



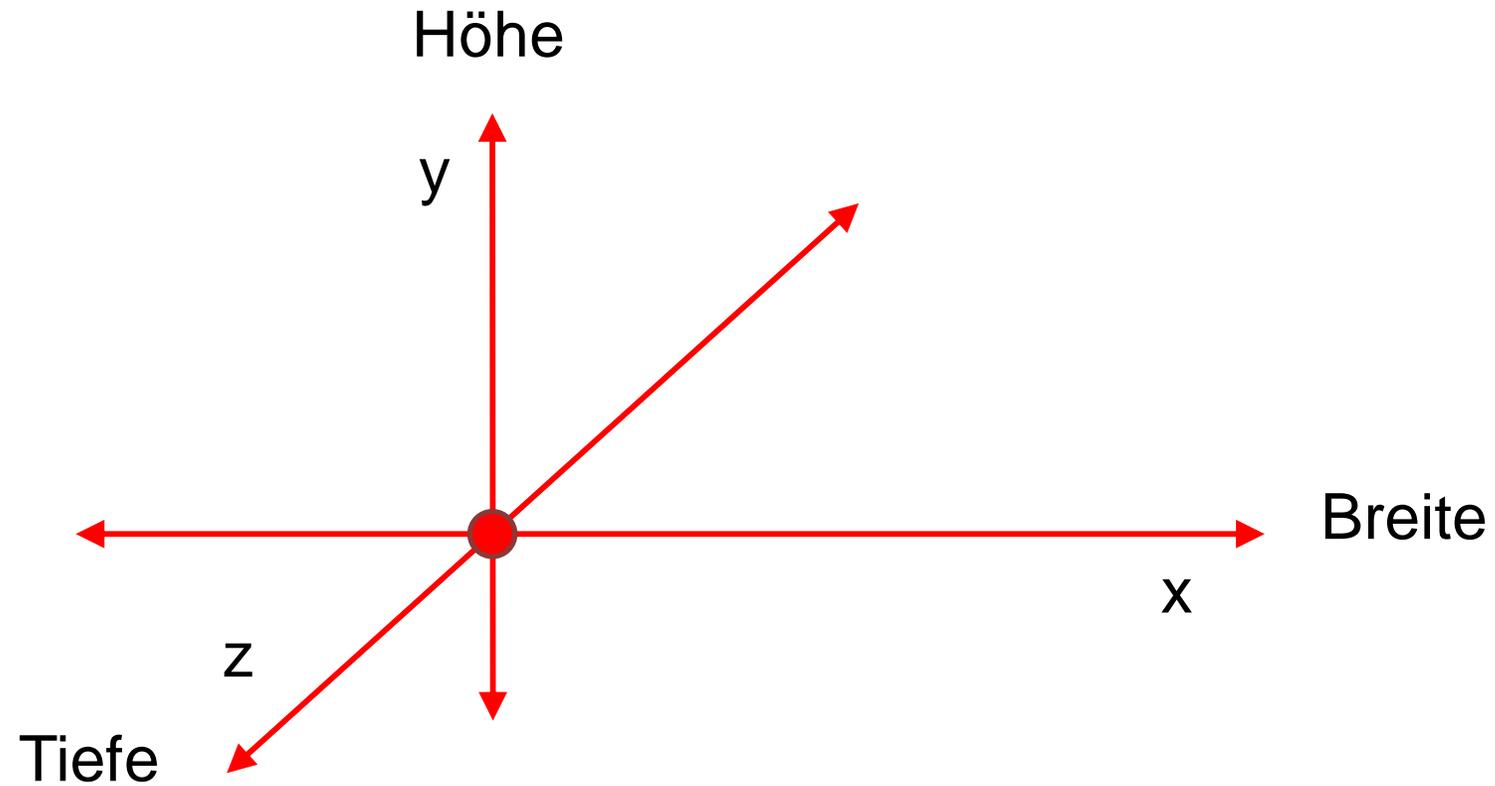
C<sub>2</sub>RVE



# Flächenland und Raumland Den Dimensionsbegriff mit Virtual Reality erfahrbar machen

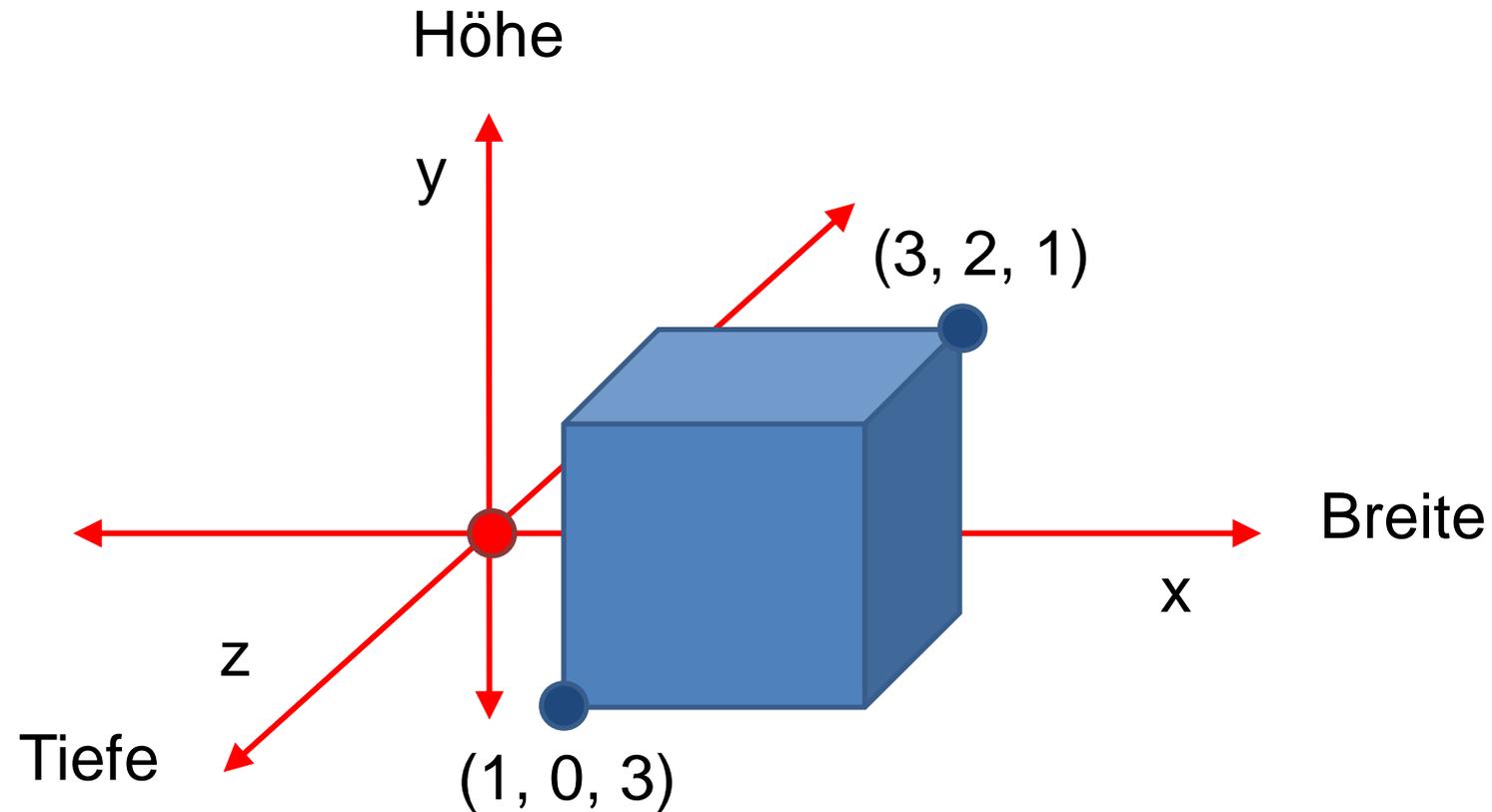
Sina Haselmann, Barbara Schmidt-Thieme  
Universität Hildesheim

# Dreidimensionaler euklidischer Raum



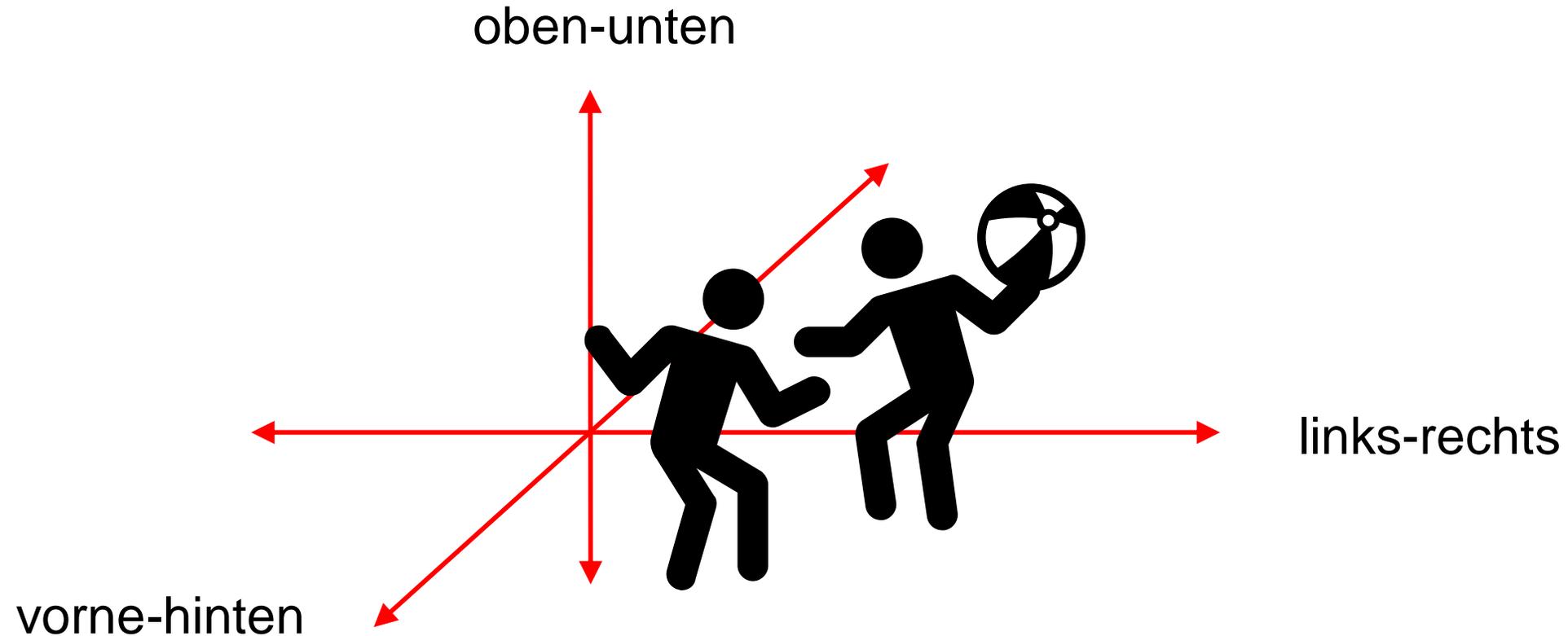
(Grafik: Eigene Darstellung)

