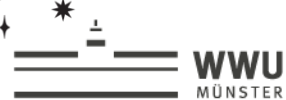
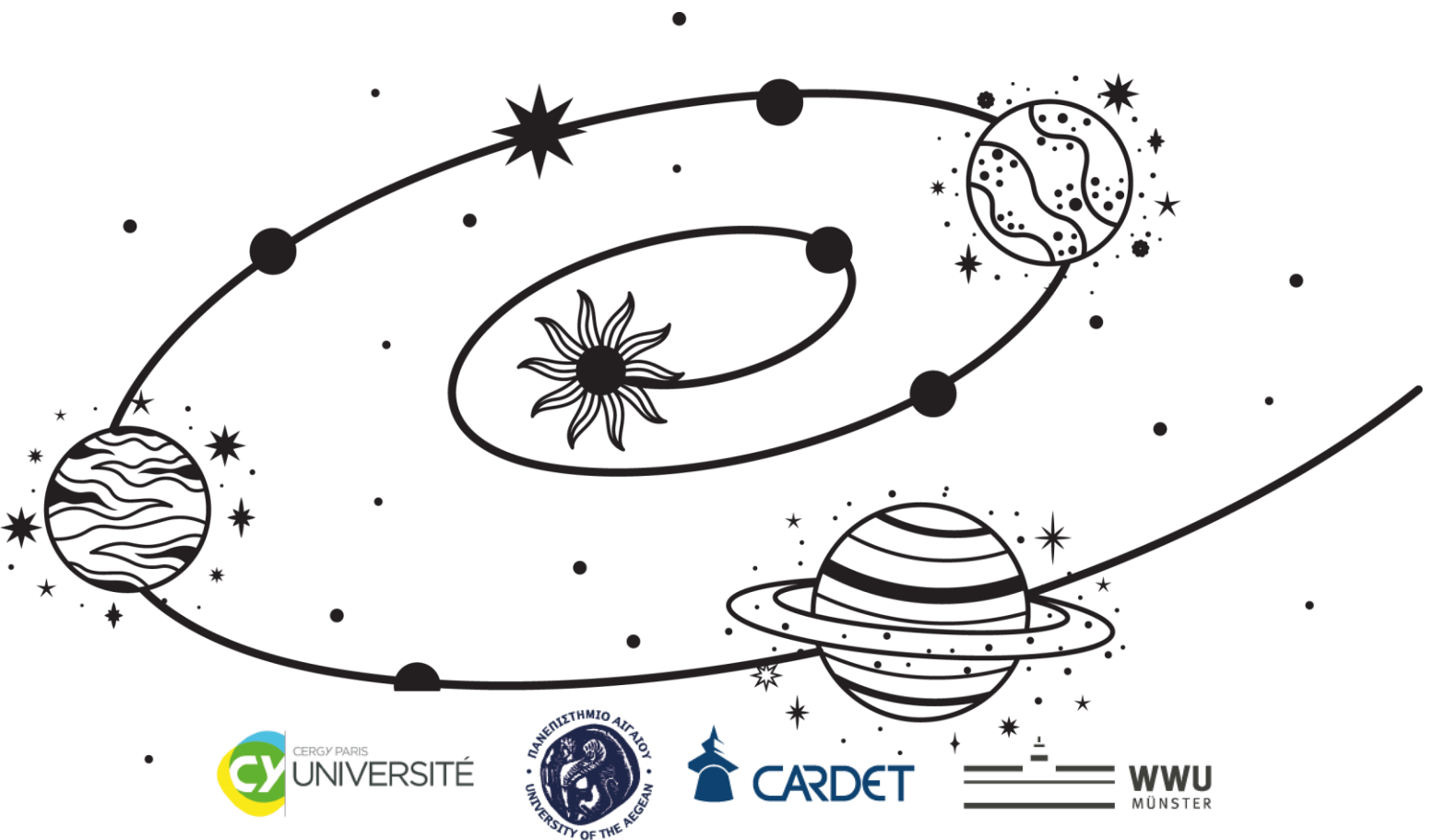


