurzzeitgedächtnis

---

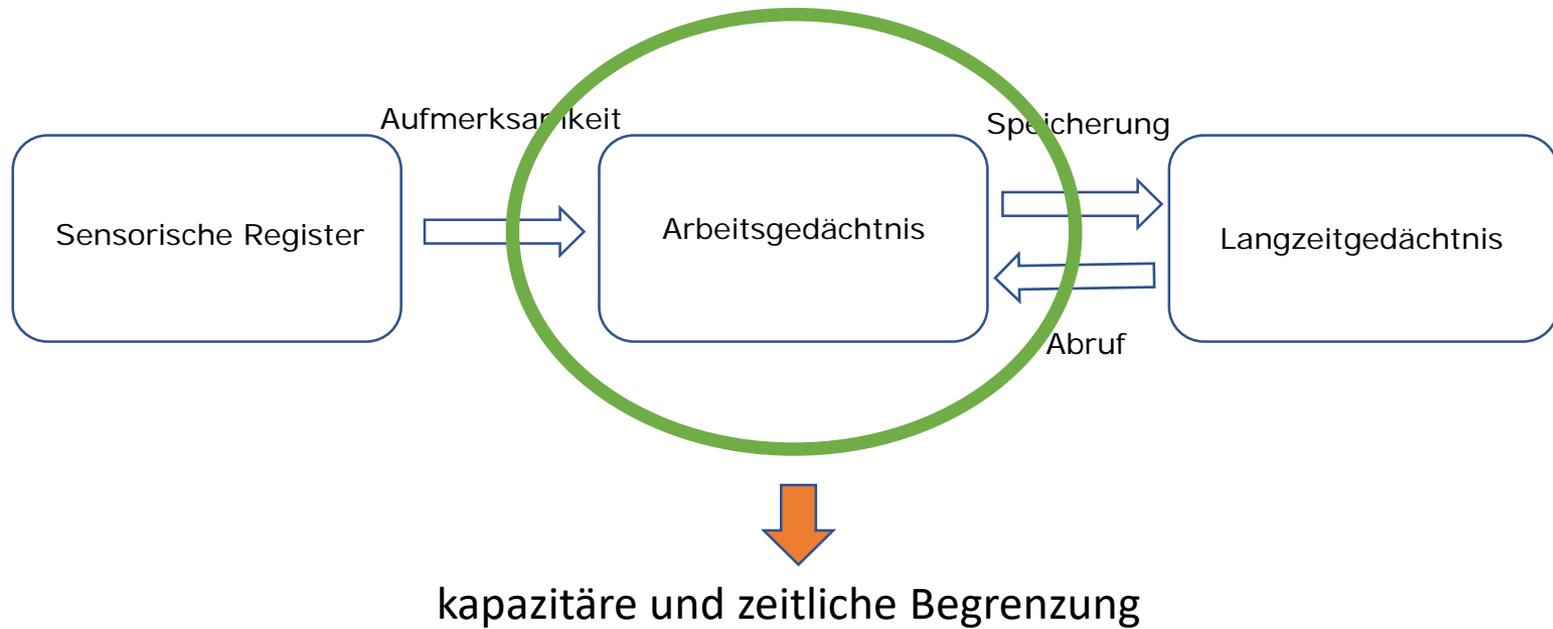
## Ü1: Kurzzeitgedächtnis

---

258111417202326

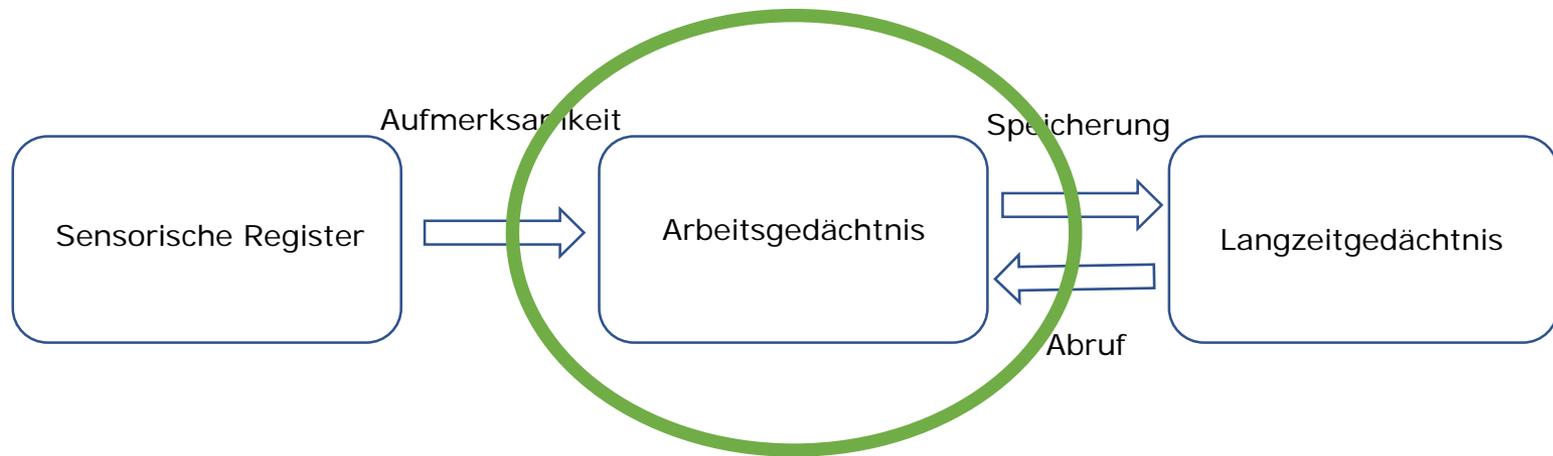
# Lernen

Atkinson & Shiffrin (1968)



# Lernen

Atkinson & Shiffrin (1968)

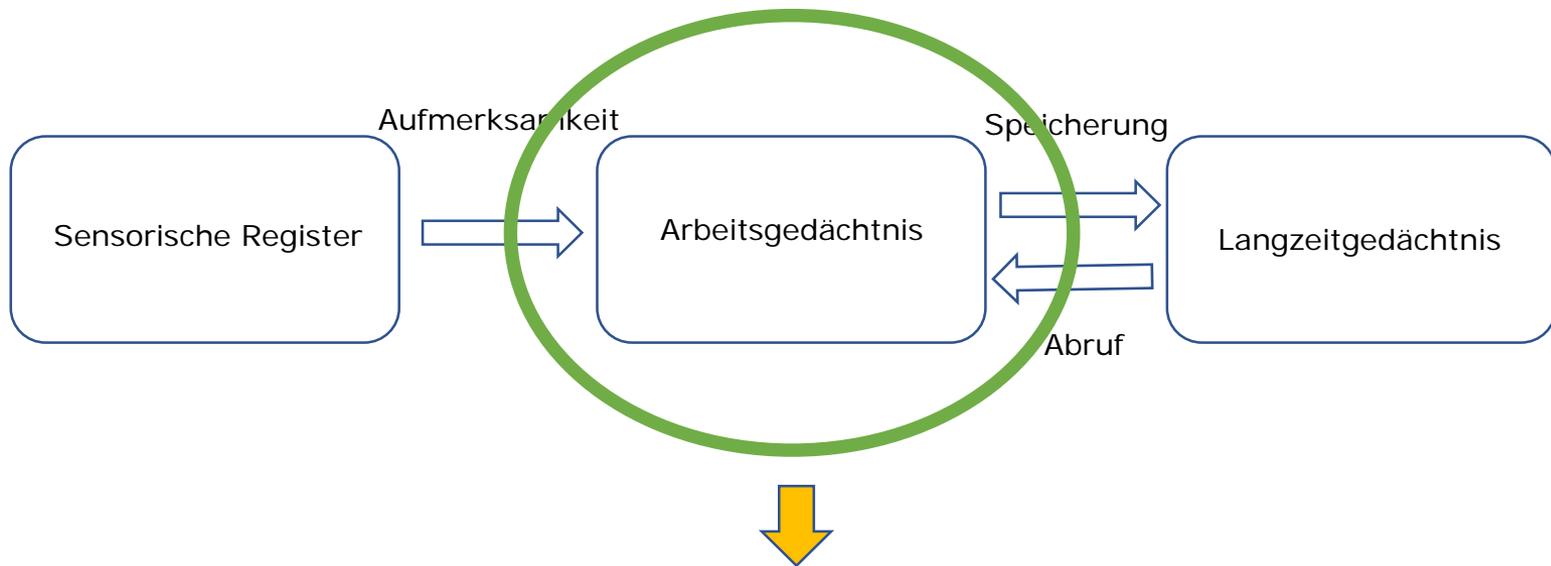


kapazitäre und zeitliche Begrenzung

Untersysteme im Arbeitsgedächtnis: verbal, numerisch

# Lernen

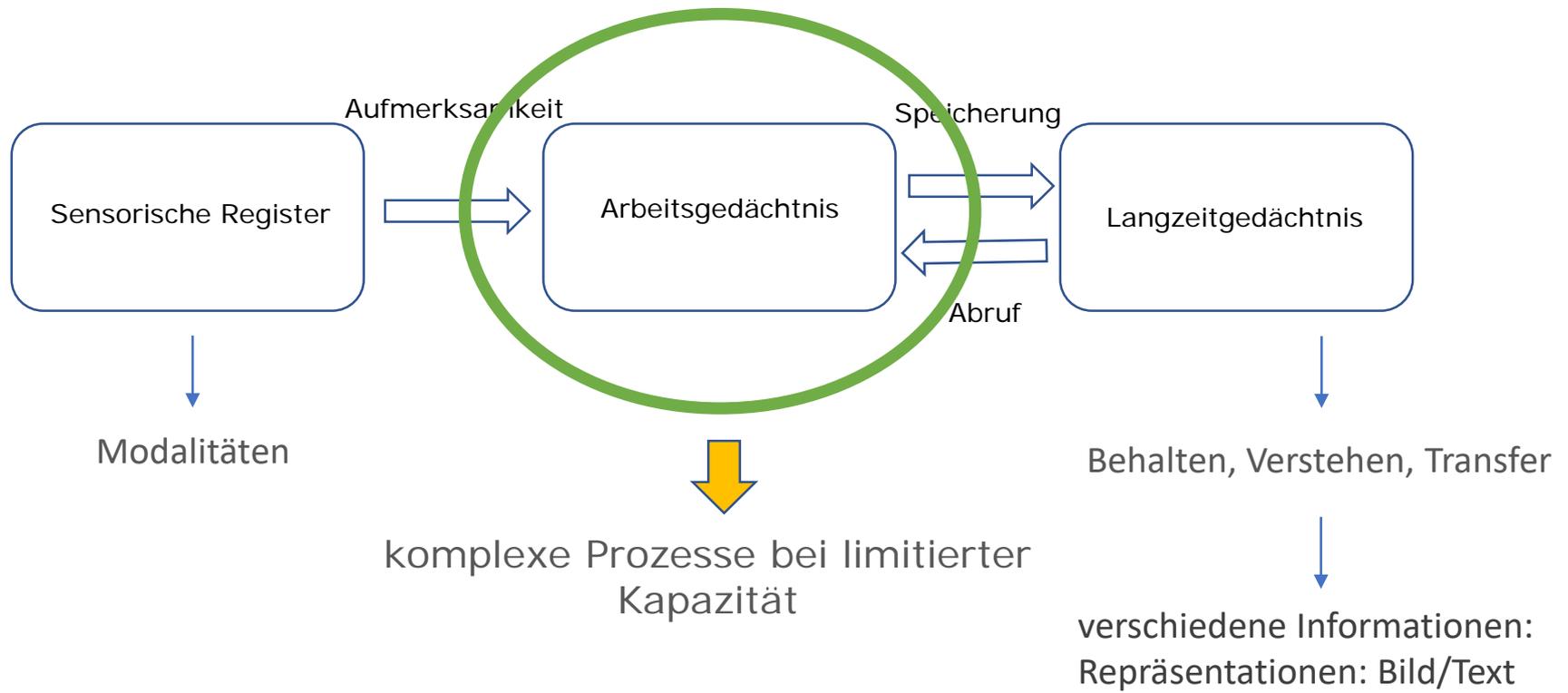
Atkinson & Shiffrin (1968)



Wie viele Fenster hat Ihre Wohnung?

