

Komponenten der Raumvorstellung in physikalischen Sachverhalten

Die Raumvorstellung gewinnt im gesamten naturwissenschaftlich-mathematisch-technischen Bereich, im Besonderen für das Verständnis verschiedener physikalischer Sachverhalte, zunehmend an Bedeutung. Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen dem Erfassen physikalischer Phänomene und der Raumvorstellung aufgezeigt. Dazu werden ausgewählte Inhalte in Bezug zur Raumvorstellung aufgeschlüsselt und deren spezifischen Komponenten, wie z. B. Veranschaulichung/Räumliche Visualisierung, Mentaler Rotation, Räumlichen Beziehungen und Räumlicher Orientierung sowie Dynamik und Vorstellung von Größenordnungen zugeordnet.

Aktualität der Erforschung der Raumvorstellung

Die Erforschung des räumlichen Denkens und Handelns weist zahlreiche beachtenswerte Fortschritte auf. Insbesondere unterstützen die Möglichkeiten der Neurowissenschaften den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn in diesem Bereich. Bestimmte Hirnareale sind hochgradig miteinander vernetzt und für spezifische Aufgabenbereiche zuständig. Das Erkennen und Sichtbarmachen dieser Vernetzungen eröffnet Sichtweisen, wie Individuen räumlich denken und handeln. Dies betrifft u. a. grundlegende räumliche Denkvorgänge, wie z. B. das Merken und Bewegen räumlicher Objekte in der Vorstellung, das mentale Verändern von Positionen, Zeit- und Geschwindigkeitsvergleiche und das Sich-Zurechtfinden im realen Raum und in der Vorstellung. Beispielsweise merken sich die sogenannten Ortszellen (place cells) im menschlichen Gehirn den Ort, an dem sich eine Person befindet, und speichern entsprechende ortsrelevante Eindrücke ab, während die Gitterzellen (grid cells) für das Auffinden des Weges dorthin verantwortlich sind (Burgess, 2014). Des Weiteren bieten technische Errungenschaften neue Methoden an, die zur Erforschung der Raumvorstellung beitragen und eine Erweiterung des Sehens, Vorstellens, Denkens und Handelns ermöglichen. Virtuelle Darstellungen durch Augmented Reality- und Virtual Reality-Systeme erweitern die reale und mentale Sichtweise (Dünser, 2005).

Aufgrund der Tatsache, dass weltweit Fachkräfte für den gesamten naturwissenschaftlich-mathematisch-technischen Bereich (STEM bzw. STEAM – science, technology, engineering, arts, mathematics) fehlen und die Raumvorstellung eine DER Schlüsselkompetenzen für diese Wissensgebiete ist, gilt es, dieser grundlegenden Facette der Intelligenz einen bedeutenden Wert beizumessen. (Uttal & Cohen, 2012; Stieff & Uttal, 2015)

Stand der Forschung

Das Raumvorstellungsvermögen erfasst die Fähigkeit eines Individuums, in der Vorstellung etwas räumlich zu sehen und räumlich zu denken (Maier, 1994). Die Sinneseindrücke werden gedanklich verarbeitet und mental umgeordnet. Durch Denken werden räumliche Objekte mental erzeugt und transformiert, sowie Relationen zwischen mehreren dieser mentalen Objekte erkannt und hergestellt. Das Individuum selbst kann dabei gedanklich unterschiedliche räumliche Positionen einnehmen. (Maresch, 2018) Als Vorstufe und notwendige Voraussetzung dazu gilt die visuelle Wahrnehmung, die den anatomisch-neurologischen Sehvorgang bis hin zum „Erkennen“ der räumlichen Objekte und Beziehungen umfasst. Daran schließt sich das eigentliche mentale Arbeiten mit den räumlichen Objekten bzw. Vorstellungsbildern an, wie z. B. das Transformieren, Drehen, Spiegeln, Skalieren, Schneiden sowie das Sich-Orientieren im realen Raum und in der Vorstellung.