ARISTARCHUS

Theoretischer Ansatz



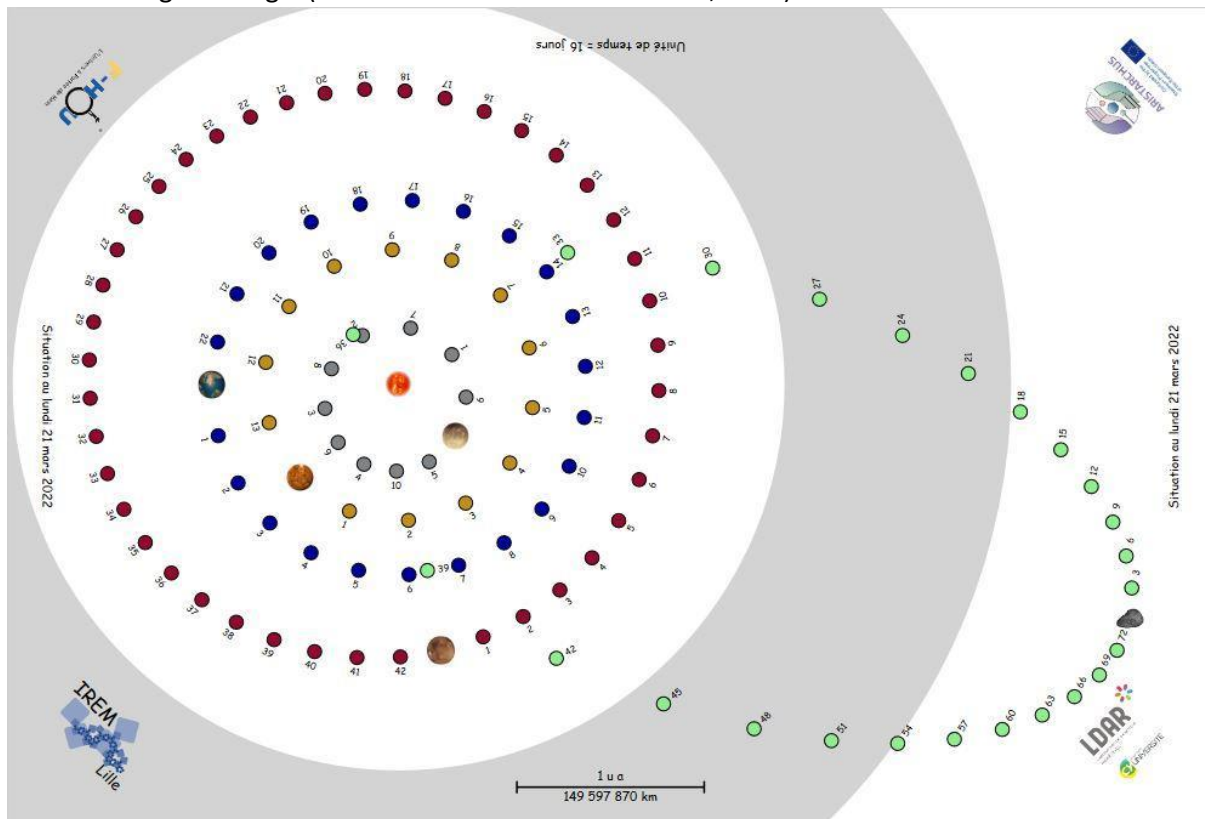
ARISTARCHUS: Theoretischer Ansatz

Aristarchus Erasmus Projekt

Oktober 2024

Astronomie spricht Lernende aller Altersgruppen an, und Astronomieunterricht ist in vielen Lehrplänen weltweit vorhanden (Salimpour et al., 2021). Das begehbbare Sonnensystem soll das Entstehen eines wissenschaftlichen Modells des Sonnensystems in Schulen von der Grundschule bis zur Sekundarstufe erleichtern, indem es körperliche Bewegung und sensorische Erfahrungen in Bildungskonzepte integriert.