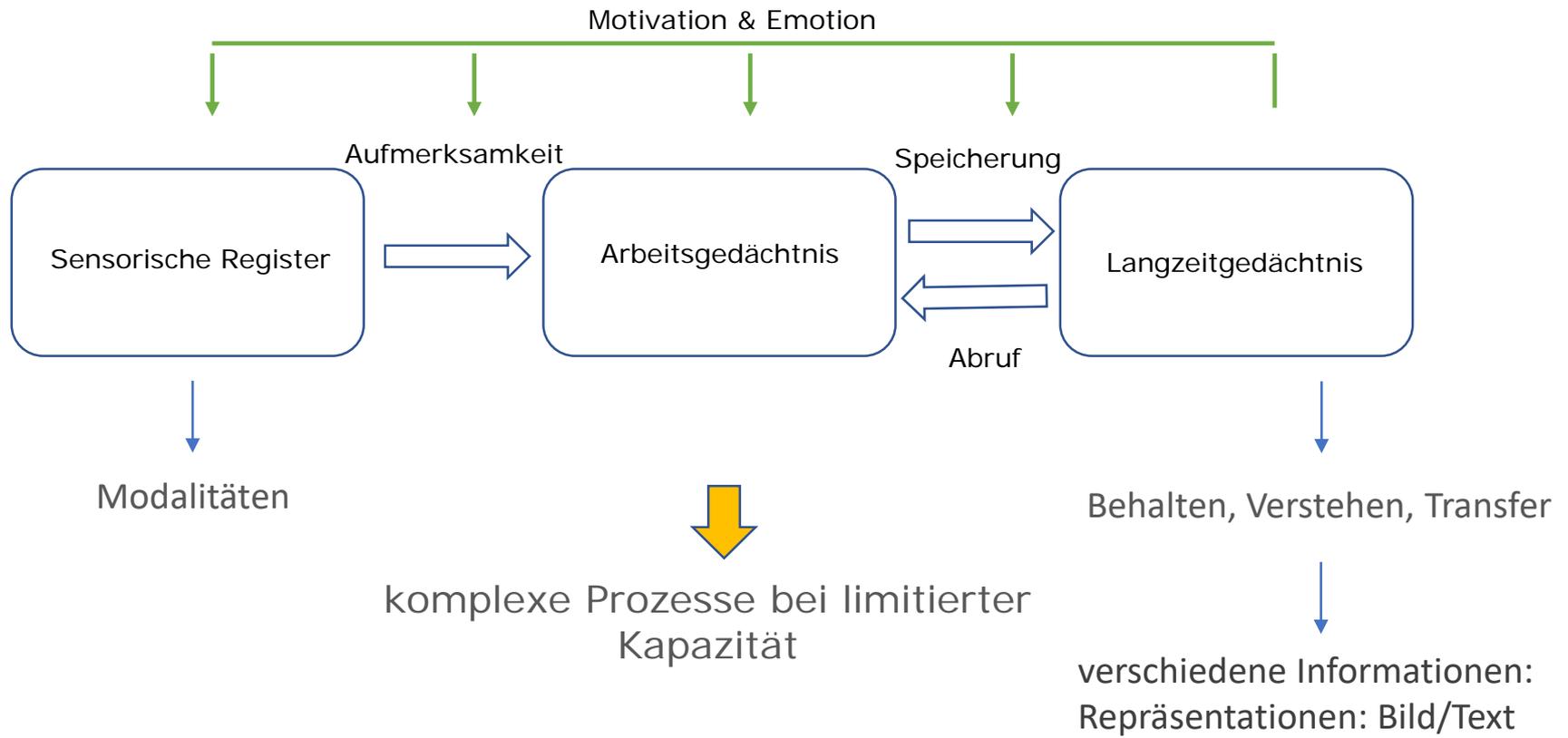
# Lernen

Atkinson & Shiffrin (1968)



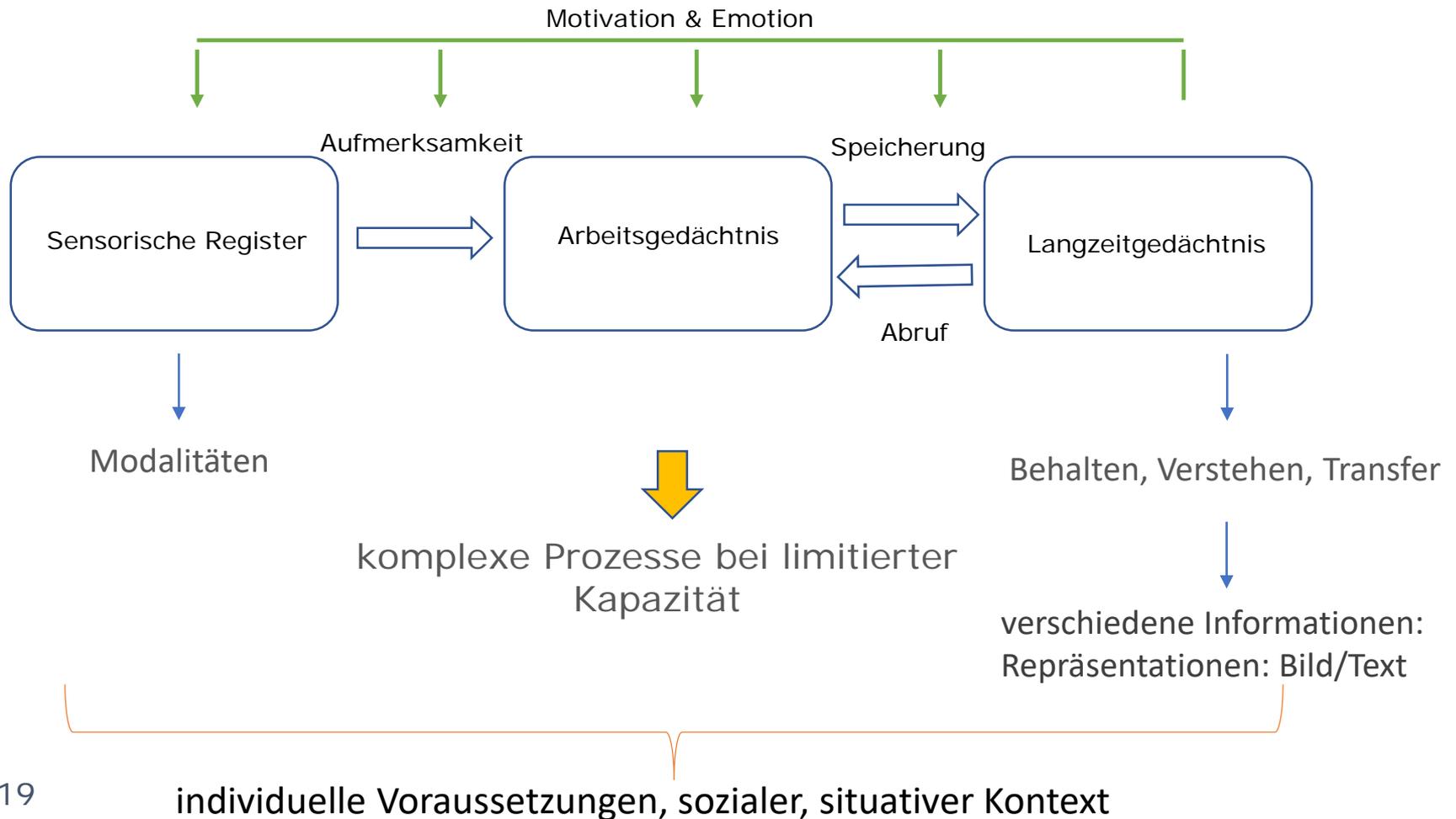
# Lernen

Atkinson & Shiffrin (1968)



# Lernen

Atkinson & Shiffrin (1968)

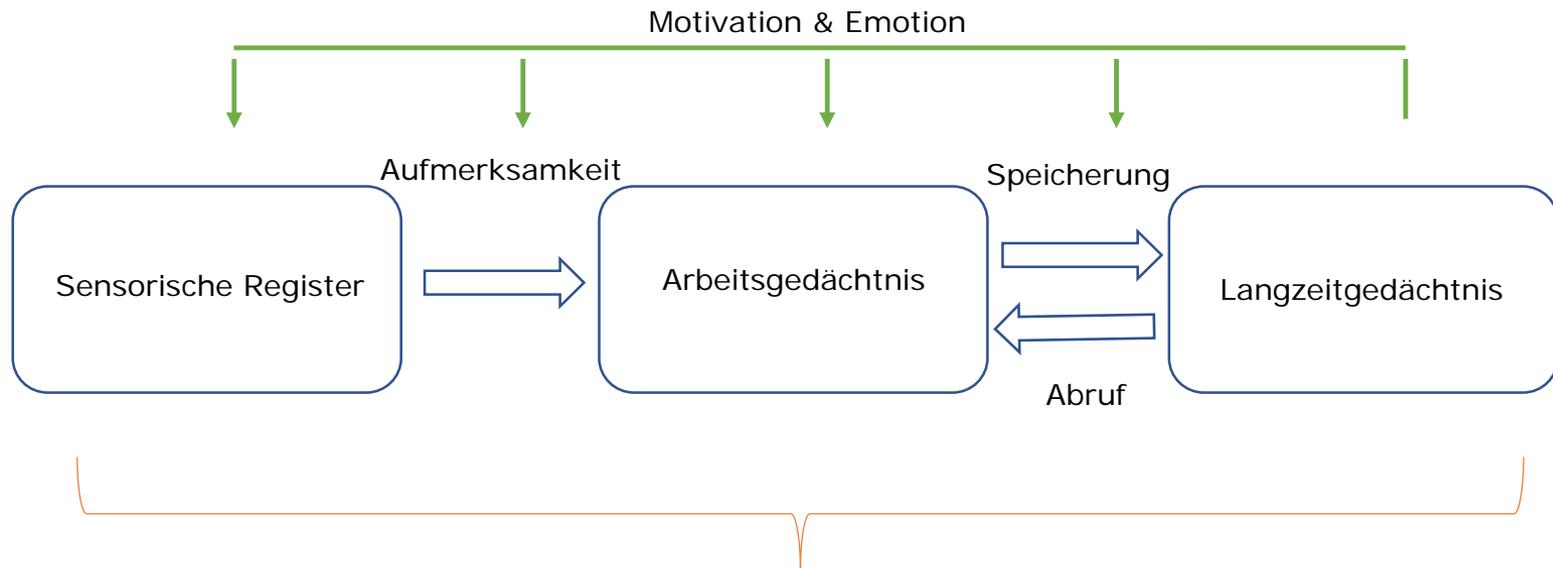


# Lernen

Shiffrin (1968)