# Dreidimensionaler euklidischer Raum



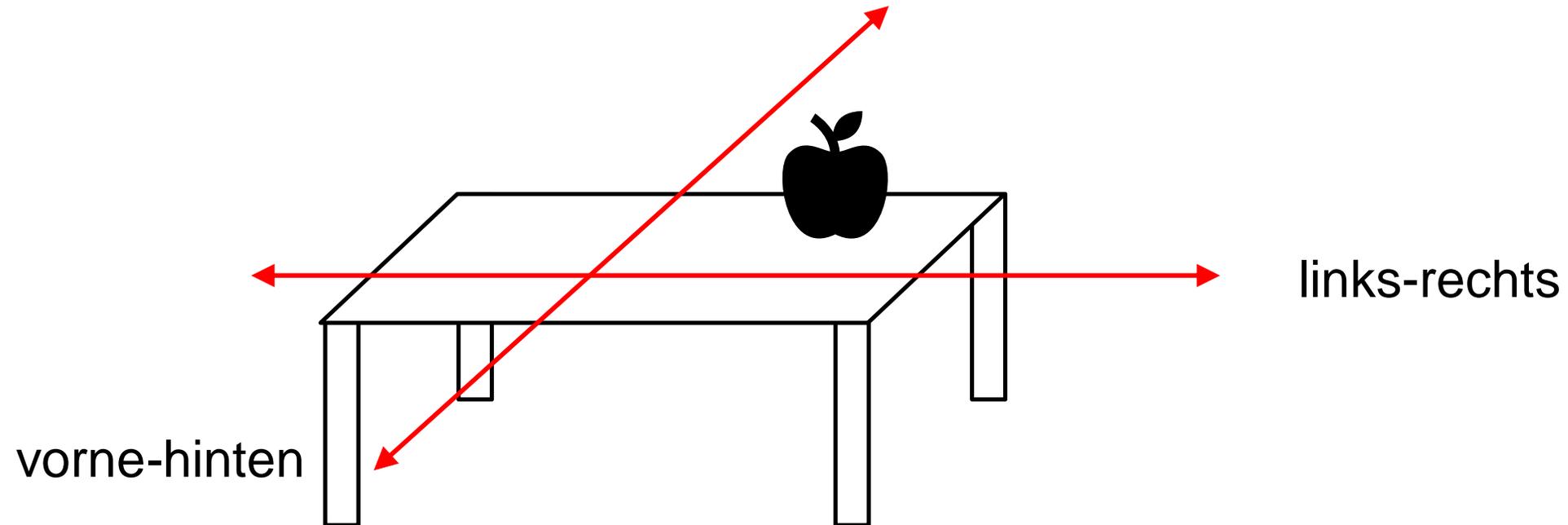
(Grafik: Eigene Darstellung)

# Dreidimensionaler euklidischer Raum



(Grafik: Eigene Darstellung; Microsoft Piktogramme)

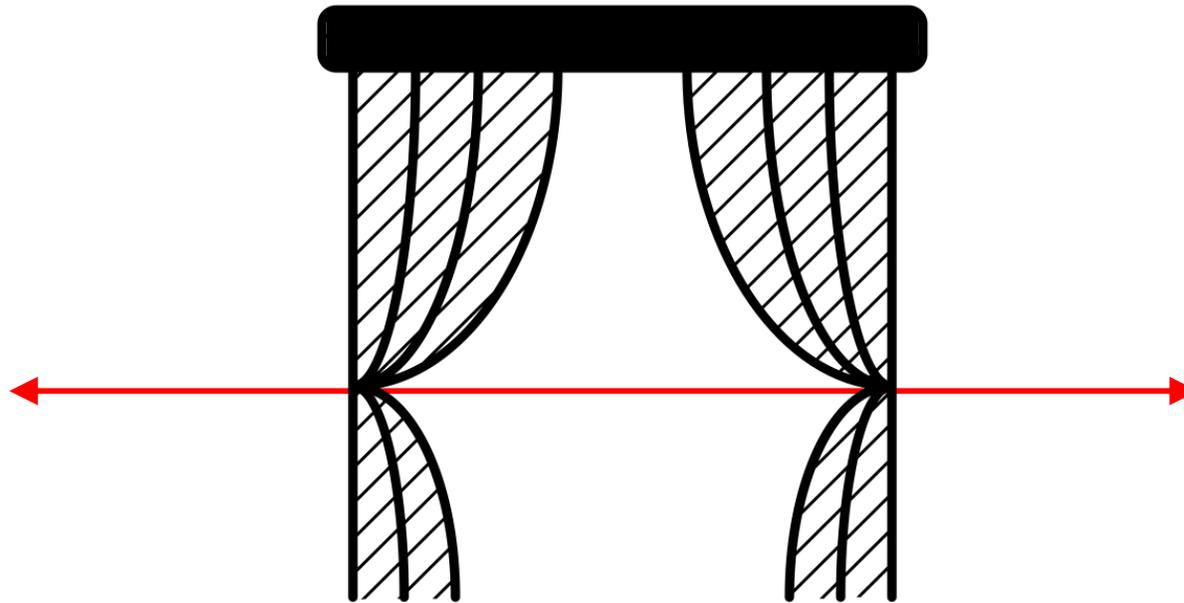
# Zweidimensionaler euklidischer Raum



(Grafik: Eigene Darstellung; Microsoft Piktogramme)

# Eindimensionaler euklidischer Raum

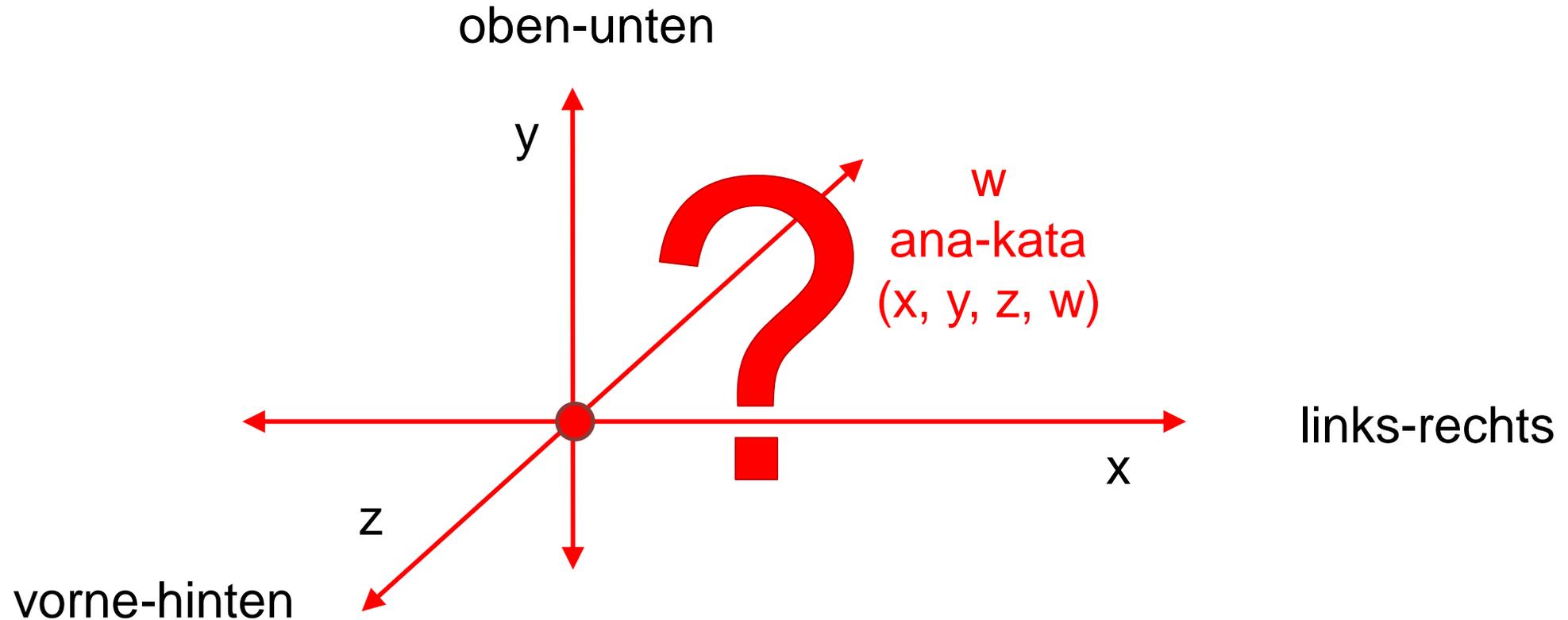
C<sub>2</sub>RVE



links-rechts

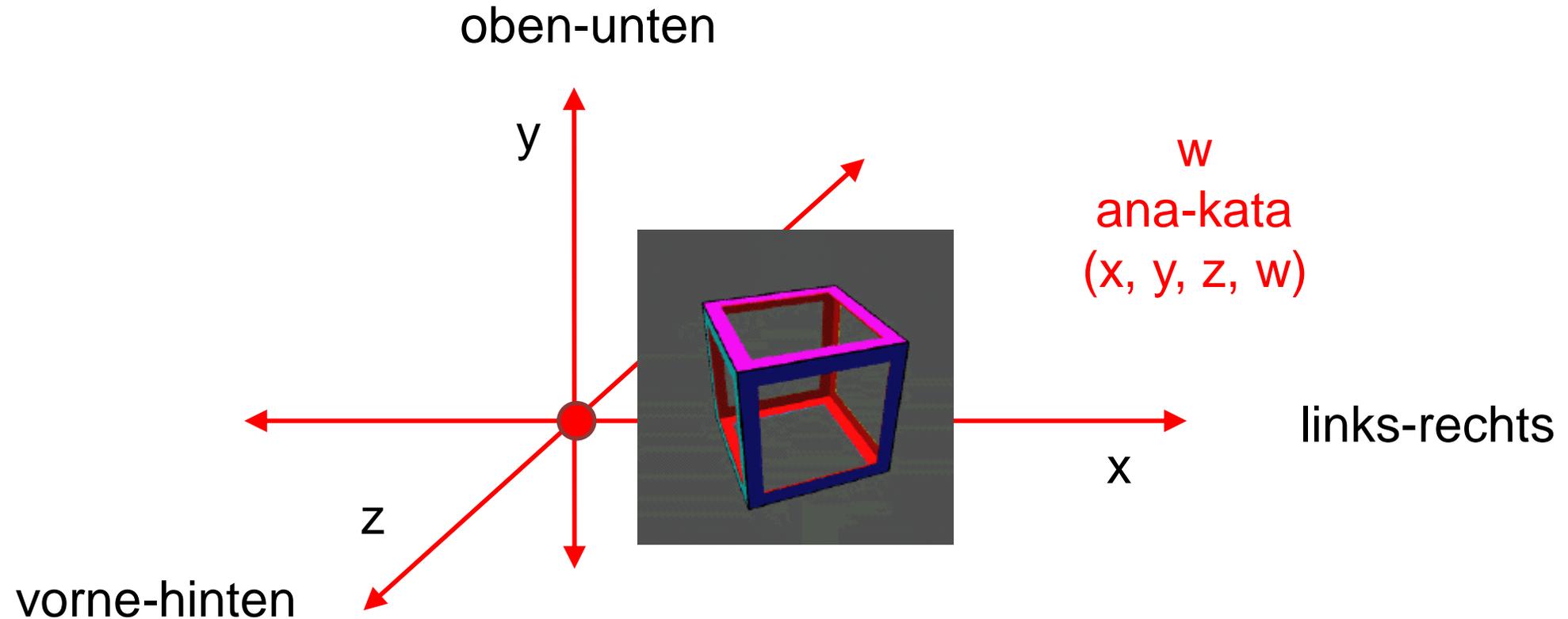
(Grafik: Vectplus, Noun Project)