In allen Sitzungen, die vom ARISTARCHUS-Projekt angeboten werden, erfolgt das Lernen als ein Forschungsprozess. Durch diesen Forschungsprozess wird das Planen des begehbbaren Sonnensystems zu einer Szene, in der menschliche Körper und Himmelskörper miteinander interagieren und sich ineinander verwandeln. Dies folgt einem "enaktiven Ansatz", bei dem "Lernen in neuen Wegen erfolgt" (Abrahamson und Sánchez-García, 2016).



*Das französische begehbbare Sonnensystem mit den Maßen 3,4*6 Quadratmeter.*

Wir stellen sicher, dass die im Projekt vorgeschlagenen Sitzungen so zugänglich wie möglich sind, um die Inklusion aller Schülerinnen und Schüler zu fördern. Diese Zugänglichkeit wird sowohl durch das vorgeschlagene Aktivitätsmedium (der menschliche Planet) als auch durch die Ressourcen erreicht, die den Lehrkräften zur Ergänzung der Sitzungen zur Verfügung gestellt werden. Das planetarische Medium bietet den Schülerinnen und Schülern eine Vielzahl von Handlungsmöglichkeiten und Ausdrucksformen (mündlich und schriftlich sowie physisch und motorisch). Seine untypische Natur und seine Fähigkeit, externe Bestätigung zu bieten, können ebenfalls einen echten Hebel darstellen,



um die Schülerinnen und Schüler für die vorgeschlagenen Aufgaben zu gewinnen. Darüber hinaus heben die Sitzungsblätter eine Reihe von Elementen hervor, die Lehrkräfte nutzen können, um sich an die Bedürfnisse ihrer Schülerinnen und Schüler anzupassen, wie etwa die Liste der Voraussetzungen, die Hindernisse, die in der Sitzung liegen, und mögliche Erweiterungen.

Quellen:

Abrahamson, D. and Sánchez-García, R. (2016). Learning is moving in new ways: The ecological dynamics of mathematics education. *Journal of the Learning Sciences*, 25(2):203–239.

Salimpour, S., Bartlett, S., Fitzgerald, M. T., McKinnon, D. H., Cutts, K. R., James, C. R., Miller, S., Danaia, L., Hollow, R. P., Cabezon, S., et al. (2021). The gateway science: A review of astronomy in the oecd school curricula, including china and south africa. *Research in Science Education*, 51:975–996.

Geschichte des begehbaren Sonnensystems

Planetarien – kuppelförmige Projektionen des Himmels – werden oft genutzt, um die Bewegung der Planeten um die Sonne darzustellen (Brazell und Espinoza, 2009; Plummer et al., 2015). Begehbare Sonnensysteme (Human Orreries), mechanische Modelle des Sonnensystems, sind geeignete Alternativen. Ein mechanisches Begehbare Sonnensystem stellt Planeten als visuelle 3D-Kugeln dar und reproduziert ihre Bewegungen durch eine Reihe mechanischer Vorrichtungen. Ein Begehbare Sonnensystem (HO) ist eine flache materielle Darstellung, eine Raum-Zeit-Karte, der Bewegungen einiger Himmelskörper im Sonnensystem um die Sonne, die durch eine Reihe von Scheiben dargestellt werden, die an ihren jeweiligen Positionen zu verschiedenen Zeiten innerhalb eines einzelnen statischen Bildes (eine Chronophotografie) angeordnet sind.

Immer im heliozentrischen Rahmen gezeichnet (wobei die Sonne ruhend ist und die Bewegung der anderen Objekte als Referenz dient), stellen sie genau die elliptischen Bahnen dar, die mit den Gesetzen von Kepler übereinstimmen. Der Abstand zwischen der Erde und der Sonne beträgt typischerweise einen Meter, was es den Teilnehmenden ermöglicht, die Rolle der Planeten zu übernehmen, die sich um die Sonne bewegen. Dies ermöglicht einen verkörperten und interdisziplinären Ansatz, der Wissen aus der Astronomie, Kinematik, Geometrie und Analyse vereint.