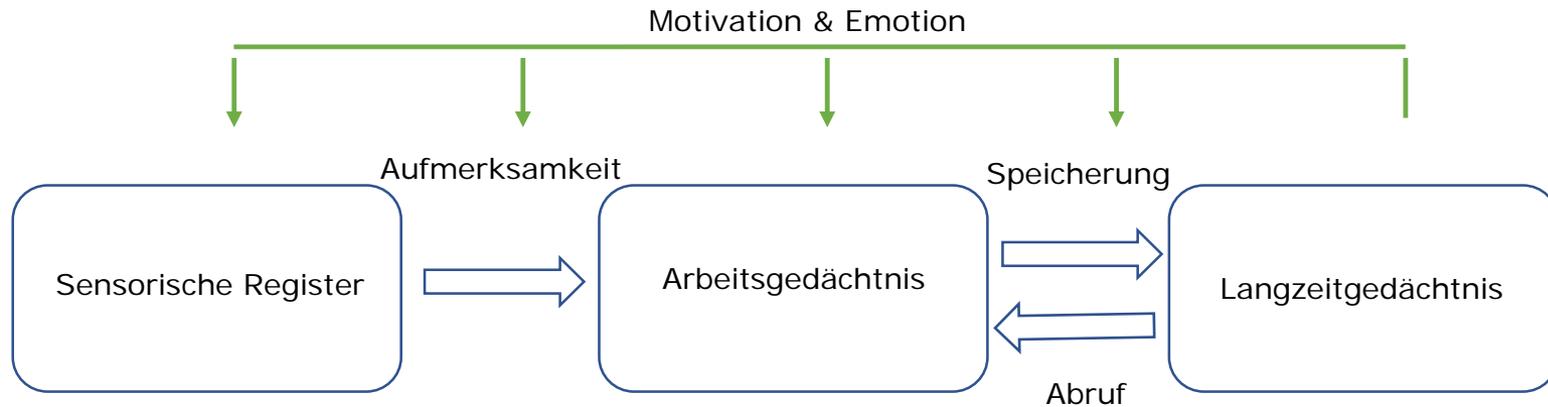
# Lernen



individuelle Voraussetzungen,

**situativer & sozialer Kontext**

# Lernen



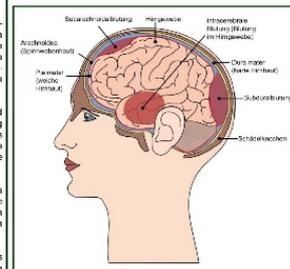
6 Verschiedene Ursachen und Orte von Hirnblutungen

Je nach ihrer Ursache weisen die Hirnblutungen ganz typische Lokalisationen auf. Epidurale Hämatome sind Einblutungen zwischen knöchernem Schädel und harter Hirnhaut. Eine „Frage“ tiefer – zwischen den harten Hirnhäuten – sind subdurale Hämatome lokalisiert. Noch näher an Deiner Hirnsubstanz befinden sich die Subarachnoidalblutungen. Intrazerebrale Blutungen schließlich entsprechen Einblutungen im Inneren des Gehirns selbst.

Die Blutungen über und unter Deiner Dura Mater (epidural- und subduralblutungen) werden häufig durch äußere Gewaltwirkung (Schädeltrauma) hervorgerufen. Diese kann bewirken, dass eines Deiner Hirnblutgefäße der Belastung nicht standhält und einreißt. Dann würde an der eingerissenen Stelle Blut in umliegendes Gehirngewebe einschleusen.

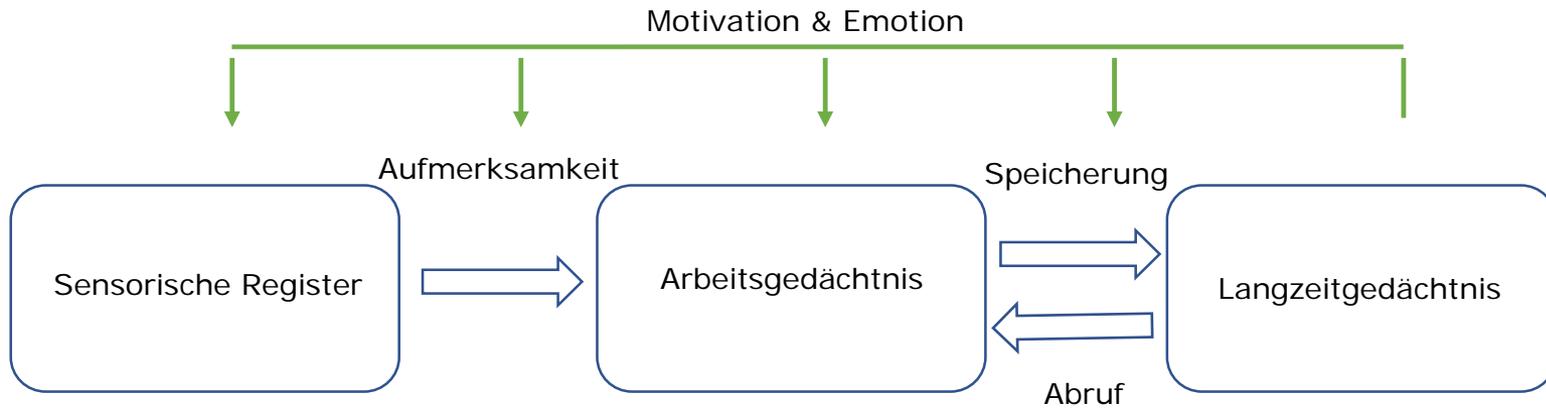
Ein weiterer Grund für das Auftreten von Hirnblutungen (vor allem unter der Arachnoidea) können Aneurysmen sein. Dies sind angeborene sackartige Gefäßmissbildungen/Gefäßausstülpungen, in denen sich Blut sammeln kann. Diese Blutblase kann zerplatzen und das Blut kann das umliegende Hirngewebe überfluten.

Blutungen im Gehirn, also innerhalb der Pia mater entstehen durch das Platzen eines Deiner Gefäße. Die meisten dieser Blutungen sind durch zu hohen Blutdruck bedingt. Durch permanent erhöhten Druck des Blutes auf eines Deiner Hirnblutgefäße, kann die zarte Innenwand des Hirnblutgefäßes (intra) viele kleine Verletzungen erleiden. Dadurch können sich hier Fett- und Kalkplättchen, sogenannte Plaques, bilden anlagern und festsetzen. Dies hat zur Folge, dass das normalerweise elastische Hirnblutgefäß spröde und hart wird (Arteriosklerose). Es kann deshalb leichter reißen oder aufplatzen und deshalb kann Blut in Dein Gehirn einschleusen.



image\_aoi

# Lernen



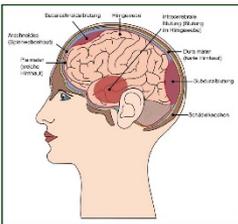
## 5. Verschiedene Ursachen und Orte von Hirnblutungen

Ist nach ihrer Ursache weisen die Hirnblutungen ganz typische Lokalisationen auf. Epidurale Hämatome sind Entblutungen zwischen knöchernem Schädel und harte Hirnhaut. Eine Zange (hier zwischen den harten Hirnhäuten) sind subdurale Hämatome lokalisiert. Noch näher an Dornen Hirnblutungen befinden sich die Subarachnoideblutungen. Intrazerebrale Blutungen sind schließlich entsetzliche Entblutungen im Inneren des Gehirns selbst.

Die Blutungen ober und unter Dornen (Epidural- und Subduralblutung) werden häufig durch äußere Gewaltbewirkung (Schädeltrauma) hervorgerufen. Diese kann bewirken, dass eine Dornen Hirnblutungen der Belastung nicht standhält und einreißt. Dann würde an der eingestrichenen Stelle Blut in umliegendes Gehirngewebe erschießen.

Ein weiterer Grund für das Auftreten von Hirnblutungen (vor allem unter der Arachnoide) können Anoxiemereits. Dies sind angeborene oder erworbene Stoffwechselstörungen, in denen sich Blut sammelt kann. Diese Blutblase kann zerplatzen und das Blut kann das umliegende Hirngewebe überfluten.

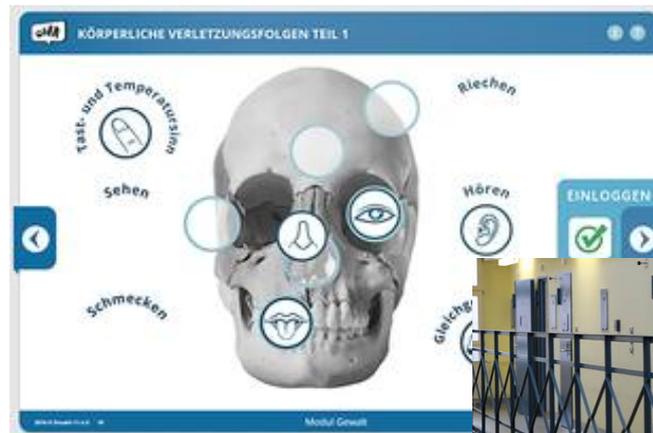
Blutungen im Gehirn, also innerhalb der harten Hirnhaut, entstehen durch die Platten eines Dornen-Gefäße. Die meisten dieser Blutungen sind durch zu hohen Blutdruck bedingt. Durch permanent erhöhten Druck des Blutes auf eines dieser Hirnblutgefäße kann die Platte innerhalb des Hirnblutgefäßes (intra) viele kleine Verletzungen erleiden. Dadurch können sich hier Fett- und Kalziumablagerungen, sogenannte Plaques, bilden anlagern und festsetzen. Dies hat zur Folge, dass das normalerweise elastische Hirnblutgefäß spröde und hart wird (Arteriosklerose). Es kann deshalb leichter reißen oder aufplatzen und deshalb kann Blut in das Gehirn erschießen.