# Vierdimensionaler euklidischer Raum



(Grafik: Eigene Darstellung)

# Vierdimensionaler euklidischer Raum

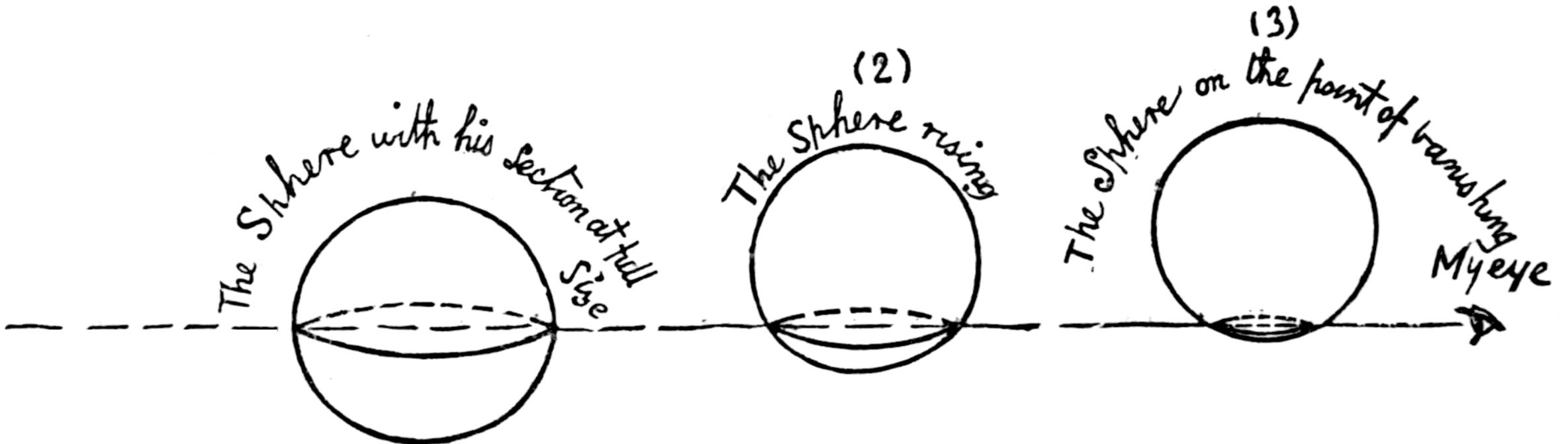


(Grafik: Eigene Darstellung; [Cerv00])



# Dimensionalität im Roman „Flatland“ von Abbott (1884)

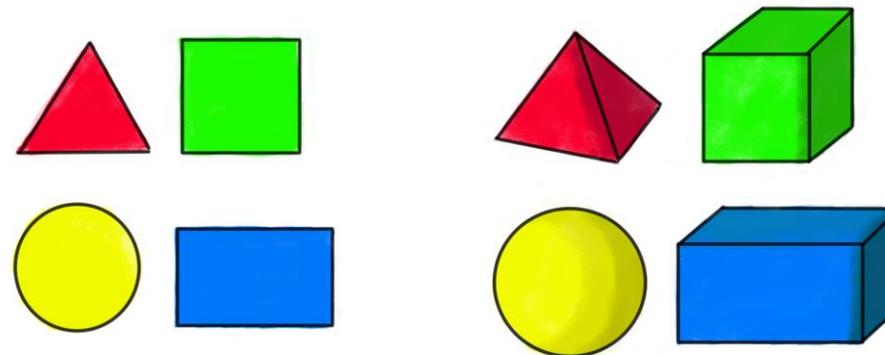
C<sub>2</sub>RVE



(Grafik: [Abb84b])

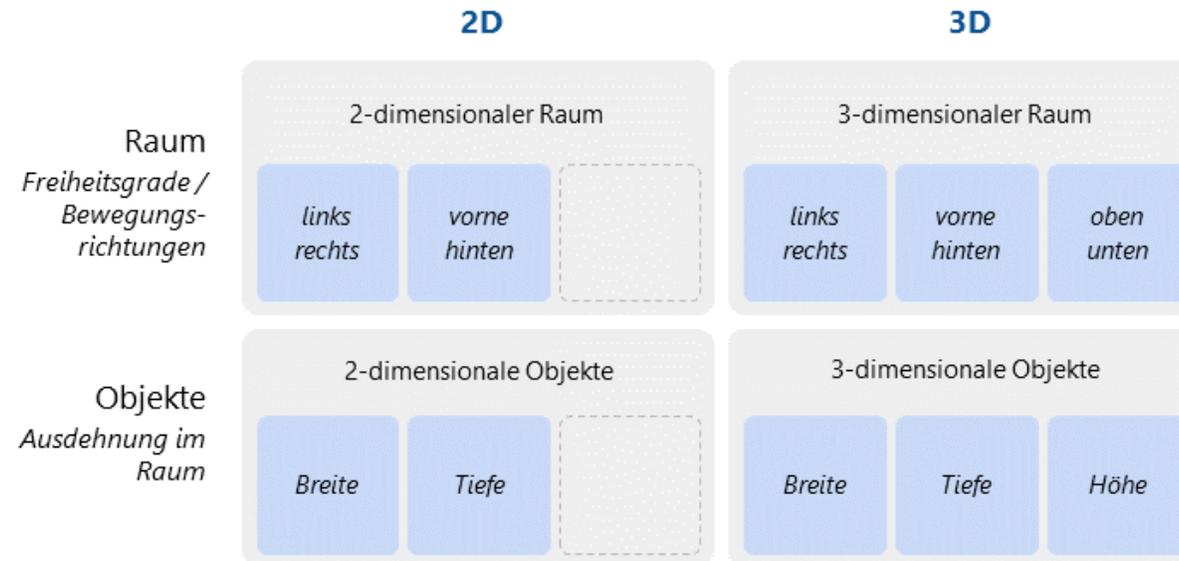
# Dimensionsbegriff in der Schule

- In der Primarstufe Mathematik im Bereich „Raum und Form“ [Kmk22a]
  - Mit „Objekten in Ebene und Raum“ umgehen und diese nach Eigenschaften klassifizieren
  - Räumliches Vorstellungsvermögen entwickeln (siehe auch [FR16, Maie99])
  - Arbeiten mit zwei- und dreidimensionalen Darstellungen



(Grafik: Eigene Darstellung)

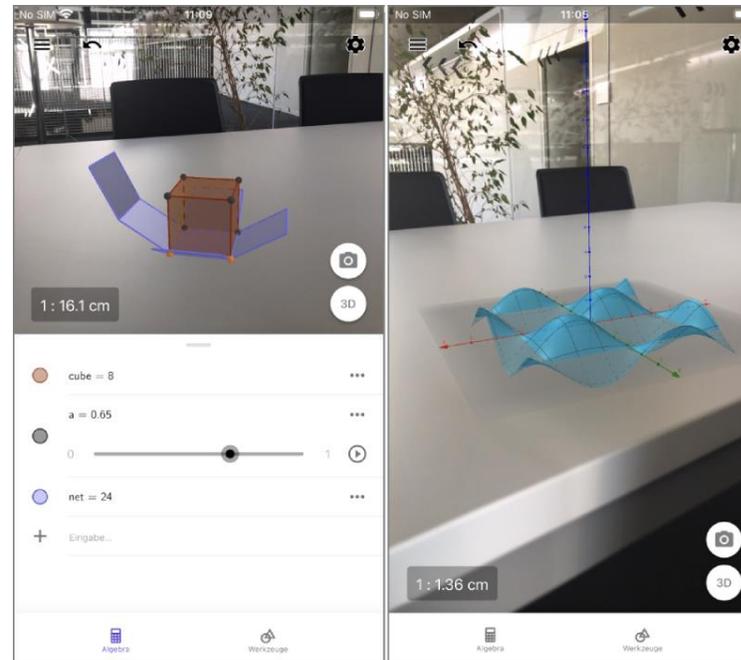
# Dimensionsbegriff in der Schule



(Grafik: Eigene Darstellung nach [SR02])

# Softwaregestützte Darstellungen von Objekten

- Objekte sollen auch mit digitalen Mathematikwerkzeugen dargestellt werden können [KMK22a, KMK22b, FR16]
- Zum Teil bessere Lerneffekte durch den Einsatz immersiver vs. nicht-immersiver Lernmedien nachweisbar, oft jedoch kein Effekt [Tahi22, MMP22]



(Grafik: Augmented-Reality Modus von GeoGebra [Geo23])

# Medienvergleichsstudien – sinnvoll oder nicht?

- *great media debate* zwischen Clark und Kozma [Sick19]:
  - Medien <-> Methoden
  - Affordanzen von Medien
- Bzgl. immersiver Medien [HB22, BK23, MMP22]:
  - Auf welche Art können Alleinstellungsmerkmale zur Förderung von Lernprozessen optimal eingesetzt werden?
  - Welche Themen sind hierfür geeignet?
- Erforschung von Designprinzipien mehr Raum geben [MBK20]
- Aptitude- bzw. Learner-Treatment-Interactions [BK23, MMP22]

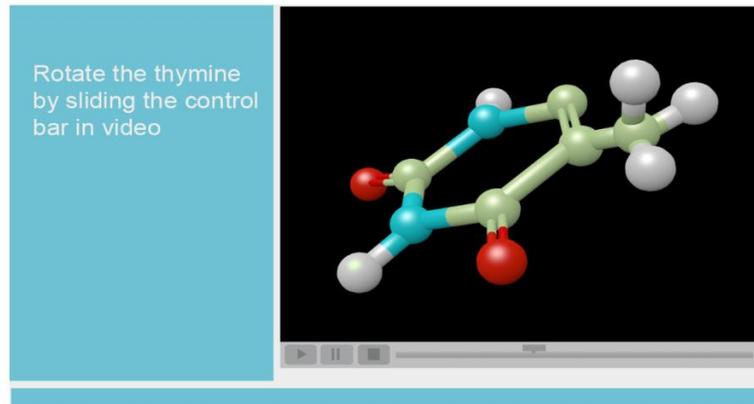
# Alleinstellungsmerkmale von Virtual Reality

- Unter anderem: Möglichkeiten zur vollständigen „externen Repräsentation räumlich-situativer Informationen“ [HB22]
- Aufbau mentaler Modelle mit räumlichem Bezug besonders für Lernende mit geringer ausgeprägtem räumlichen Vorstellungsvermögen?