Raumvorstellung in der Physik

Die Raumvorstellung liegt in besonderem Maße zum einen zahlreichen Sachverhalten der Physik zugrunde, zum anderen auch der methodischen Darstellung von physikalischen Prozessen durch Graphen, Diagramme und Modelle (Zöggeler, 2019). Das räumliche Denken umfasst neben den Faktoren Veranschaulichung/Räumliche Visualisierung, Räumliche Beziehungen, Mentale Rotation und Räumliche Orientierung (Maresch, 2015), u. a. auch das Erkennen von Bewegungen und Geschwindigkeiten und das Abschätzen von Größenordnungen. Die *Veranschaulichung/Räumliche Visualisierung* wird als grundlegender Faktor angesehen und betrifft das Vorstellen des Objektes und seiner Teile; sie steht in engem Zusammenhang zur Komponente der *Räumlichen Beziehungen*, die die Lage von Objekten und ihren Beziehungen zueinander in einer gesamtheitlichen Anordnung beschreiben. Als ein physikalisches Beispiel für das Zusammenwirken beider Komponenten kann das Erkennen von Darstellungen identischer elektrischer Schaltungen angeführt werden. Wenn z. B. Parallelschaltungen gedreht aufscheinen oder Widerstände nicht optisch parallel angeordnet sind, so werden die Parallelschaltungen vielfach nicht als solche erkannt (siehe Abb. 1) (Wilhelm & Hopf, 2018). Die räumliche Beziehung der einzelnen Widerstände im physikalischen Kontext ist in Bezug zur gesamten Schaltung zu betrachten. Die Vorstellung der Ablenkung eines sich bewegenden geladenen Teilchens in einem Magnetfeld erfordert ebenfalls Räumliche Visualisierung und Erkennen von Räumlichen Beziehungen. Die *Mentale Rotation* betrifft die Fähigkeit, Figuren in verschiedenen Konstellationen räumlich zu drehen, z. B. bei der Vorstellung der räumlichen Anordnung der Atome in Molekülen. Studien (Kozhevnikov & Thornton, 2006; Kozhevnikov, Motes & Hegarty, 2007) zeigen, dass ein enger Zusammenhang zwischen räumlichem Denken und der Vorstellung von Bewegungen besteht. Dies trifft u. a. bei der Überlagerung von Bewegungen in unterschiedliche Richtungen, bei der Beschreibung von Bewegungsgraphen und beim Bezugssystemwechsel zu. Bei letzterem wird mitunter die *Räumliche Orientierung* benötigt. Sie bezeichnet die Fähigkeit, die Perspektive bzw. den Standort mental wechseln zu können und sich gedanklich in einer Konstellation von Objekten zurechtzufinden. Der Wechsel des Bezugssystems kann am Beispiel eines frei fallenden Körpers auf einem mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegten Wagen verdeutlicht werden (siehe Abb. 2). Für eine betrachtende ruhende Person außerhalb mit senkrechter Blickrichtung auf den Wagen ergibt sich eine parabelförmige Bahnkurve. Wenn angenommen wird, dass die beobachtende Person auf dem sich bewegenden Wagen steht, so erfordert dies einen Perspektivenwechsel, der zur Vorstellung einer anderen Bahnkurve führt. Als weitere Komponente der Raumvorstellung, die u. a. in obigen Beispielen der Mechanik zum Ausdruck kommt, gilt die *Vorstellung von Bewegungen und Geschwindigkeiten* (Stinken, 2015). Das *Abschätzen von Größenordnungen*, z. B. bei Entfernungen, Zeitangaben und Geschwindigkeiten, ist ein weiterer Aspekt der Raumvorstellung und spielt im Besonderen bei der Vorstellung vom Aufbau der Materie auf mikroskopischer Ebene und bei der Vorstellung von astronomischen Phänomenen (Cole, Cohen, Wilhelm & Lindell, 2018) eine Rolle. Aufgrund der Komplexität physikalischer Phänomene lassen sich diese Komponenten meist nicht einzeln einem Sachverhalt zuordnen, sondern das Zusammenwirken mehrerer von ihnen dient dem Verständnis und der Vorstellung.

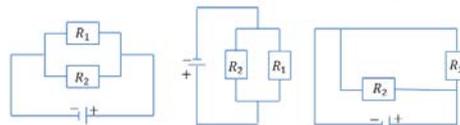


Abb. 1 – Parallelschaltungen mit Widerständen in unterschiedlicher Anordnung: gedrehte Schaltungen und geometrisch nicht parallel angeordnete Widerstände

Literatur

- Burgess, N. (2014). The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine: A Spatial Model for Cognitive Neuroscience. *Neuron*, 84 (6). Elsevier Inc.
- Cole, M., Cohen, Ch., Wilhelm, J., & Lindell, R. (2018). Spatial Thinking in astronomy education research. *Physical Review. Physics Education Research* 14.
- Dünser, A. (2005). Trainierbarkeit der Raumvorstellung mit Augmented Reality. Dissertation. Universität Wien, Fakultät für Psychologie.
- Kozhevnikov, M., & Thornton, R. (2006). Real Time Data Display. Spatial Visualization Ability and Learning Force and Motion Concepts. *Journal of Science Education and Tecnology*. Vol.15. No.1.
- Kozhevnikov, M., Motes, M.A., & Hegarty, M. (2007). Spatial Visualization in Physics Problem Solving. *Cognitiv Science* 31.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences on spatial ability: a meta-analysis. *Child Development*, 56.
- Maier, P. H. (1994). Räumliches Vorstellungsvermögen. Komponenten, geschlechtsspezifische Differenzen, Relevanz, Entwicklung und Realisierung in der Realschule. Frankfurt am Main: Europäischer Verlag der Wissenschaften.
- Maresch, G. (2015). Wie kann die Raumintelligenz gefördert werden? Faktoren, Strategien und geschlechtsspezifische Befunde. *Mathematik im Unterricht*. Heft Nr. 6.
- Maresch, G. (2018). Wie und Was sieht das Gehirn. Vortrag bei der 39. Österreichischen Fortbildungstagung für Geometrie. Strobl.
- Stieff, M., & Uttal D. H. (2015). How much can spatial training improve STEM achievement? *Educational Psychology Review*. 27(4), 607-615.
- Stinken, L. (2015). Schätzkompetenz von Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe I. *Phy Did B*.
- Uttal, D. H., & Cohen, C. A. (2012). Spatial thinking and STEM education: When, why, and how? *Psychology of Learning and Motivation*. Vol.1.
- Wilhelm, Th., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. Schecker, H., Wilhelm, Th., Hopf, M., Duit, R., (Hrsg.). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin: Springer Spektrum.
- Zöggeler, M. (2019). Räumliches Denken in der Physik. Strahl, A. (Hrsg.) *Delta Phi B*. Universität Salzburg.