Image\_aoi

text\_aoi

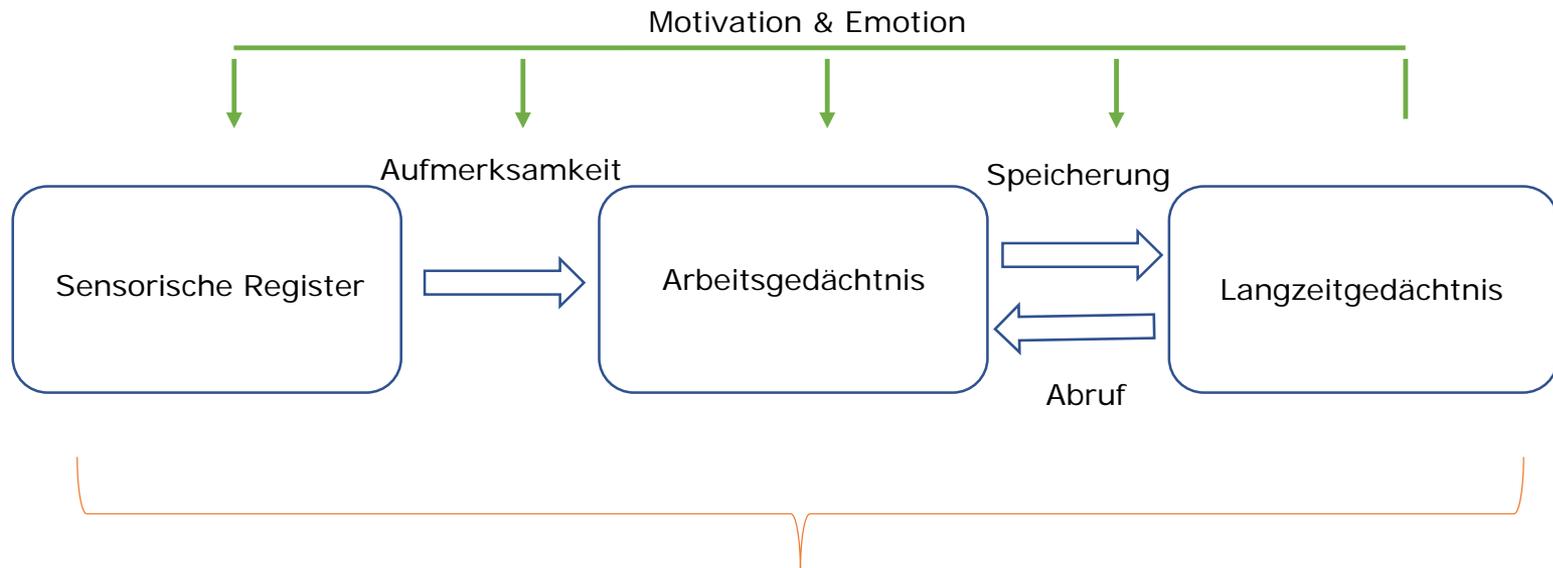
## HIRN & PERSONA



OHA



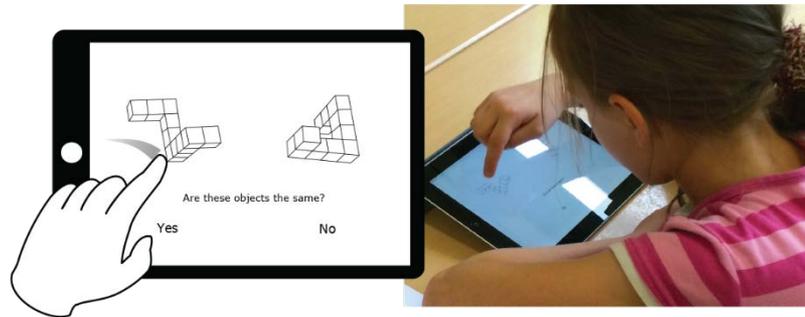
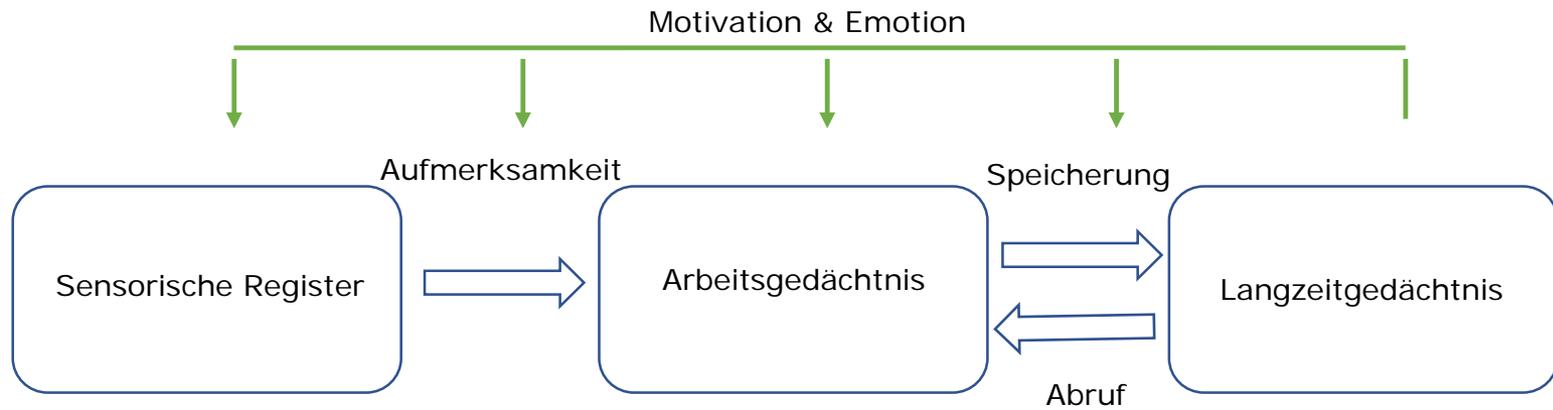
# Lernen



**individuelle  
Voraussetzungen**

situativer & sozialer Kontext

# Lernen



ROTATE IT!

# Fokus

---



# Fokus

---

- Räumliche Fähigkeiten in Grund- und Sekundarstufe
  - Mentale und physische Rotation basierend auf Touchgesten
  - Analyse von Strategien und Möglichkeiten adaptiver Trainings



# Theoretischer Hintergrund

---

1. Der Prozess der mentalen Rotation findet in verschiedenen Subprozessen statt

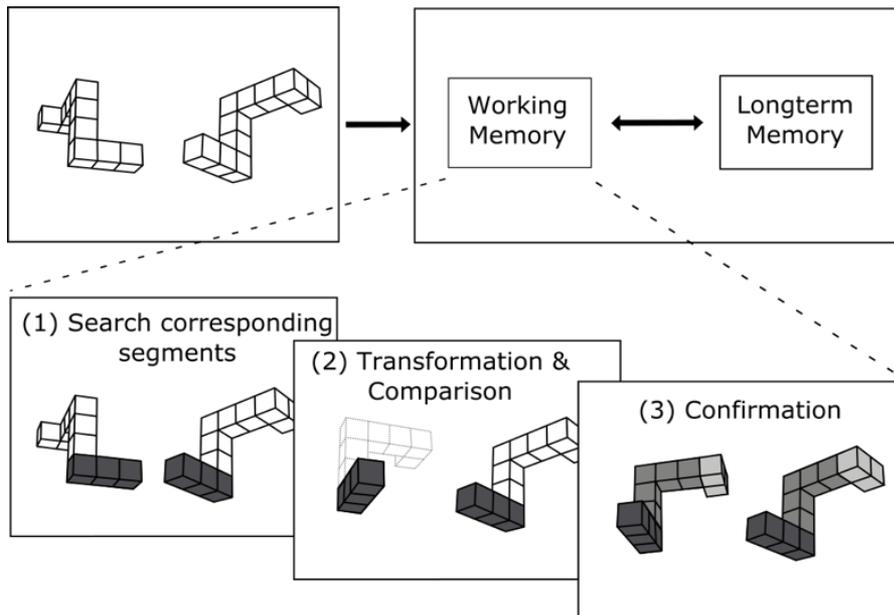
# Theoretischer Hintergrund

---

1. Der Prozess der mentalen Rotation findet in verschiedenen Subprozessen statt
2. Diese führen zu kognitiver Belastung in den entsprechenden Subsystemen des Arbeitsgedächtnisses

# Theoretischer Hintergrund

1. Der Prozess der mentalen Rotation findet in verschiedenen Subprozessen statt
2. Diese führen zu kognitiver Belastung in den entsprechenden Subsystemen des Arbeitsgedächtnisses



Funktionale Phasen mentaler  
Rotation nach Just & Carpenter, 1976

# Theoretischer Hintergrund

---

1. Der Prozess der mentalen Rotation findet in verschiedenen Subprozessen statt
  2. Diese führen zu kognitiver Belastung in den entsprechenden Subsystemen des Arbeitsgedächtnisses
- Der Lösungsprozess kann durch die Nutzung von Gesten unterstützt werden
- Besonders, wenn man diese selbst ausführt im Vergleich zu beobachteten Gesten (*Goldin-Meadow et al., 2012*)

# Theoretischer Hintergrund

---

1. Der Prozess der mentalen Rotation findet in verschiedenen Subprozessen statt
  2. Diese führen zu kognitiver Belastung in den entsprechenden Subsystemen des Arbeitsgedächtnisses
- Der Lösungsprozess kann durch die Nutzung von Gesten unterstützt werden
- Besonders, wenn man diese selbst ausführt im Vergleich zu beobachteten Gesten (*Goldin-Meadow et al., 2012*)
- Arbeitsgedächtnisbelastung während des Lösen von mentalen Rotationsaufgaben kann durch Offloading reduziert werden
- Interne Repräsentationen der räumlichen Transformationen werden auf externale Repräsentationen und entsprechende motorische Prozesse ausgelagert (*Ballard et al., 1997; Kirsh & Maglio, 1994*)

# Theoretischer Hintergrund

---

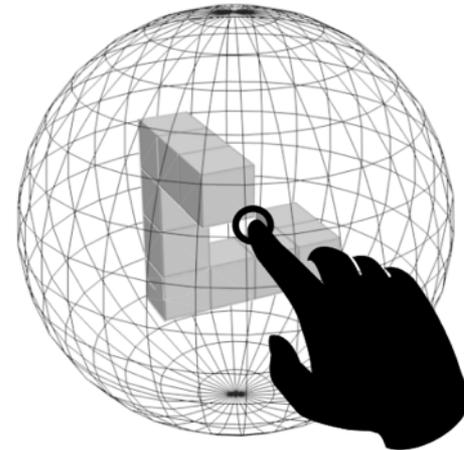
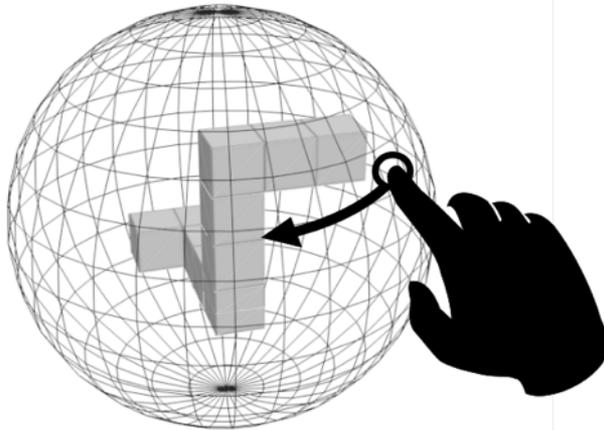
1. Der Prozess der mentalen Rotation findet in verschiedenen Subprozessen statt
  2. Diese führen zu kognitiver Belastung in den entsprechenden Subsystemen des Arbeitsgedächtnisses
- Der Lösungsprozess kann durch die Nutzung von Gesten unterstützt werden
- Besonders, wenn man diese selbst ausführt im Vergleich zu beobachteten Gesten (*Goldin-Meadow et al., 2012*)
- Arbeitsgedächtnisbelastung während des Lösen von mentalen Rotationsaufgaben kann durch Offloading reduziert werden