# Learner- bzw. Aptitude-Treatment Interaction

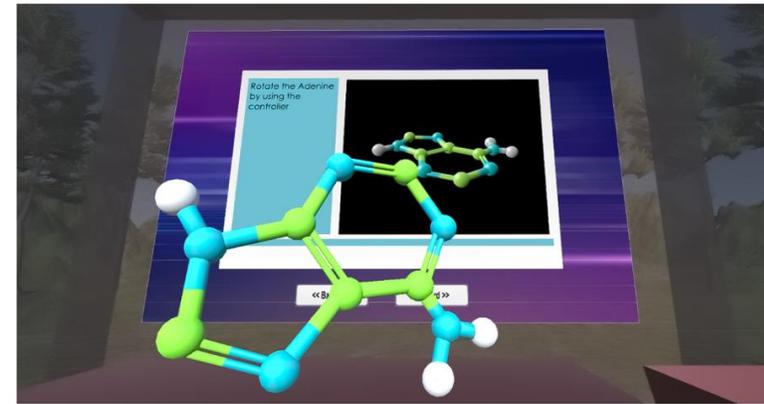
- Interaktion zwischen Displayeigenschaften (hohe vs. niedrige Immersion, stereoskopisch vs. monoskopisch) und räumlichem Vorstellungsvermögen [SW20, BH16]
- Lernende mit niedrigem räumlichem Vorstellungsvermögen profitieren von stereoskopischem Effekt
- Ähnlich für Anatomie [LW14], umgekehrt für Geographie [SBŠD23]

Desktop-PC (nicht stereoskopisch)



(Grafiken: [SW20])

Virtual Reality (stereoskopisch)



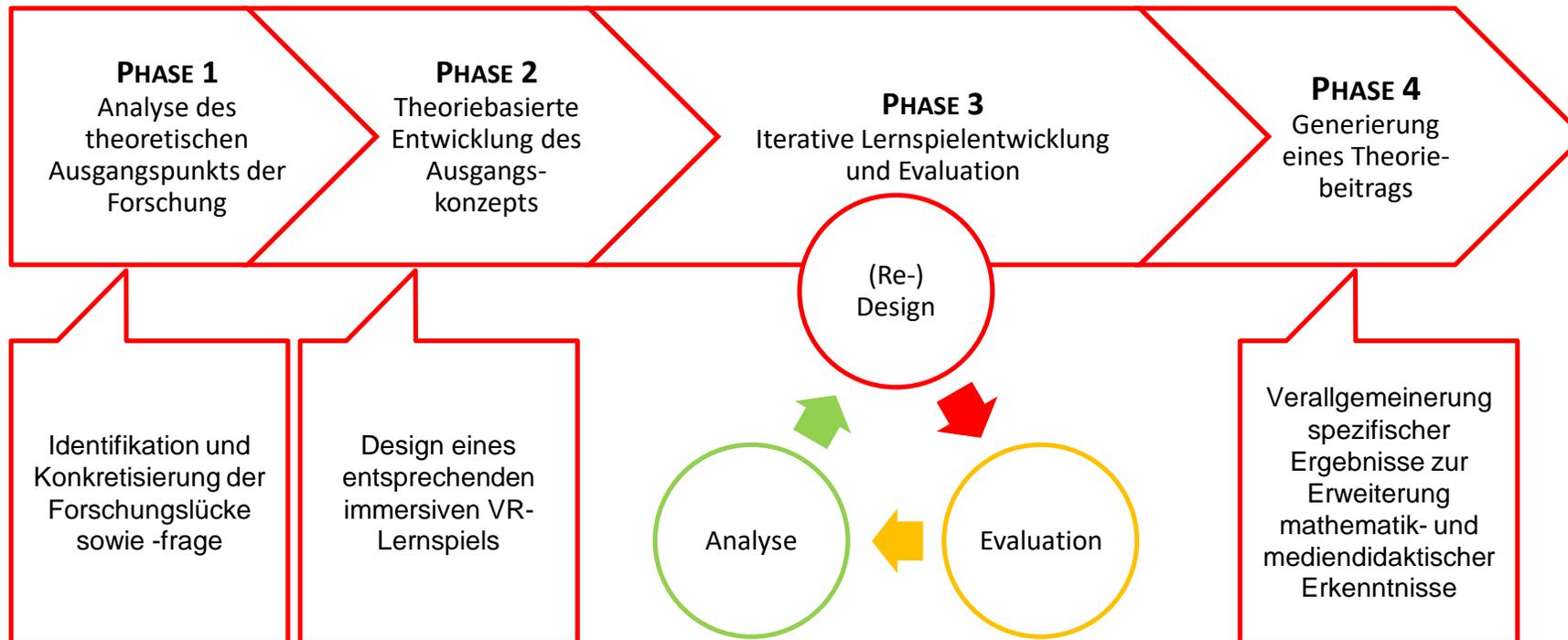
# Wichtigste Forschungsfragen

C<sub>2</sub>RVE



- I. Inwieweit ist die immersive virtuelle Realität geeignet um SuS am Übergang zur Sekundarstufe I Wissen zum Dimensionsbegriff zu vermitteln?
- II. Welche Interaktionseffekte treten hier bezüglich dem gemessenen räumlichen Vorstellungsvermögen der SuS auf?

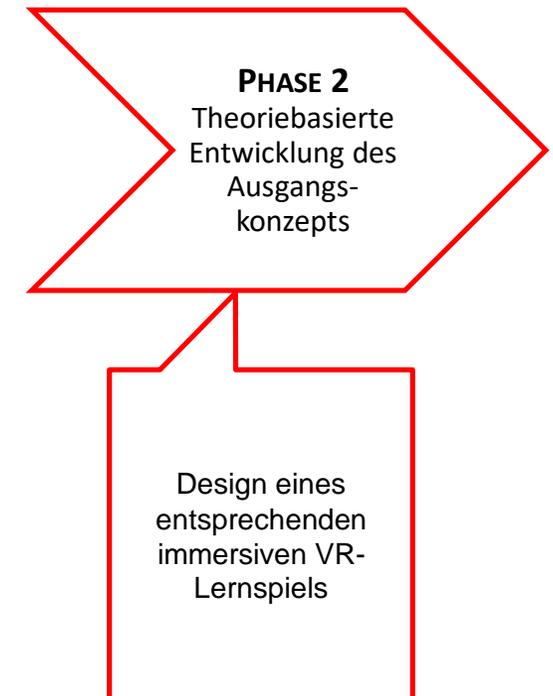
# Methodik: Design Based Research



(Eigene Darstellung nach [WS20])

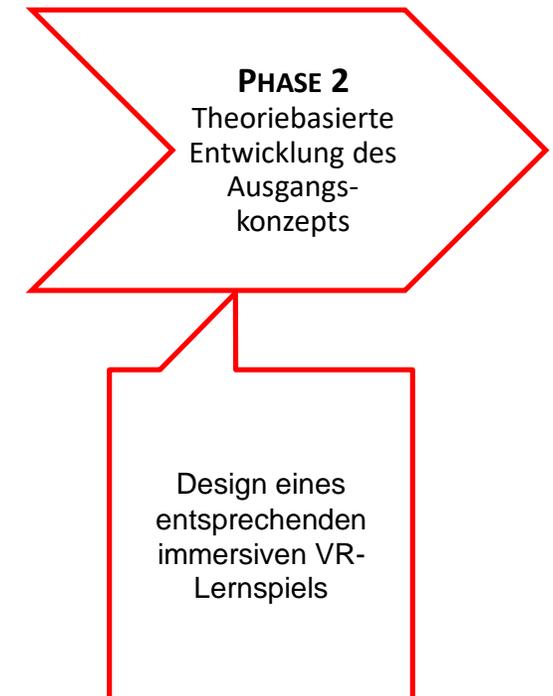
# Herleitung relevanter Designprinzipien

- Basierend auf Mayers Theorien zu multimedialem Lernen [HB22, MBK20]:
  - Informationen mit Hinweisreizen versehen
  - Bedarfsgerechtes Ein- und Ausblenden
  - Inhaltliche Kohärenz zwischen Repräsentationsformen
  - *seductive details* vermeiden
- Unnötige, nicht lernförderliche kognitive Belastungen vermeiden



# Herleitung relevanter Designprinzipien

- Besonders bei Lernenden mit Hyperaktivität [BL22, siehe auch SDW 2022]:
  - Freundliche, sichere und ansprechende Umgebung
  - Trainingsszenario zur Eingewöhnung
  - Körperliche Aktivitäten
- Virtuellen Raum und damit Dimensionsbegriff durch körperliche Lernhandlungen erfahr- und nachvollziehbar machen



# Erste Pilotierung des Lernspiels

Ziel: Konzept testen, Usability-Probleme aufdecken und beheben

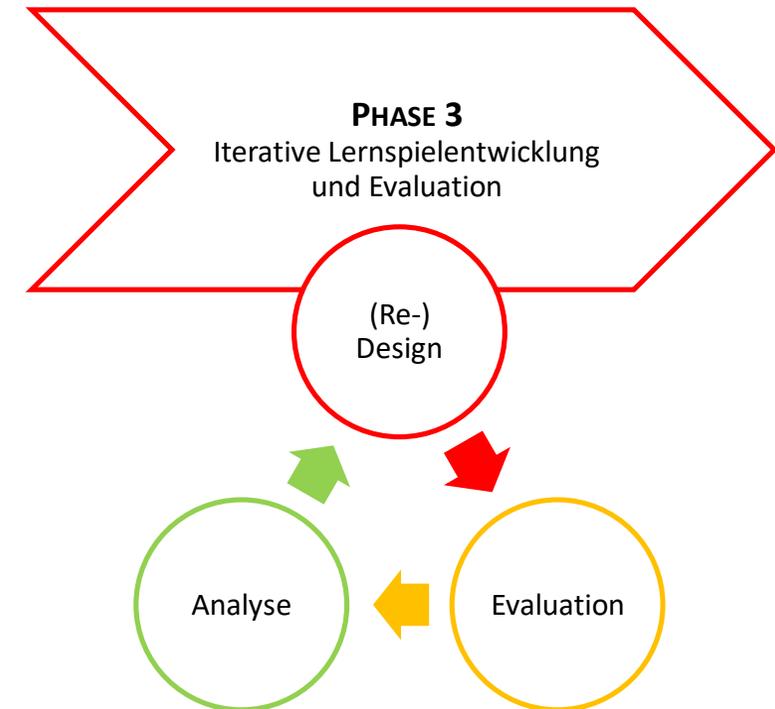
## Girls' Day am 27.04.2023 an der Universität Hildesheim

n = 8 (weiblich, 10-12 Jahre)