# Touch-basierte Interaktion

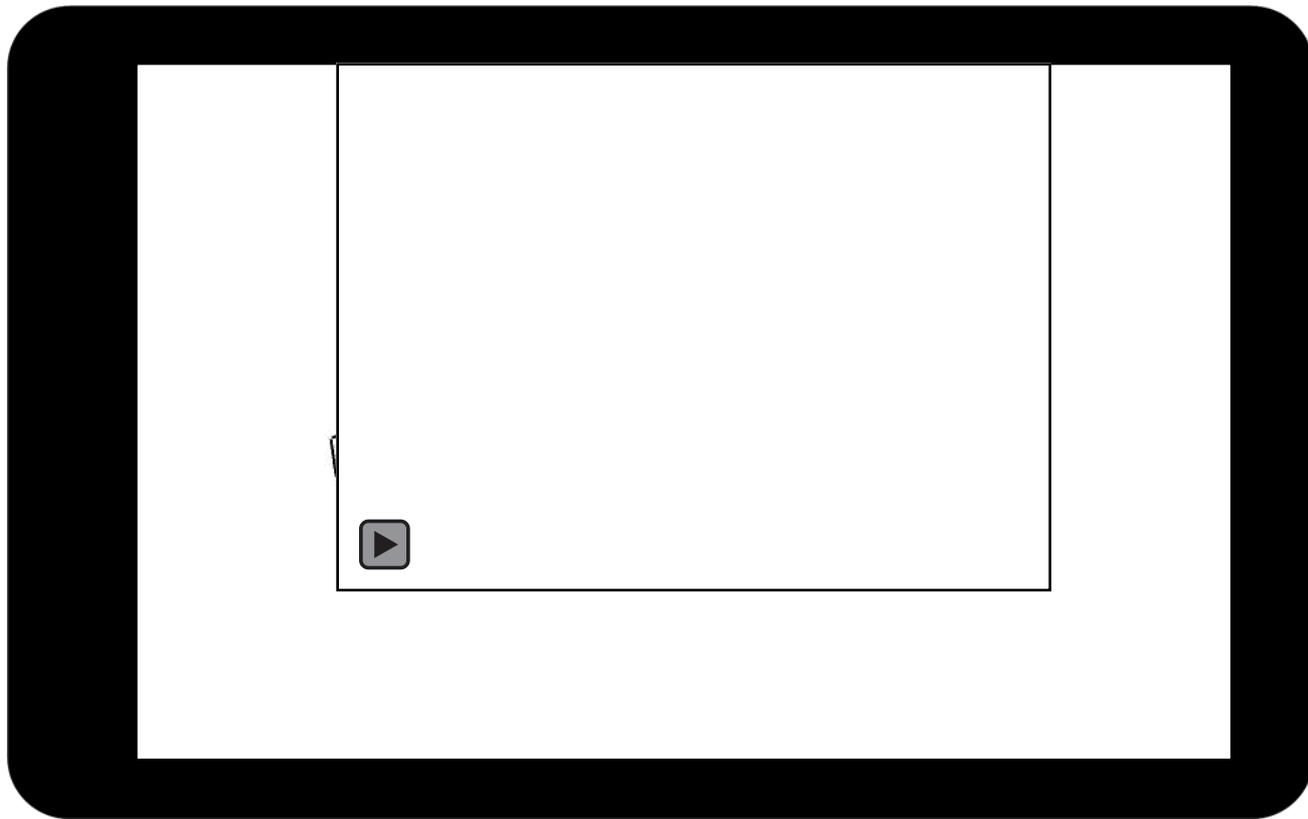
---

Arcball-Technik erlaubt 3D-Rotation mittels 2D-Eingabe



# iPad-App: *Rotate it!*

---



# Forschungsfragen 1: Haupteffekte

---

- A) Ist die Nutzung von touch-basierter Interaktion beim Lösen räumlicher Aufgaben (physische Rotation) vorteilhaft im Bezug auf
- Erfolgsrate,
  - mentale Anstrengung und
  - Motivation?

# Forschungsfragen 1: Haupteffekte

---

A) Ist die Nutzung von touch-basierter Interaktion beim Lösen räumlicher Aufgaben (physische Rotation) vorteilhaft im Bezug auf

- Erfolgsrate,
- mentale Anstrengung und
- Motivation?

## Hypothesen:

- |    |                                 |   |
|----|---------------------------------|---|
| 1) | <b>Erfolgsrate:</b>             | touch-based/physisch > non-touch/mental |
| 2) | <b>Mentale Belastung:</b>       | touch-based/physisch < non-touch/mental |
| 3) | <b>Intrinsische Motivation:</b> | touch-based/physisch > non-touch/mental |

# Forschungsfragen 1: Haupteffekte

---

A) Ist die Nutzung von touch-basierter Interaktion beim Lösen räumlicher Aufgaben (physische Rotation) vorteilhaft im Bezug auf

- Erfolgsrate,
- mentale Anstrengung und
- Motivation?

## Hypothesen:

- |    |                                 |   |
|----|---------------------------------|---|
| 1) | <b>Erfolgsrate:</b>             | touch-based/physisch > non-touch/mental |
| 2) | <b>Mentale Belastung:</b>       | touch-based/physisch < non-touch/mental |
| 3) | <b>Intrinsische Motivation:</b> | touch-based/physisch > non-touch/mental |



# Studie mit 7. Klassen/13-Jährigen

## Design: mixed between-within



1. Block



2. Block

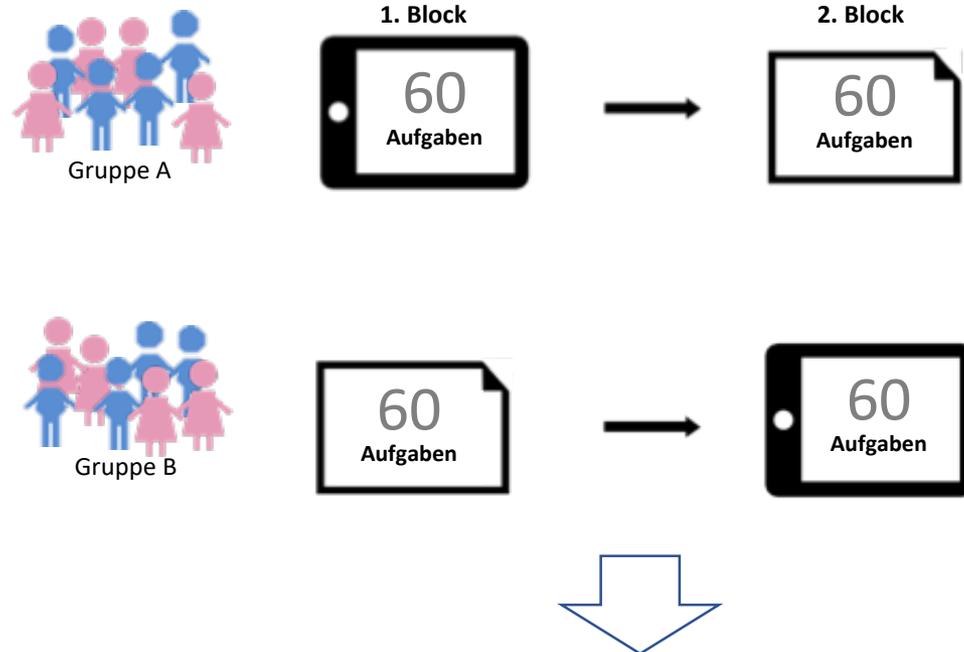


60  
Aufgaben



# Studie mit 7. Klassen/13-Jährigen

## Design: mixed between-within



### Abhängige Variablen

- Erfolgsrate
- Mentale Anstrengung (Eilers et al., 1986)
- Motivation (Isen & Reeve, 2006)
- Frustration (NASA TLX)
- Rotationsdaten

# Haupteffekte: Drehen oder nicht?

---

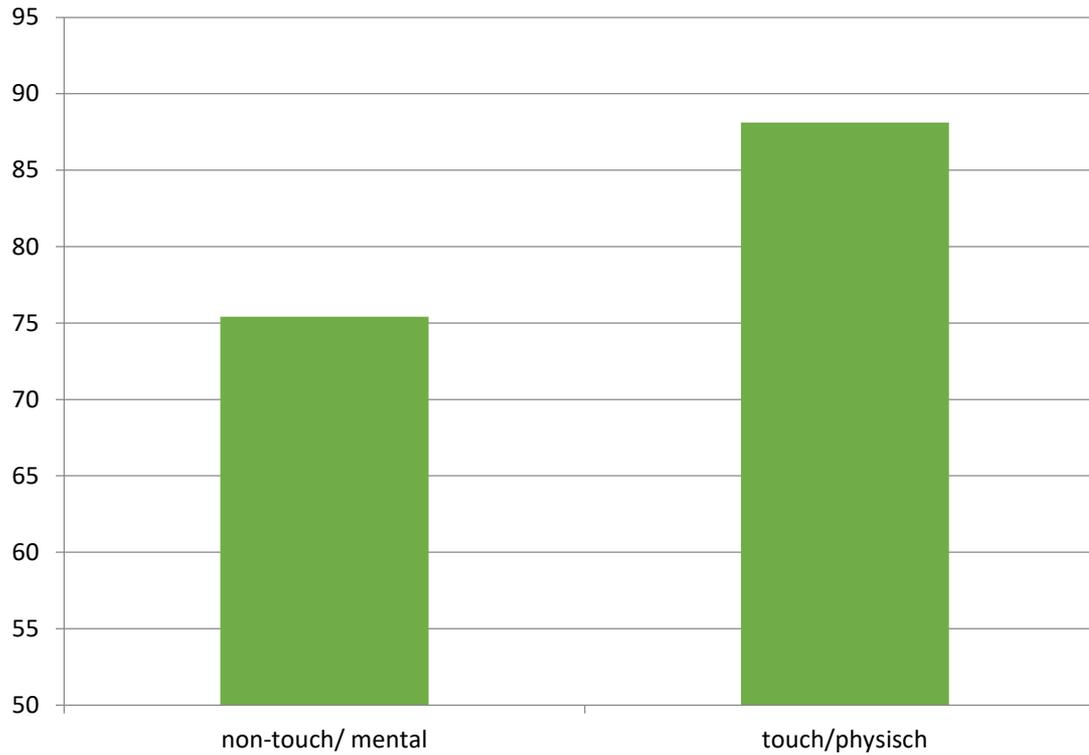
# Erfolgsrate



1. Block



2. Block



**Haupteffekt**

Interaktionsgrad:  $F(1, 44) = 81.567, p < .001, \eta_p^2 = 0.650$

# Forschungsfragen 2: Geschlecht

---

## **Geschlechterunterschiede im Bezug auf räumliches Vorstellungsvermögen:**

- Geschlechterunterschiede im Bereich räumliches Vorstellungsvermögen vielfach belegt
- Geschlechterunterschiede mit höchsten Effektstärken: Rotation von 3D-Würfelobjekten (Linn & Petersen, 1985; Voyer, Voyer & Bryden, 1995)
- Soziobiologisch, hormonell, soziokulturell (Lovejoy, 1981; Lynn, 1984; Hooven et al., 2004; Zezi et al., 2009)