5 min: Test zu stereoskopischem Sehen

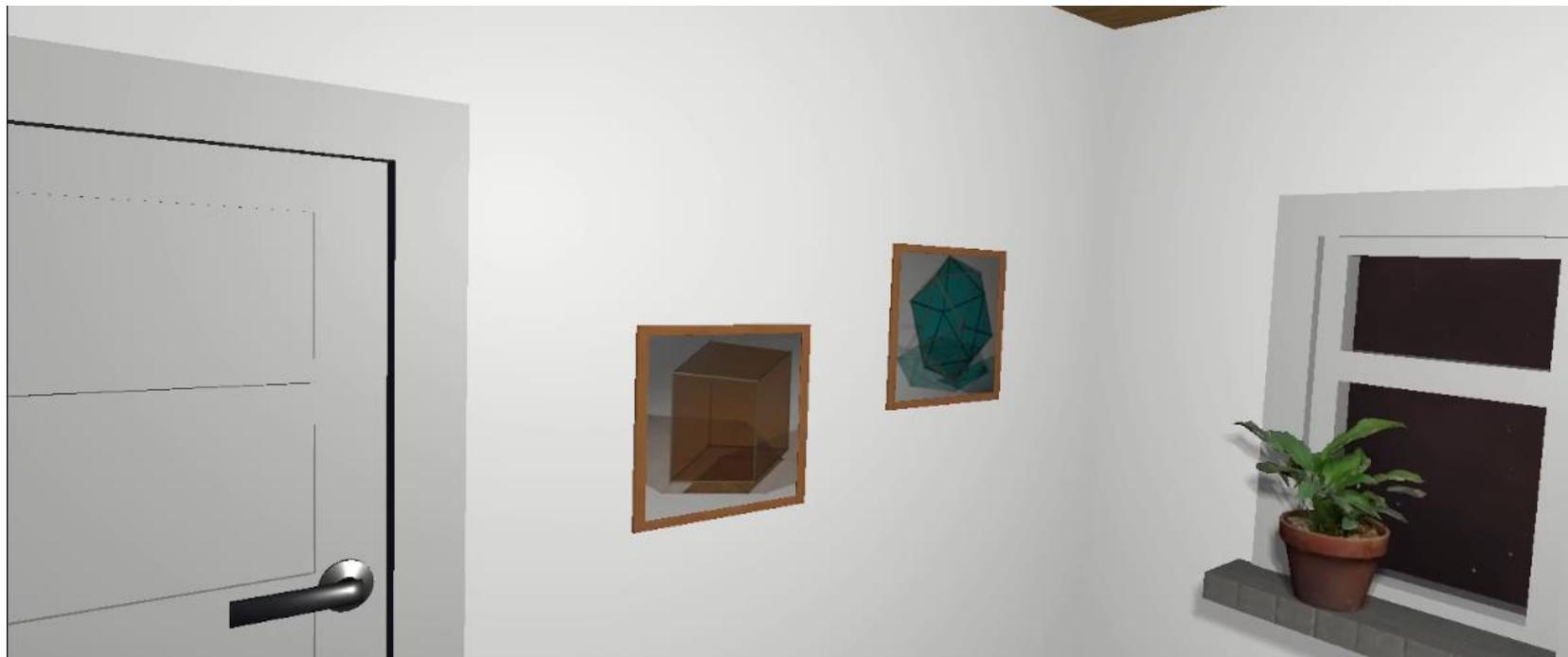
20 min: Aufgaben zu räumlichem Vorstellungsvermögen (vgl. Heil, 2020)

10 min: Spiel mit Oculus Quest 2 ausprobieren, anschließend kurze Befragung zum Spiel



# Erste Pilotierung des Lernspiels

Ursprüngliche Designentscheidung	Evaluationsergebnis (+ Anzahl der Funde)	Weitere Umsetzung in nächster Iteration
Freundlich gestaltetes virtuelles Zimmer zur Repräsentation eines dreidimensionalen Raumes	Könnte ansprechender gestaltet werden, z.B. mehr Bilder, transparente Fenster (2)	Raum umgestalten und bei nächster Evaluation erneut bewerten lassen



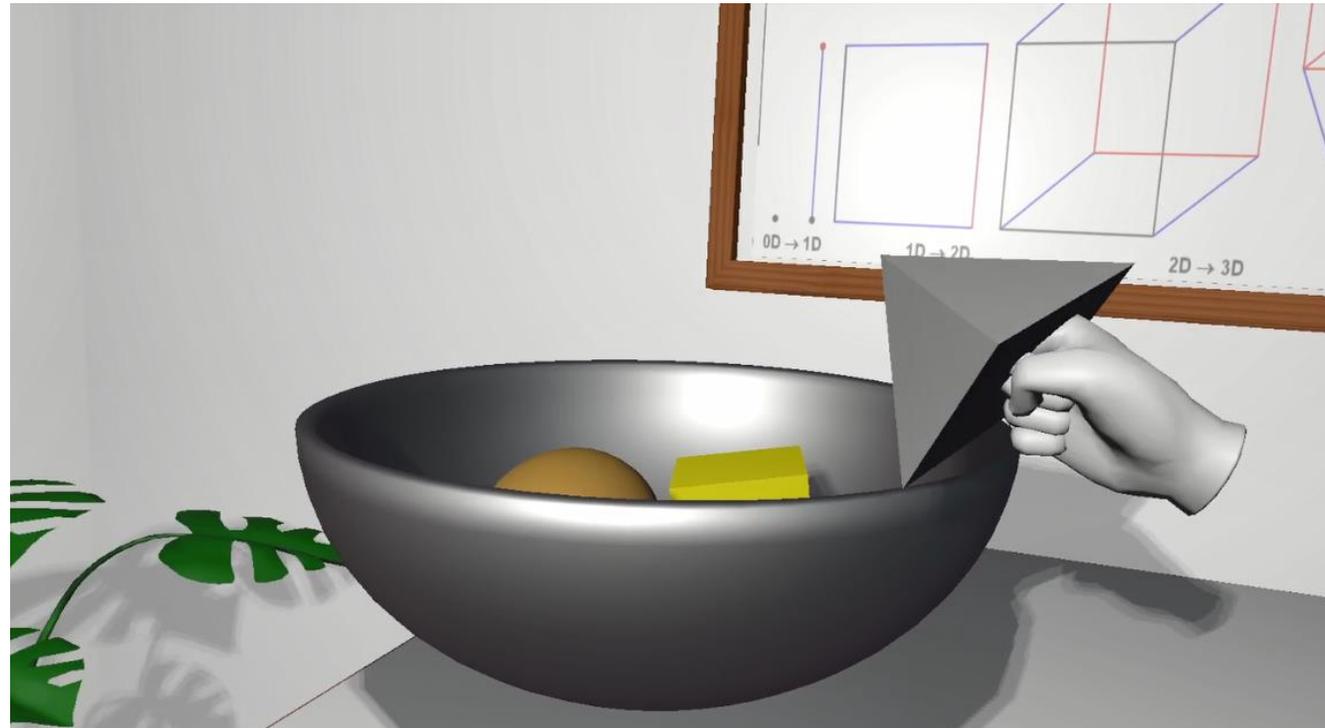
# Erste Pilotierung des Lernspiels

Ursprüngliche Designentscheidung	Evaluationsergebnis (+ Anzahl der Funde)	Weitere Umsetzung in nächster Iteration
Fortbewegung im Raum ausschließlich nach Roomscale-Prinzip	Problematisch bei parallelem Einsatz mehrerer Headsets im Rahmen eines Workshops (8)	Platzbedarf weiter verkleinern, Navigation durch Joysticks als Notlösung?



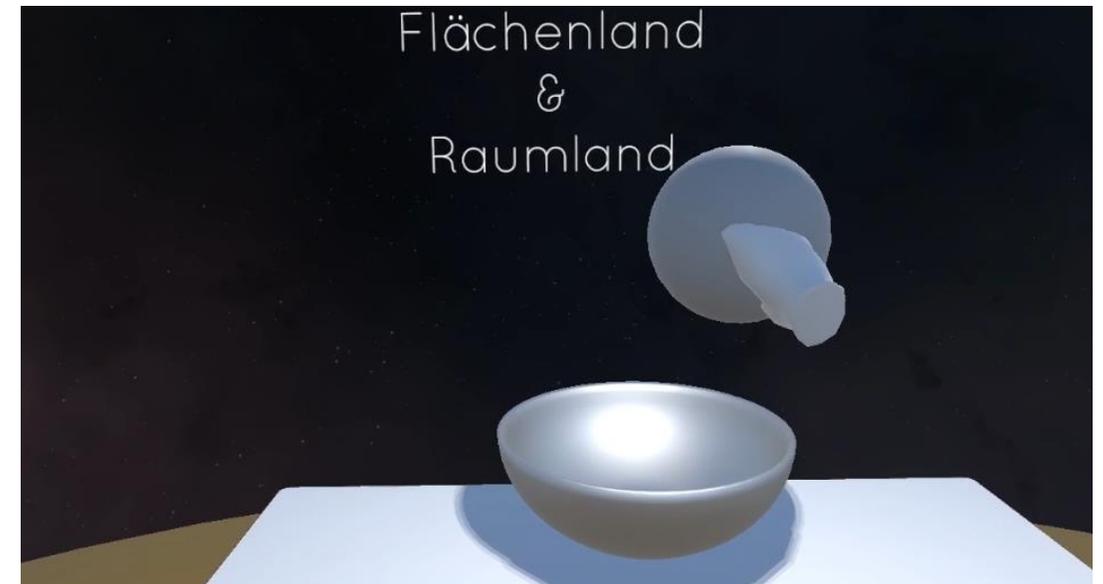
# Erste Pilotierung des Lernspiels

Ursprüngliche Designentscheidung	Evaluationsergebnis (+ Anzahl der Funde)	Weitere Umsetzung in nächster Iteration
Auditive Anweisungen und Erklärungen, zusätzlich textuelle Einblendung zentraler Punkte auf Tafel	Auditive Anweisungen beachtet und befolgt, Text auf Tafel nicht beachtet (8)	Tafel entfernen und auditive Anweisung bei Nichtaktivität wiederholen?



# Erste Pilotierung des Lernspiels

Ursprüngliche Designentscheidung	Evaluationsergebnis (+ Anzahl der Funde)	Weitere Umsetzung in nächster Iteration
Einführung der Greifen-Taste zur Interaktion mit Objekten	Aktivierende Interaktionstechnik (8); manche Lernende benötigten zusätzliche Erläuterung (2)	Einführung zum Greifen in separate Einführungsszene auslagern



# Erste Pilotierung des Lernspiels

Ursprüngliche Designentscheidung	Evaluationsergebnis (+ Anzahl der Funde)	Weitere Umsetzung in nächster Iteration
Drei Freiheitsgrade im Raum mit einfachen Lernhandlungen aufgezeigt: Blumen gießen, Glühbirne einsetzen	Blumen gießen als Aufgabe zunächst wenig anregend (5)	Detailliertere Animationen als positives Feedback?