## **Damit verbunden: Unterschiede im Bereich Motivation/Emotion:**

- Räumliche Aufgaben: Spatial/Wayfinding Anxiety (Lawton & Kallai, 2002, Schmitz, 1999)
- Naturwissenschaften/Mathematik (Erwartungen/Wert/Negativer Affekt/Ängstlichkeit) (Hyde et al., 1990 Baloğlu & Koçak, 2006, Else-Quest et al., 2010, Jain & Dowson, 2009, Kyttälä & Björn, 2010, Ma & Cartwright, 2010 )
- höhere Ängstlichkeit, Hoffnungslosigkeit, Scham bei gleichen Leistungen (Frenzel et al. 2007)
- Tendenz: Mädchen attribuieren Erfolg seltener auf Fähigkeiten, empfinden weniger Stolz bei Erfolg (Stipek and Gralinsky , 1991, Meece, Bower & Burg, 2006)
- Geringere Kompetenzüberzeugungen/gleiche Wertüberzeugungen (Eccles et al. 1993, Frenzel et al. 2007)

# Studie mit 7. Klassen/12-13 Jährige

## Design: mixed between-within



1. Block



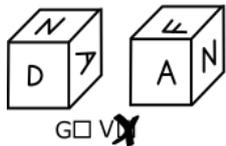
2. Block



# Studie mit 7. Klassen/13-Jährigen

Räumliches  
Vorstellungsvermögen:

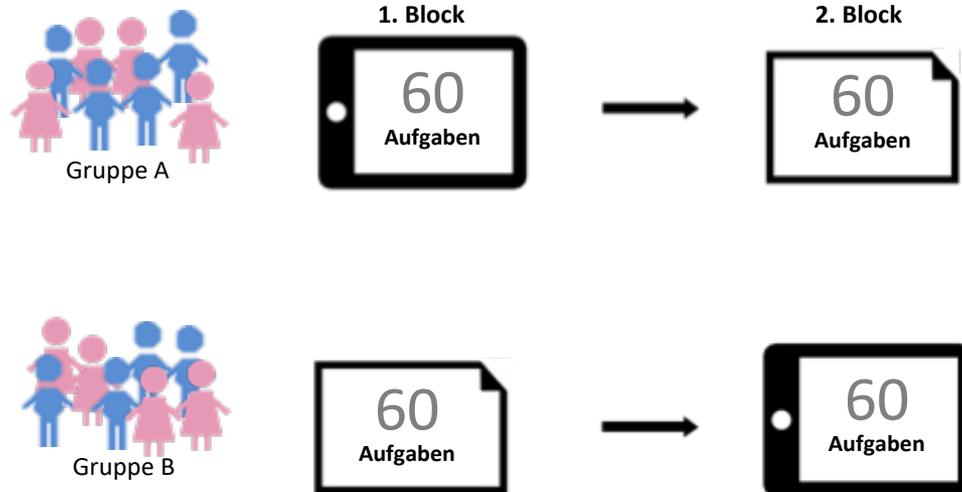
Cube-Comparison-Test



Aktuelle Motivation  
(FAM):

Interesse  
Herausforderung  
Erfolgswahrscheinlichkeit  
Misserfolgsängstlichkeit

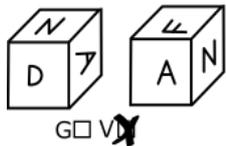
## Design: mixed between-within



# Studie mit 7. Klassen/13-Jährigen

Räumliches  
Vorstellungsvermögen:

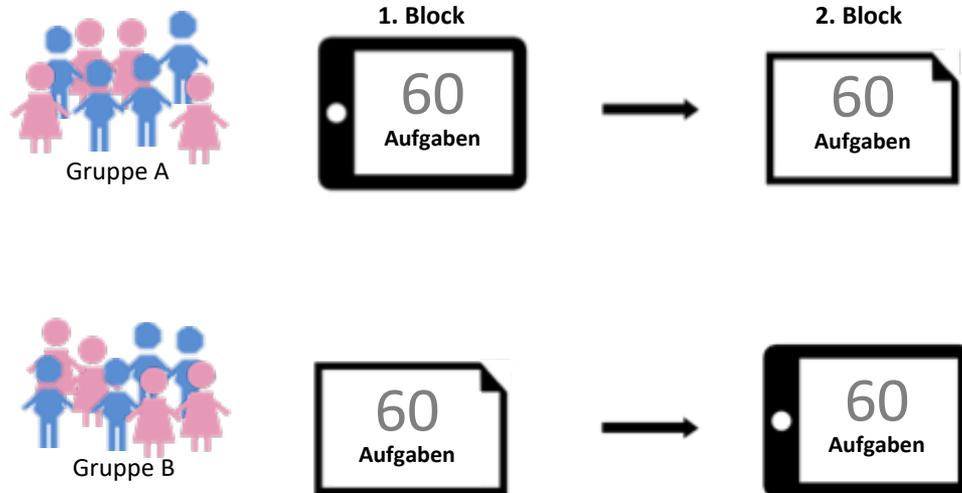
Cube-Comparison-Test



Aktuelle Motivation  
(FAM):

Interesse  
Herausforderung  
Erfolgswahrscheinlichkeit  
Misserfolgsängstlichkeit

## Design: mixed between-within



### Abhängige Variablen

- Erfolgsrate
- Mentale Anstrengung (Eilers et al., 1986)
- Motivation (Isen & Reeve, 2006)
- Frustration (NASA TLX)
- Rotationsdaten

→ Analyse mittels MANOVA und Follow-up-Tests

# Ergebnisse

## Kontrollvariablen/Unabhängige Variablen

	N = 22 	N = 24 	
Cube-Comparison-Test	M = 12.73	M = 5.25	T(40) = -2.024, p = .050, d = 0.31
Interesse			
Herausforderung			
Misserfolgsängstlichkeit			
Erfolgswahrscheinlichkeit			

# Ergebnisse

## Kontrollvariablen/Unabhängige Variablen

	<b>N = 22</b> 	<b>N = 24</b> 	
Cube-Comparison-Test	M = 12.73	M = 5.25	T(40) = -2.024, p = .050, d = 0.31
Interesse	M = 4.05	M = 3.53	T (44) = -1.138, p = .261, d = 0.17
Herausforderung	M = 4.89	M = 4.78	T (35) = -0.349, p = .729, d = 0.06
Misserfolgsängstlichkeit			
Erfolgswahrscheinlichkeit			

# Ergebnisse

## Kontrollvariablen/Unabhängige Variablen

	N = 22 	N = 24 	
Cube-Comparison-Test	M = 12.73	M = 5.25	T(40) = -2.024, <b>p = .050</b> , d = 0.31
Interesse	M = 4.05	M = 3.53	T (44) = -1.138, p = .261, d = 0.17
Herausforderung	M = 4.89	M = 4.78	T (35) = -0.349, p = .729, d = 0.06
Misserfolgsängstlichkeit	M = 2.83	M = 3.63	T (44) = 1.991, <b>p = .053</b> , d = 0.287
Erfolgswahrscheinlichkeit	M = 4.55	M = 3.64	T (44) = -2.293, <b>p = .027*</b> , d = 0.327

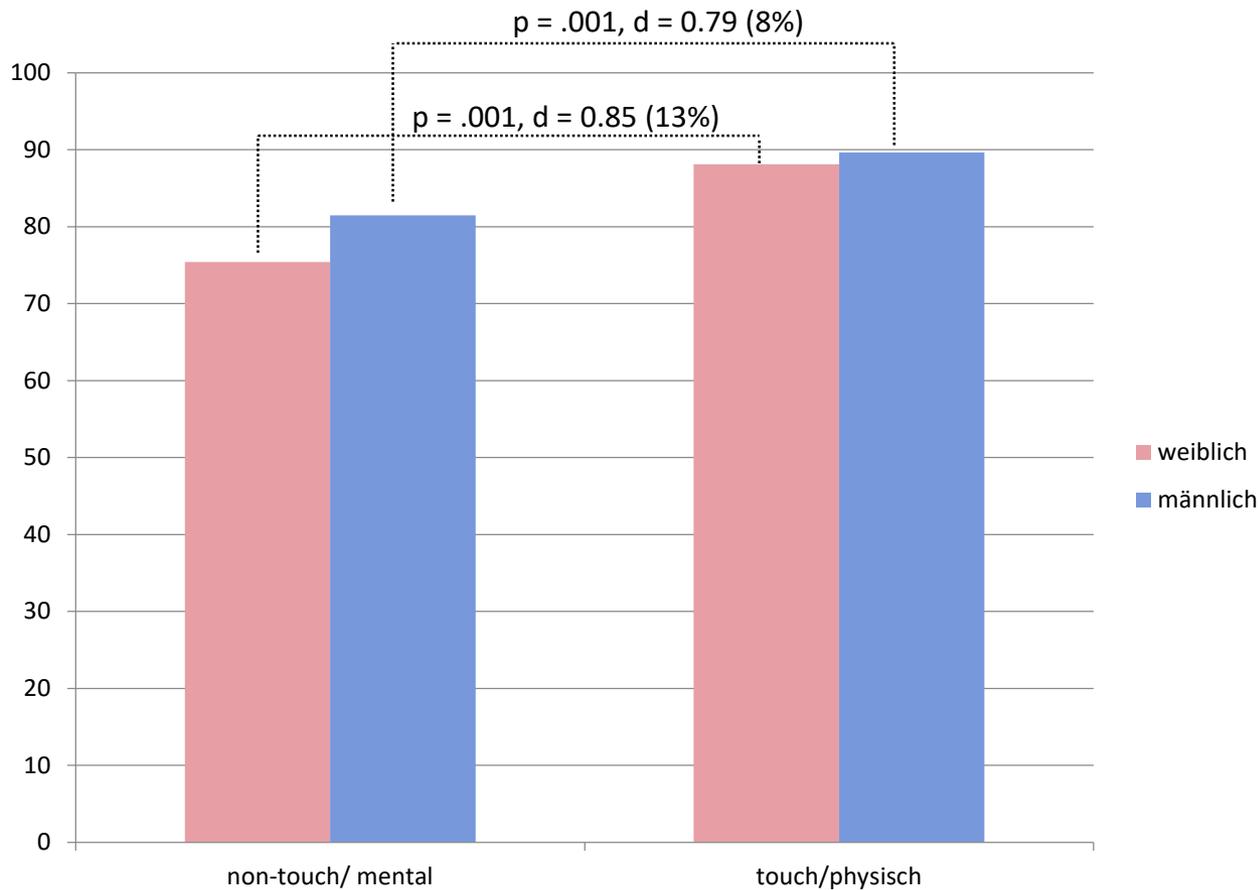
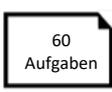
# Erfolgsrate