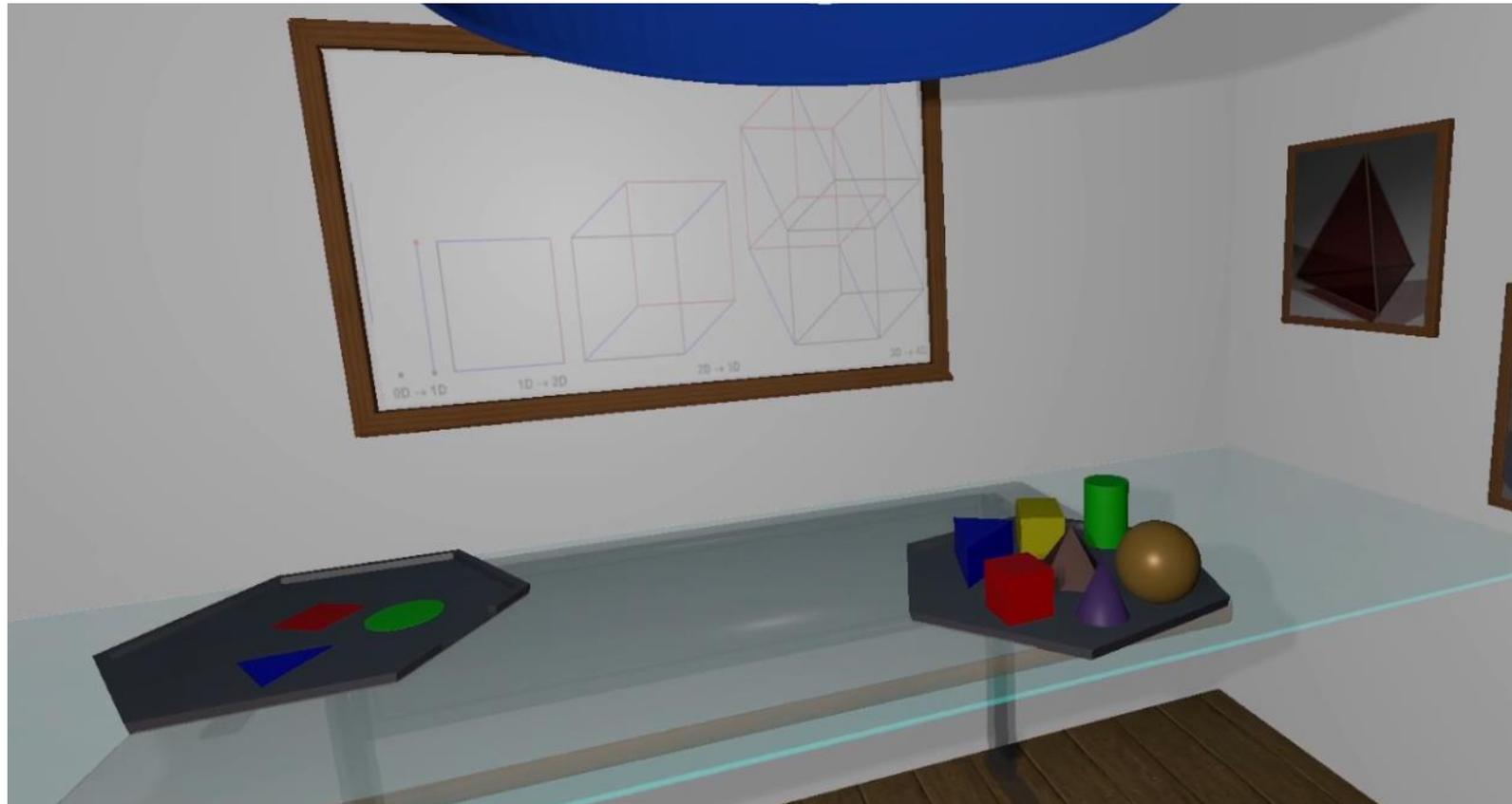


# Erste Pilotierung des Lernspiels

Ursprüngliche Designentscheidung	Evaluationsergebnis (+ Anzahl der Funde)	Weitere Umsetzung in nächster Iteration
Über Quadrat und Würfel werden prototypische 2- und 3-D-Objekte und deren Eigenschaften wiederholt	Keine Verständnisprobleme, ausreichend Vorwissen bei den Lernenden vorhanden (8)	Kein Änderungsbedarf
Als Klassifikationsaufgabe werden bekannte ebene Figuren und Körper gegriffen und in zwei verschiedenen hohen Schalen gelegt	Keine prinzipiellen Verständnis- oder Interaktionsprobleme bei Aufgabendurchführung (7), aktivierende Aufgabe (8)	Enaktives Aufgabenprinzip kann auf weitere Lernhandlungen übertragen werden

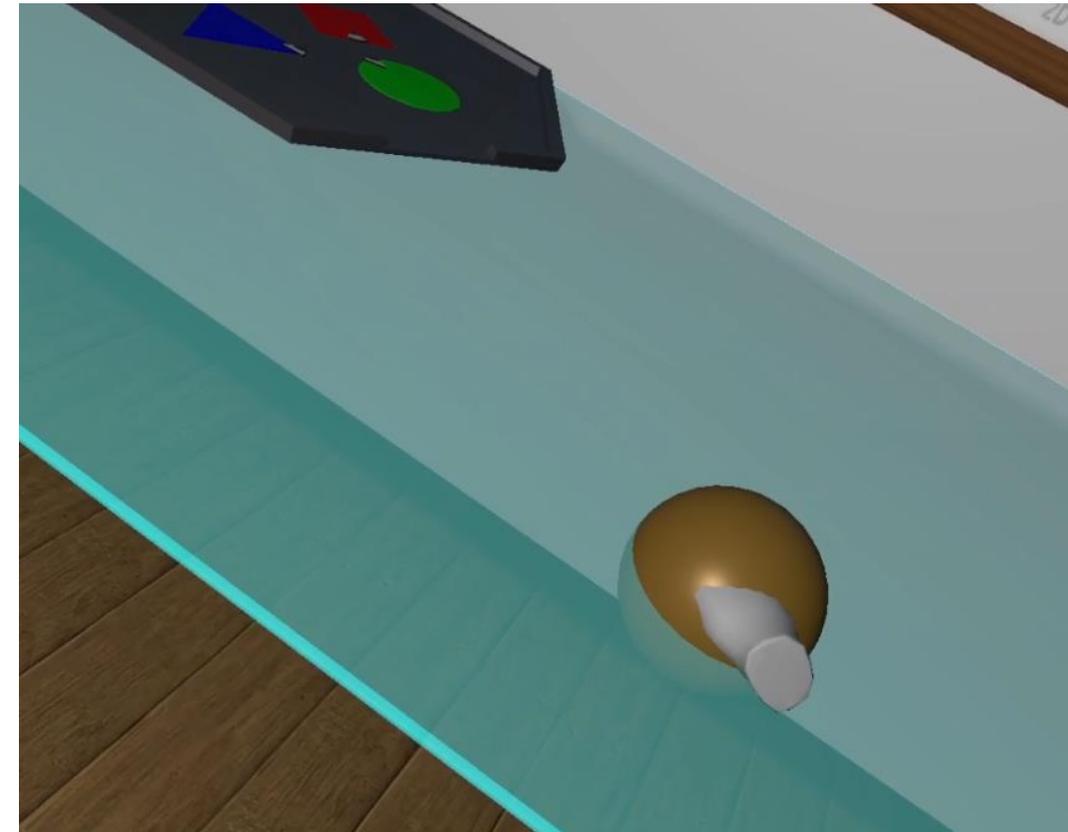
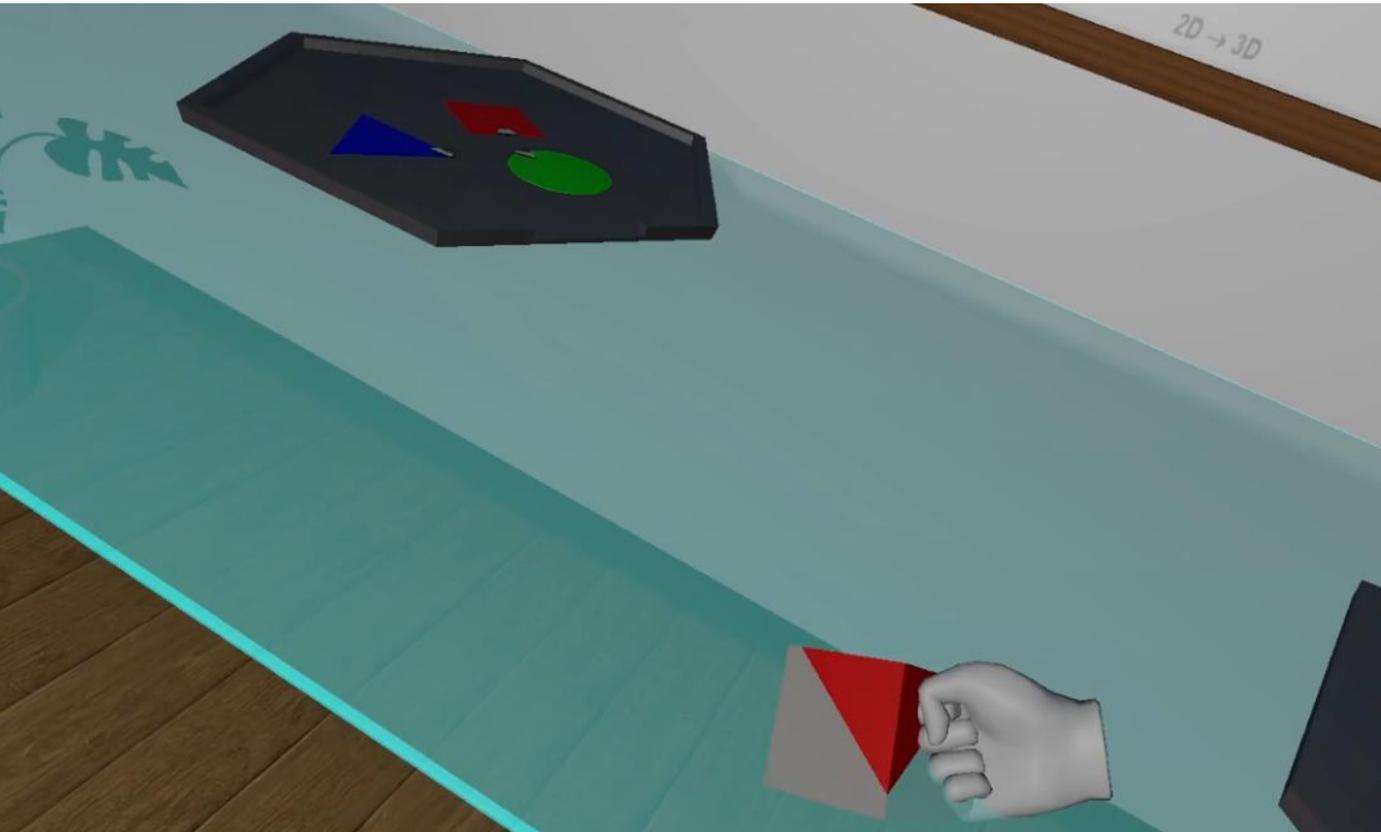
# Nächste Schritte

## 3-dimensionale Kugel „besucht“ das Flächenland



# Nächste Schritte

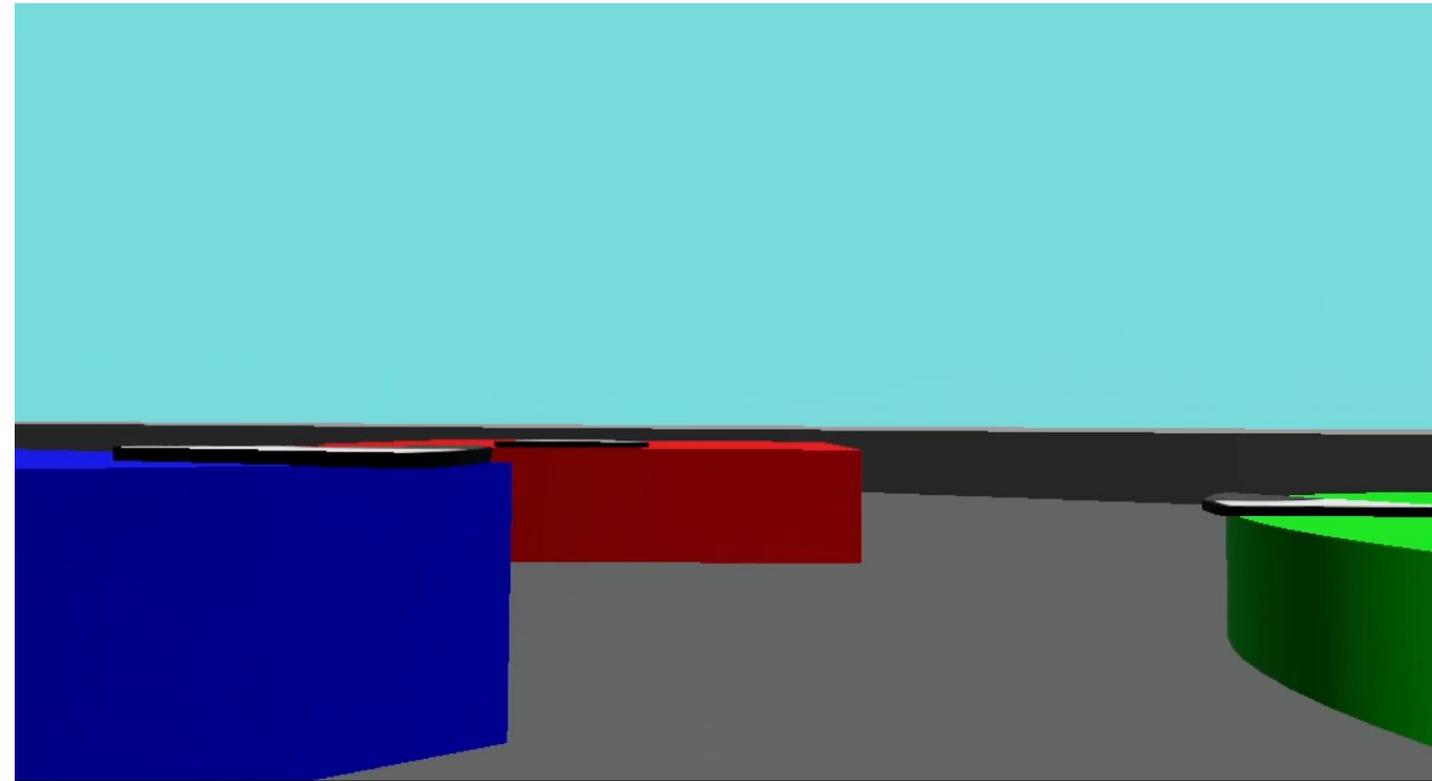
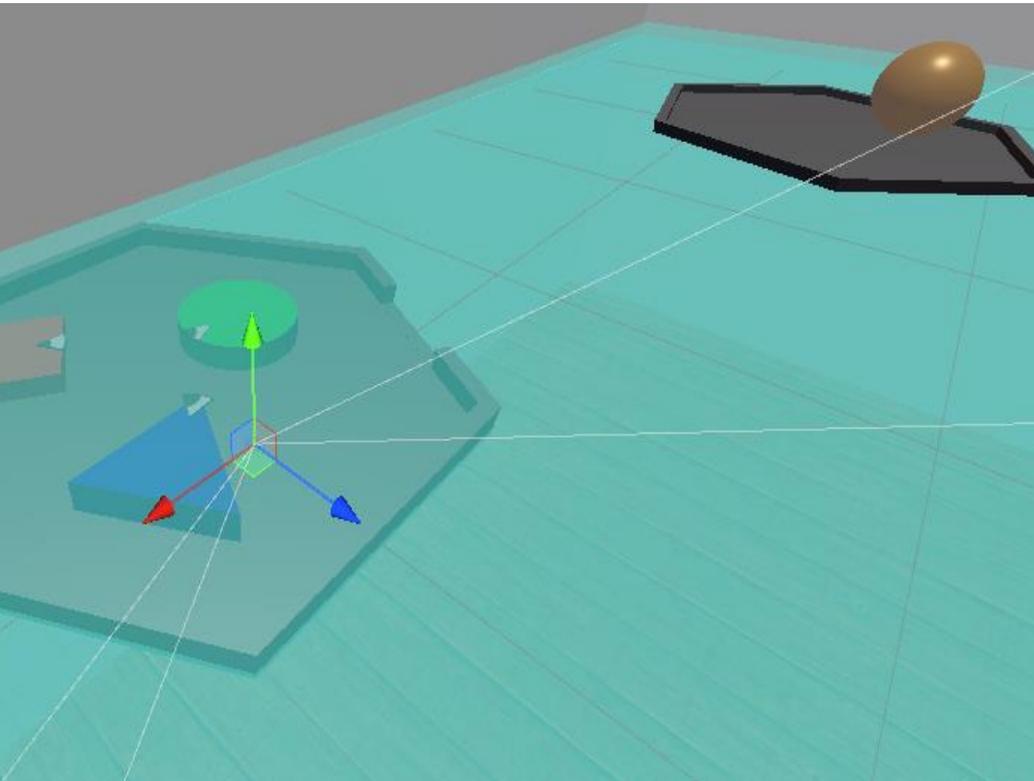
3-dimensionale Kugel „besucht“ das Flächenland