1. Block



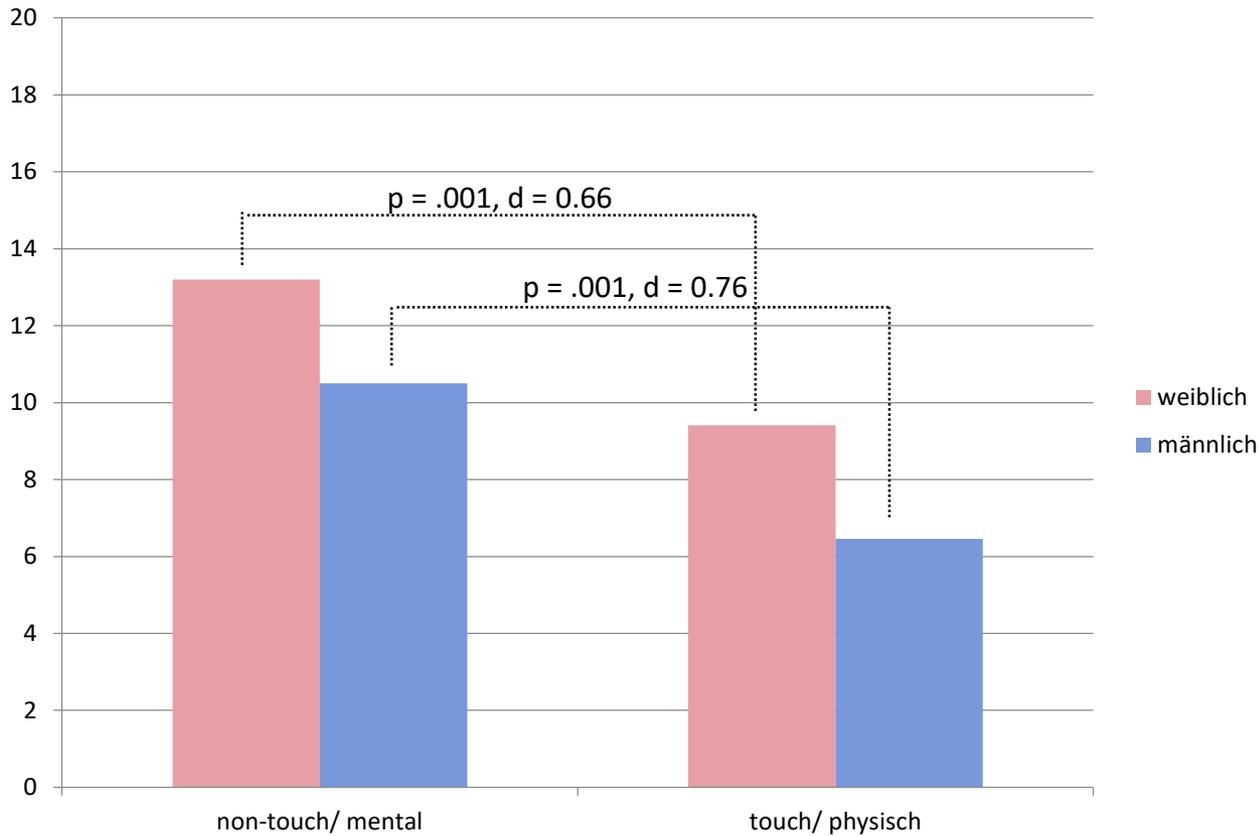
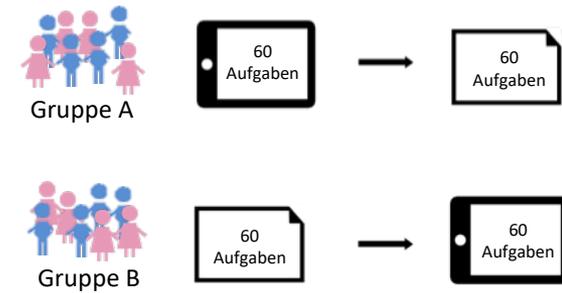
2. Block



**Haupteffekt** Interaktionsgrad:  $F(1, 44) = 81.567, p < .001, \eta_p^2 = 0.650$

**Interaktionseffekt:**  $F(1, 44) = 3.892, p = .055, \eta_p^2 = 0.081$

# Mentale Belastung

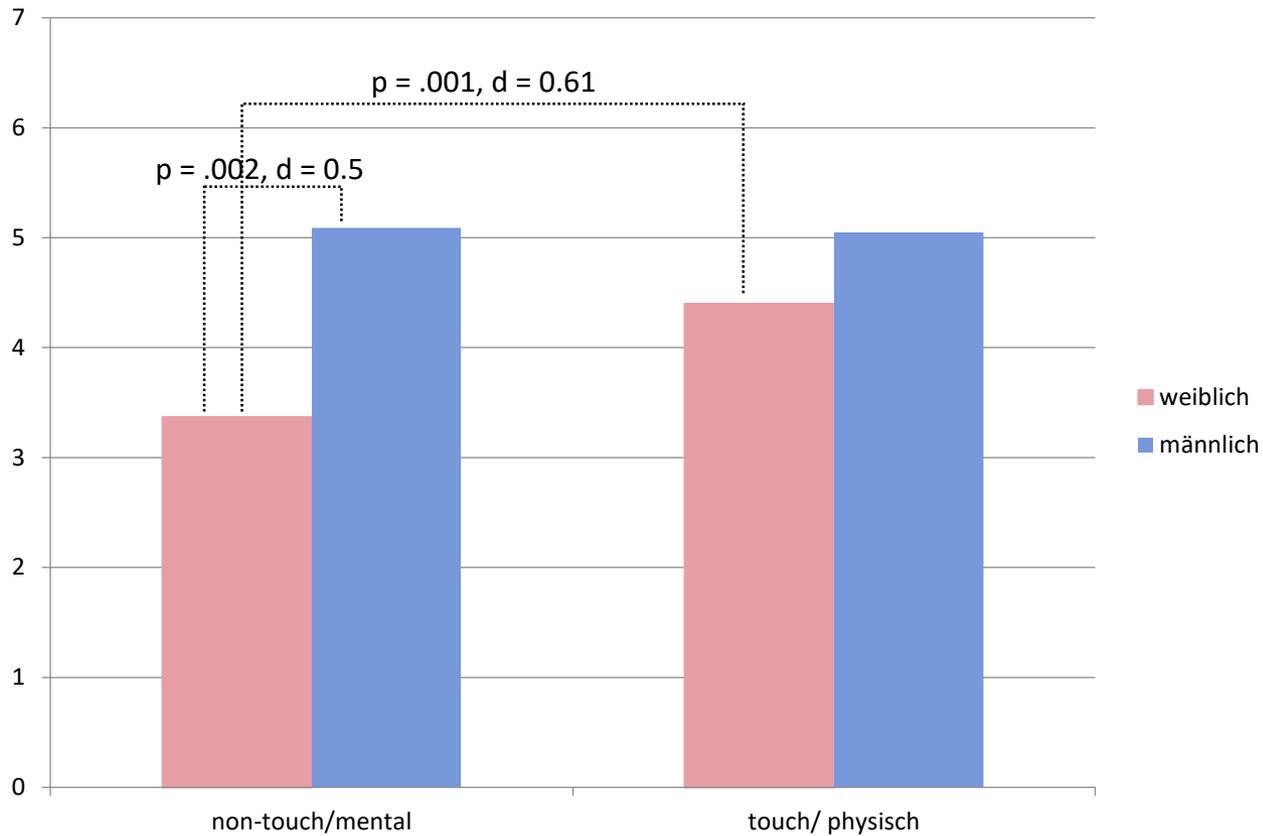
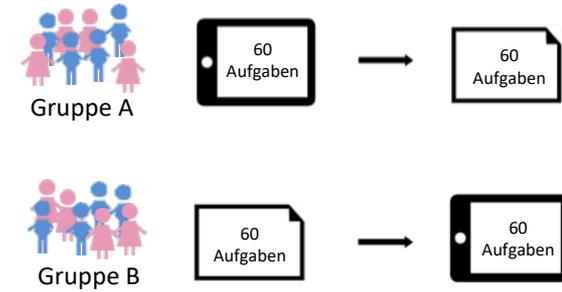


## Haupteffekt

Interaktionsgrad:  $F(1, 44) = 43.741, p < .001, \eta_p^2 = 0.499$

Geschlecht:  $F(1, 44) = 4.580, p = 0.038, \eta_p^2 = 0.094$

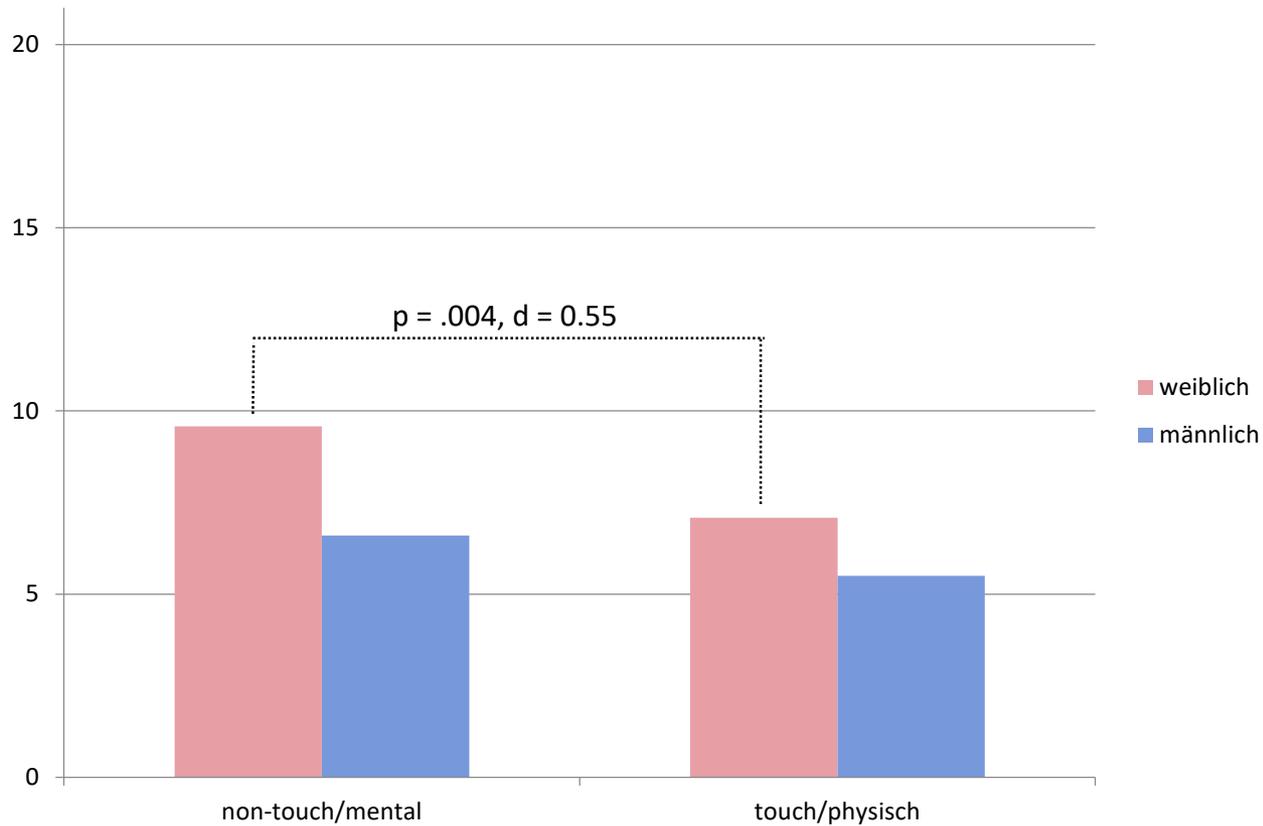
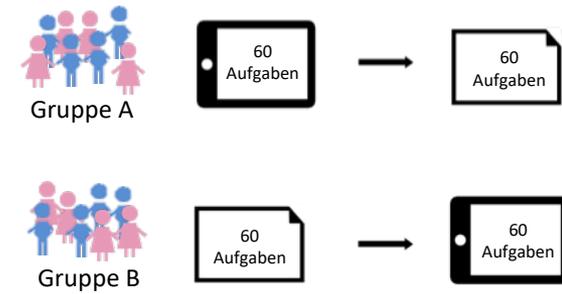
# Motivation