# Nächste Schritte

Lernende „besuchen“ das Flächenland

C<sub>2</sub>RVE

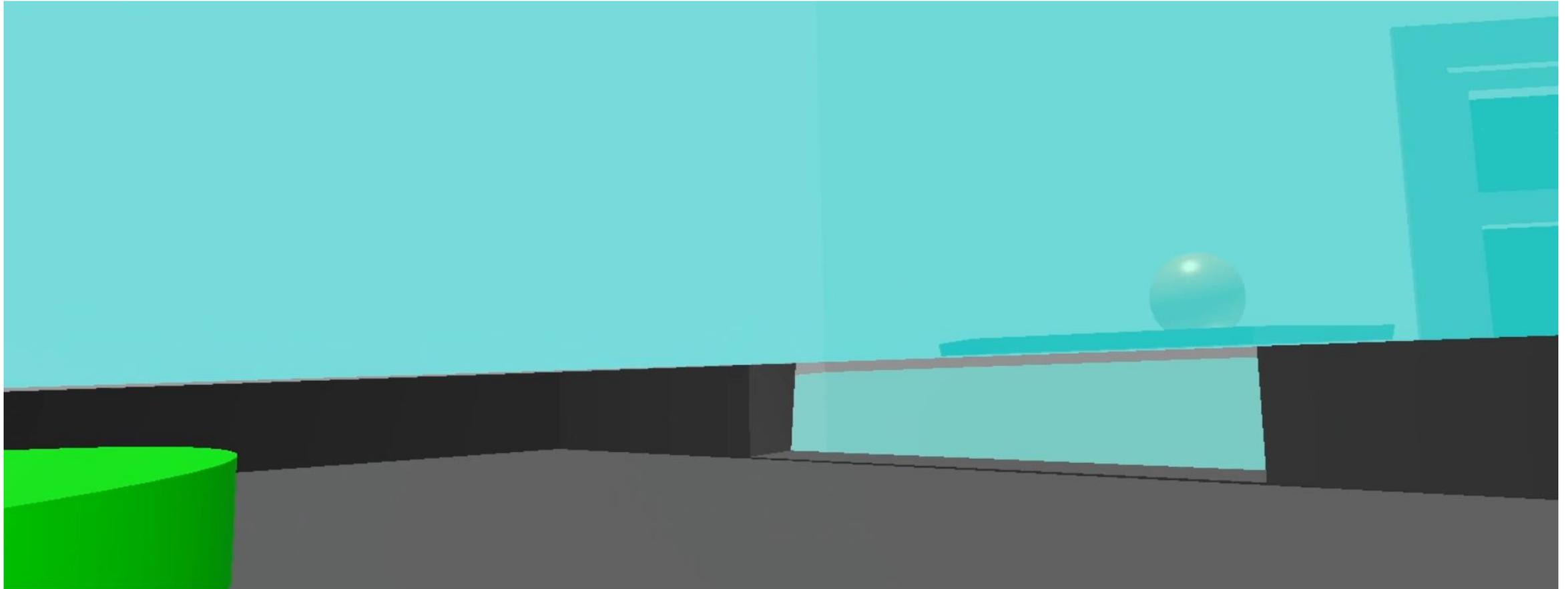


# Nächste Schritte

C<sub>2</sub>RVE

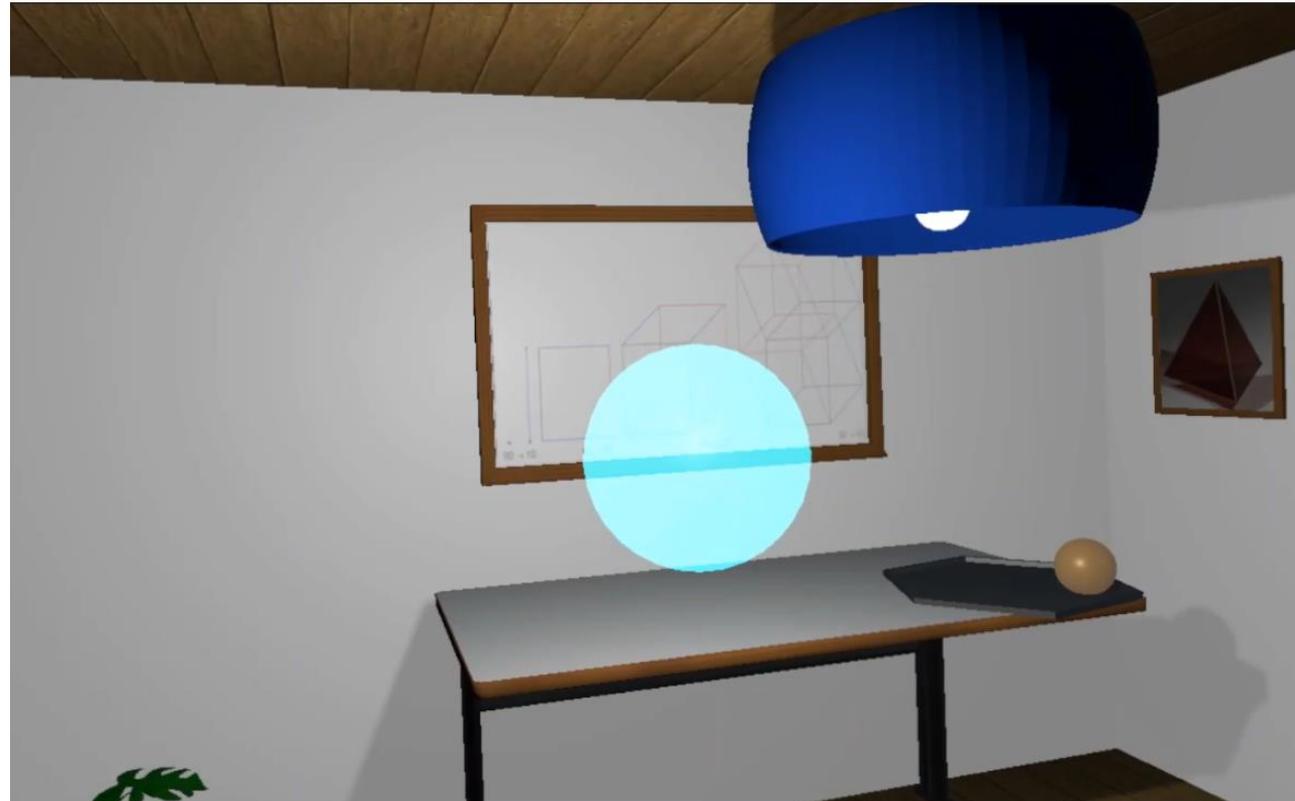


Lernende „besuchen“ das Flächenland



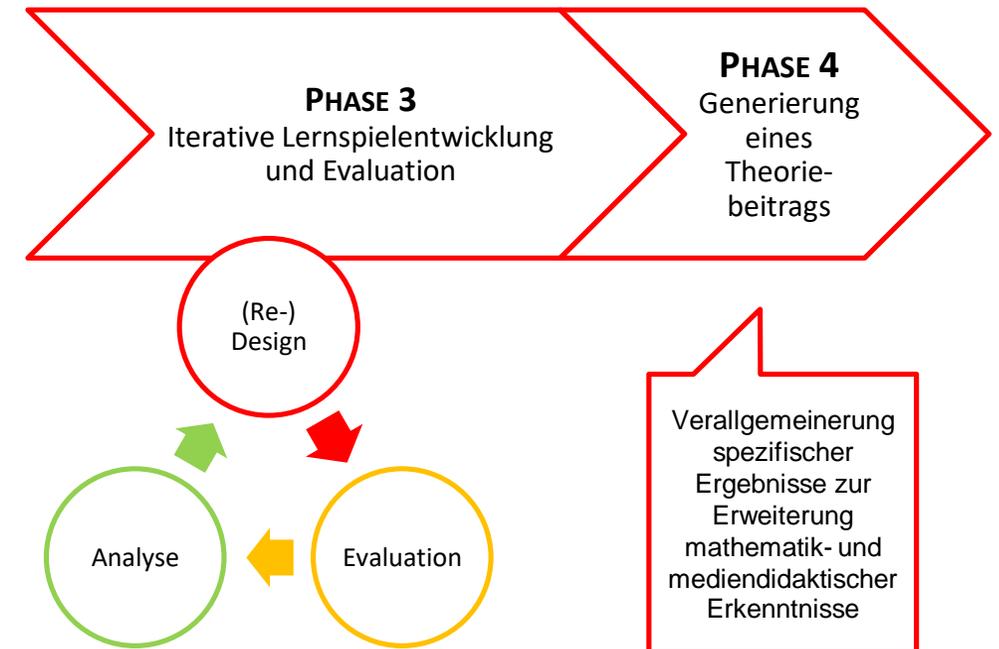
# Nächste Schritte

Vierdimensionale Kugel wandert durch Raumland



## Nächste Schritte

- Iterative Überarbeitung / Fertigstellung aller Lernaktivitäten
- Erhebung qualitativer und quantitativer Daten:
  - Stereoskopisches Sehen
  - Räumliches Vorstellungsvermögen [Heil20]
  - Wissen zum Dimensionsbegriff: Vor- und Nachtest
  - Präsenzemfinden, Vorerfahrung mit / Ängste in Bezug auf digitale Medien
- Generierung eines entsprechenden Theoriebeitrags



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

C<sub>2</sub>RVE



(Grafik: [Abb84c])

# Literatur

- [Abb84a] Abbot, E. A.: *file extracted from File:Flatland cover.jpg, drastic conversion to Black and white for transcription*, 1884
- [Abb84b] ABBOTT, EDWIN ABBOTT: *illustration from page 53 of Flatland*, 1884
- [Abb84c] ABBOTT, EDWIN ABBOTT: *The-end*, 1884
- [BB01] Burger, Dionys; Burger, Dionys: *Silvestergespräche eines Sechsecks: ein phantastischer Roman von gekrümmten Räumen und dem sich ausdehnenden Weltall, Unterhaltsame Mathematik*. 8., unveränd. Aufl. Köln: Aulis-Verl. Deubner, 2001
- [BH16] Barrett, Trevor J. ; Hegarty, Mary: Effects of interface and spatial ability on manipulation of virtual models in a STEM domain. In: *Computers in Human Behavior* Bd. 65, Elsevier Science (2016), S. 220–231
- [Busch18a] Buschmeier, Gudrun: *Denken und Rechnen. 3, [Schülerband]*. [Grundschule, Bremen, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-Holstein], Druck A. Braunschweig : Westermann, 2018
- [Busch18b] Buschmeier, Gudrun: *Denken und Rechnen. 4, [Schülerband]*. [Grundschule, Bremen, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-Holstein], Druck A. Braunschweig : Westermann, 2019
- [Cerv00] Cervone, Davide P.: *Beyond 3D: Iced Cubes: Orthographic views*. URL <http://alem3d.obidos.org/en/cubeice/movort.> - abgerufen am 2023-08-28
- [Flat00] Flatland: The Movie: *Flatland: The Movie*. URL <https://round-drum-w7xh.squarespace.com/our-story>. - abgerufen am 2023-06-04. — Flatland: The Movie
- [FR16] Franke, Marianne; Reinhold, Simone: *Didaktik der Geometrie in der Grundschule, Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I + II*. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum, 2016
- [Geo23] GeoGebra Team German: *Augmented Reality – GeoGebra*. URL <https://www.geogebra.org/m/agpb7bq7>. - abgerufen am 2023-05-15
- [HB22] Hartmann, Christian; Bannert, Maria: Lernen in virtuellen Räumen: Konzeptuelle Grundlagen und Implikationen für künftige Forschung. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* Bd. 47 (2022), S. 373–391
- [Heil20] Heil, Cathleen: *The Impact of Scale on Children's Spatial Thought: A Quantitative Study for Two Settings in Geometry Education, Studien zur theoretischen und empirischen Forschung in der Mathematikdidaktik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020

# Literatur

- [KSW00] Kaufmann, Hannes; Schmalstieg, Dieter; Wagner, Michael: Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education. In: *Education and Information Technologies* Bd. 5 (2000), S. 263–276
- [Kmk22a] KMK: *Bildungsstandards für das Fach Mathematik Primarbereich. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004 i.d.F. vom 23.06.2022*, 2022
- [KMK22b] KMK: *Bildungsstandards für das Fach Mathematik. Erster Schulabschluss (ESA) und Mittlerer Schulabschluss (MSA)*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004 und vom 04.12.2003 i.d.F. vom 23.06.2022, 2022
- [Kult17] Kultusministerkonferenz: *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*, 2017
- [Kult21] Kultusministerkonferenz: *Lehren und Lernen in der digitalen Welt - die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*, 2021
- [LW14] Lee, Elinda Ai-Lim; Wong, Kok Wai: Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. In: *Computers & Education* Bd. 79 (2014), S. 49–58
- [MHH09] Manten, Ursula ; Hütten, Gudrun; Heinze, Klaus; Gratzki, Matthia; Dietz, Heidi; Egbers, Bettina: *Super M - Mathematik für alle*. 1. Aufl., 2009
- [Maie99] Maier, Peter Herbert: *Räumliches Vorstellungsvermögen: ein theoretischer Abriss des Phänomens räumliches Vorstellungsvermögen; mit didaktischen Hinweisen für den Unterricht*. 1. Aufl. Donauwörth: Auer
- [MMP22] Mayer, Richard E.; Makransky, Guido; Parong, Jocelyn: The Promise and Pitfalls of Learning in Immersive Virtual Reality. In: *International Journal of Human-Computer Interaction* (2022), S. 1–10
- [MBK20] Mulders, Miriam; Buchner, Josef; Kerres, Michael: A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments. In: *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)* Bd. 15 (2020), Nr. 24, S. 208
- [SW20] Safadel, Parviz; White, David: Effectiveness of Computer-Generated Virtual Reality (VR) in Learning and Teaching Environments with Spatial Frameworks. In: *Applied Sciences* Bd. 10 (2020), Nr. 16, S. 5438
- [SBŠD23] Sikl, Radovan; Brücknerová, Karla; Švedová, Hana; Dechterenko, Filip; Ugwitz, Pavel; Chmelík, Jiří; Svatoňová, Hana; Juřík, Vojtěch: *Learning in virtual reality: Who benefits and who doesn't?* (preprint): PsyArXiv, 2023

# Literatur

- [Schm06] Schmidt-Thieme, Barbara: „Lieber Squarry“ - Schüler reflektieren in Briefen über Mathematik. In: Rathgeb-Schnierer, E.; Schütte, S. (Hrsg.): *Wie rechnen Matheprofis? Ideen und Erfahrungen zum offenen Mathematikunterricht; Festschrift für Sybille Schütte zum 60. Geburtstag*. 1. Aufl., [Nachdr.]. München Düsseldorf Stuttgart: Oldenbourg, 2006
- [SR02] Schmidt-Thieme, Barbara; Rosebrock, Stephan: Flächenland - Ein mehrdimensionaler Roman. In: *Karlsruher pädagogische Beiträge* Bd. 53 (2002), S. 27–49
- [Sick19] Sickel, Jamie L.: The Great Media Debate and TPACK: A Multidisciplinary Examination of the Role of Technology in Teaching and Learning. In: *Journal of Research on Technology in Education* Bd. 51 (2019), Nr. 2, S. 152–165
- [SDW22] Sommer, Julian; Dilling, Frederik; Witzke, Ingo: Die App „Dreitafelprojektion VR“ – Potentiale der Virtual Reality-Technologie für den Mathematikunterricht. In: Dilling, F.; Pielsticker, F.; Witzke, I. (Hrsg.): *Neue Perspektiven auf mathematische Lehr-Lernprozesse mit digitalen Medien, MINTUS – Beiträge zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022, S. 255–287
- [SRGW23] Schäfer, Caterina; Rohse, Dorina; Gittinger, Micha; Wiesche, David: Virtual Reality in der Schule: Bedenken und Potenziale aus Sicht der Akteur:innen in interdisziplinären Ratingkonferenzen. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* Bd. 51 (2023), S. 1–24
- [TFH22] Tahiri, Yasamin; Florian, Lena; Hartmann, Mutfried: Intuitive Werkzeuge gestalten: Designprinzipien zur Entwicklung einer dynamischen Geometriesoftware im virtuellen Raum. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* Bd. 47 (2022), S. 94–117
- [Wang09] Wang, Ranxiao Frances: A Case Study on Human Learning of Four-Dimensional Objects in Virtual Reality: Passive Exploration and Display Techniques. In: *2009 Fourth International Conference on Frontier of Computer Science and Technology*. Shanghai, TBD, China: IEEE, 2009
- [WS20] Wichers, Julia; Strunk, Sandra: Auf alle Fälle ein Fall. In: *Hildesheimer Beiträge zur Schul- und Unterrichtsforschung*. Bd. 2. Hildesheim: Universitätsverlag Hildesheim, 2020