**Haupteffekt:** Interaktionsgrad:  $F(1, 44) = 6.662, p = .013, \eta_p^2 = 0.132$       Geschlecht:  $F(1, 44) = 6.986, p = 0.011, \eta_p^2 = 0.137$

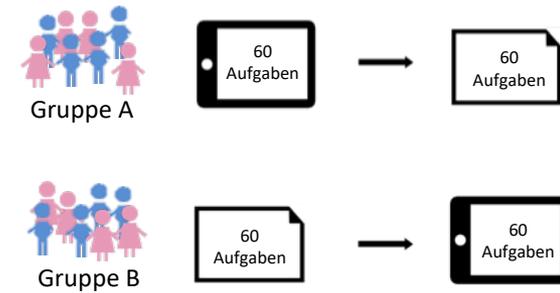
**Interaktionseffekt:**  $F(1,44) = 7.720, p = .008, \eta_p^2 = 0.149$

# Frustration



**Haupteffekt:** Interaktionsgrad:  $F(1, 44) = 9.670, p = .003, \eta_p^2 = 0.180$

# Rotationsverhalten

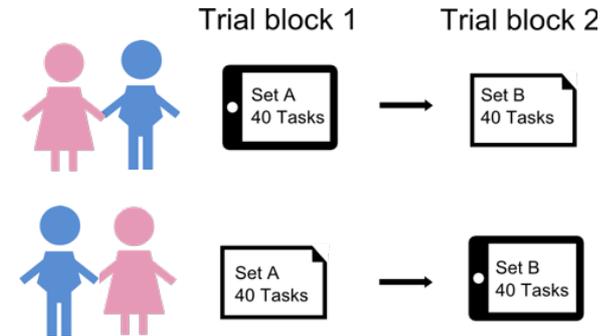


			
Netto-Rotationszeit (s)	Md = 3.39	Md = 2.90	U = -4.597, p < .001*, r = 0.088
Drehweg (°)	Md = 202.501	Md = 163.78	U = -5.960, p < .001*, r = 0.113
Anzahl der Drags	Md = 5	Md = 3	U = -7.520, p < .001*, r = 0.143
Zeit bis Drehbeginn (s)	Md = 1.60	Md = 1.57	U = -1.162, p = .245, r = 0.022
Finale Winkeldifferenz (°)	Md = 32.96	Md = 32.08	U = -0.463, p = .643, r = 0.012
Rotationseffizienz <sup>1</sup>	Md = 1.37	Md = 1.14	U = -3.547, p < .001*, r = 0.099

<sup>1</sup> Rotationseffizienz = Drehweg / anfängliche Winkeldifferenz

# Diskussion

---



**Kontrollvariablen/ UVs :**

in Übereinstimmung mit empirischen Ergebnissen  
RV und Motivation

**Touch-basierte physische Interaktion:**

vorteilhaft im Bezug auf Erfolgsrate, Motivation,  
Frustration, Mentale Anstrengung

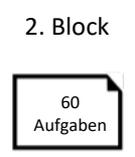
**Eine Sache des Geschlechts?:**

Mädchen scheinen besonders von der rotierbaren Version  
zu profitieren:

Motivation, Frustration & Erfolgsrate

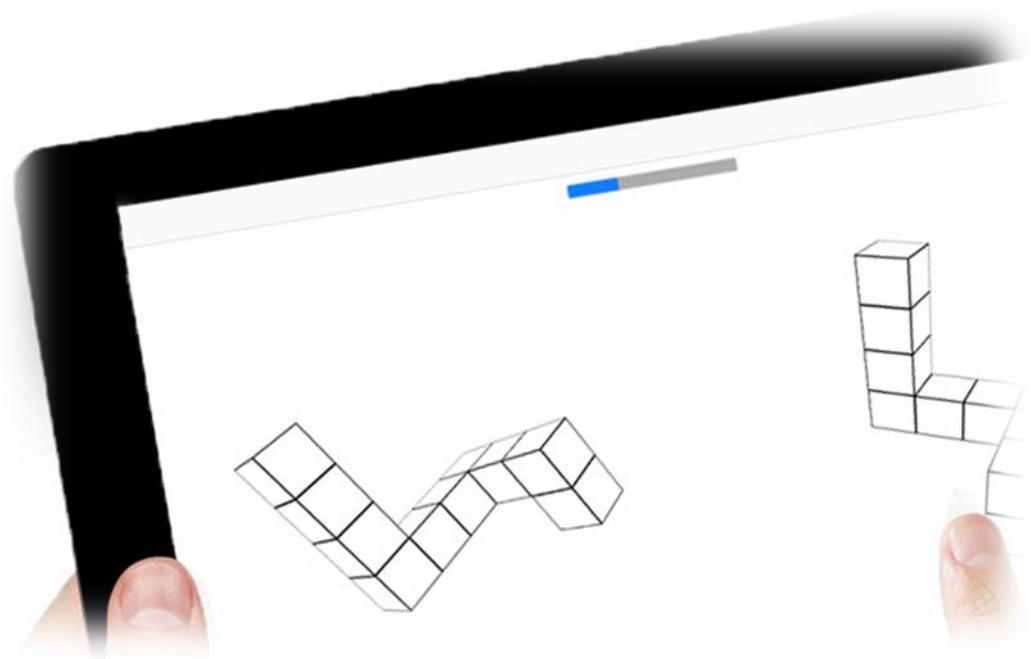
Compensate & Enhance: Erfolg & mentale Anstrengung –  
hybrid

Rotationsdaten: Lösungswege



# Die Powerbar – Für wen, wann, wie?

---



# Lernen

Shiffrin (1968)



# Gestaltungsprinzipien für AR-VR?

- **Realitätsnähe**
- **Informationen nah beieinander**
- **Unsichtbares-sichtbar machen**
- **Motivierende Szenarien**
- **Prozessdaten**

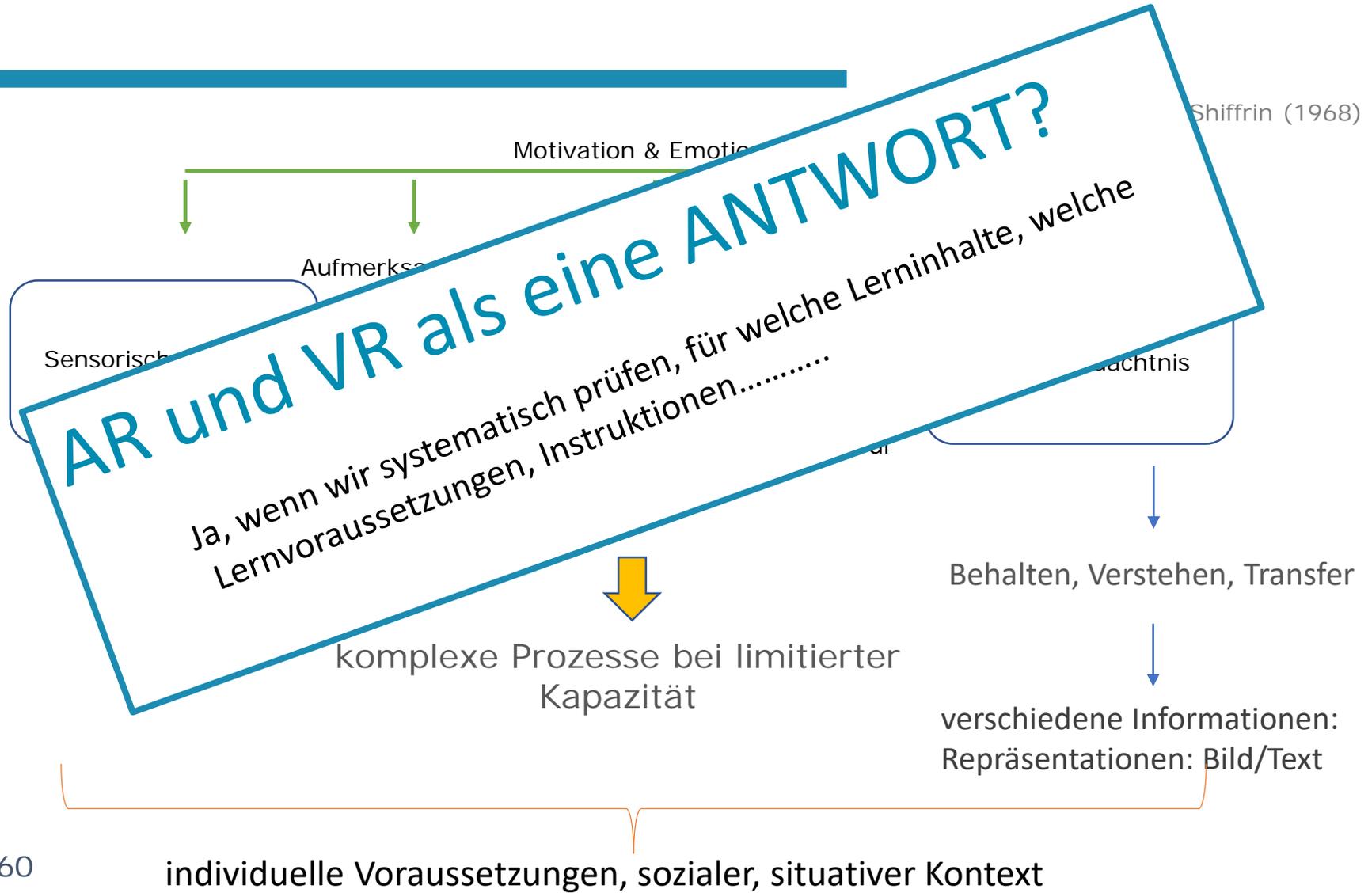


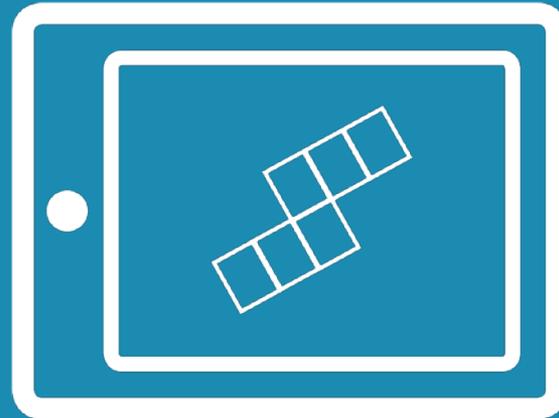
*Augmented Civil Engineereality*  
*(AuCity)*



# Lernen

Shiffrin (1968)





Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!