Das erste Begehbare Sonnensystem im Maßstab des Menschen wurde in Japan (Dyonic Astropark) und dann am Armagh Observatory (Asher et al., 2007) erstellt. Das japanische Gerät verwendet kreisförmige Bahnen, während das Armagh Begehbare Sonnensystem eine sehr präzise Darstellung der elliptischen Bahnen, einschließlich der Planeten bis hin zu Saturn und zwei Kometen, ist. Seit 2015 hat der Verein [F-HOU](#) ein großes Netzwerk von Begehbaren Sonnensystemen in Frankreich und Europa entwickelt. Verschiedene Lehrsequenzen wurden eingerichtet und in verschiedenen Forschungsarbeiten vom ESMEA LDAR-CY Forschungsteam analysiert.

Das ARISTARCHUS-Projekt hat diese Forschungs- und Verbreitungsbemühungen fortgeführt ([siehe die Karte](#) online und eine Beschreibung sowie Bilder aller Begehbaren Sonnensysteme weltweit [hier](#)).

- *Quellen*

Asher, D., Bailey, M., Christou, A., and Popescu, M. (2007). The human orrery: A new educational tool for astronomy. *Astronomy Education Review*, 5(2):159–176.

Brazell, B. D. and Espinoza, S. (2009). Meta-analysis of planetarium efficacy research. *Astronomy education review*, 8(1).

Plummer, J. D., Schmall, S., Yu, K. C., and Ghent, C. (2015). A guide to conducting educational research in the planetarium. *Planetarian*, 44(2):8–24.

- *ESMEA Quellen:*

Abboud, M., & Rollinde, E. (2021). Les Mathématiques du Système Solaire en plein air. Le planétaire humain au collège. *Repères IREM*, (124), 37-62.

Rollinde, E. (2017). Learning science through enacted astronomy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(2):237–252.



ARISTARCHUS

Rollinde, E. (2019). Enacting planets to understand occultation phenomena. arXiv preprint arXiv:1910.09403.

Rollinde, E., Decamp, N., & Derniaux, C. (2021). Should frames of reference be enacted in astronomy instruction?. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 013105.

Rollinde, E. and Maisch, C. (2023). Les orbites planétaires sont-elles circulaires? *Grand N, Revue de mathématiques, de sciences et technologie pour les maîtres de l'enseignement primaire*, (111):5–39.

Rollinde, E., Nechache, A., and Abboud, M. (2022). Etude du travail géométrique autour des ellipses avec le planétaire humain. Septième symposium d'Etude sur le Travail Mathématique-ETM7-Strasbourg.

- *ARISTARCHUS Quellen:*

Loch, M., Ubben, M., & Rollinde, E. (2023). Embodied Cognition and Minds in Orbit. Conference *Sciences in the flesh, embodiment in science education*. [Poster online](#)

LOCH, M. A., UBBEN, M. S., & ROLLINDE, E. Walk of the Planets. Students Concepts of the Solar System. [Online document](#)

Karampelas, K., Pырini, A., Sarrigeorgiou, G., Tsolakidis, K., Rollinde, E., Ubben, M., ... & Pantela, N. (2024). ARISTARCHUS—ARTISTIC REALITY IN SCHOOL EDUCATION: ENACTED, REFLECTIVE AND COLLABORATIVE LEARNING WITH THE HUMAN ORRERY SPACE. *ICICTE Conference 2024*. [Version online](#)

Das Design des begehbaren Sonnensystems

Hier finden Sie die Hauptkonventionen, die in allen begehbaren Sonnensystemen (Human Orrery) verwendet werden:

1. Die Längenskala ist so gewählt, dass ein Meter einem Astronomischen Einheit (AE) für ein begehbare Sonnensystem entspricht, um Umrechnungen zu erleichtern.
2. Verschiedene Kategorien von Objekten im Sonnensystem sind in den meisten begehbaren Sonnensystemen dargestellt: (Zwerg-)Planeten, Kometen und Asteroiden.
 - Planeten. Wenn ein begehbare Sonnensystem in einem großen Raum eingerichtet wird, können fast alle Planeten gezeigt werden. Das größte, in einer französischen Junior High School, umfasst Planeten bis hin zu Saturn und wird bald auch die Umlaufbahn von Uranus einbeziehen, der etwa 10 AE vom Sonnensystem entfernt ist. Gedruckte Sonnensysteme zeigen wahrscheinlich nur Umlaufbahnen der inneren Planeten (Merkur, Venus, Erde und Mars, bis zu 1,6 AE vom Sonnensystem).
 - Kometen. Die Umlaufbahnen von einem (auf einer Plane) oder zwei Kometen (in einem Innenhof) werden normalerweise dargestellt: der Komet Encke, dessen Umlaufbahn bis zu 4 AE bei seinem Aphel (der Position am weitesten entfernt von der Sonne) reicht, und Churyumov-Gersaminenko, der die Umlaufbahn von Jupiter erreicht (bei 5,7 AE vom Sonnensystem).
 - Asteroiden und Zwergplaneten. Der Haupt-Asteroidengürtel ist eine torusförmige Region (2-3 AE Radius vom Sonnensystem), zwischen Mars und Jupiter, die viele feste, unregelmäßig geformte Körper enthält, die Asteroiden oder kleinere Planeten genannt werden, aber viel kleiner als Planeten sind. Im begehbaren Sonnensystem wird dieser als grauer 2D-Ring zusammen mit der Umlaufbahn des Zwergplaneten Ceres dargestellt (sofern die Größe der Plane groß genug ist).
3. Jede Umlaufbahn wird durch eine Reihe von Scheiben dargestellt, die jeweils eine Farbe und eine zugeordnete Zahl haben. Die Dauer von einer Position mit der Nummer i zur Position mit der Nummer $i+1$ ist für alle Umlaufbahnen konstant (dies wird als Zeitschritt Δt bezeichnet). In einigen Fällen geht die numerische Serie in Schritten von drei (Encke) oder wechselt alle zwei Perioden (Merkur). Dies wird weiter unten erläutert.
4. Die Scheiben, die mit der Position der Objekte an einem bestimmten „Anfangsdatum“ verbunden sind, sind etwas größer und stellen – im Fall einer gedruckten Plane – das Bild der Planeten oder des Kometen dar. Die Scheiben, die die Sonne darstellen, sind ebenfalls etwas größer. Um zu verdeutlichen, dass die Größen nicht maßstabsgetreu sind, haben alle Scheiben, die ein Objekt darstellen, die gleiche Größe.

Jeder Student bewegt sich auf einer bestimmten Umlaufbahn mit einer Geschwindigkeit, die von einer anderen Person (normalerweise dem Lehrer) festgelegt wird, der regelmäßig in die Hände klatscht. Zwischen zwei Klatschen bewegen sich alle Planeten gleichzeitig von einer Zahl zur nächsten, während die Sonne stillsteht (im heliozentrischen Bezugssystem).

Ein Vorgängermodell des Sonnensystems

Das Wissen, das in das Design des begehbaren Sonnensystems (HO) einfließt, ist an den Unterricht und das Lernen in den betrachteten Klassen (Grund- und Sekundarschulen) angepasst. Unterschiede zum wissenschaftlichen Modell werden keine Missverständnisse erzeugen, solange sie explizit und den Lehrkräften sowie den Lernenden bekannt sind. Ein solches Modell wird als Vorgängermodell des Sonnensystems bezeichnet. Im Folgenden wird es kurz als „Orrery-Modell“ bezeichnet.

Wenn man nur die newtonianische Dynamik des Sonnensystems betrachtet, interagieren die Objekte durch die Gravitationskräfte eines N-Körpersystems, wobei N größer als 3 ist. Daher kann ihre genaue Trajektorie nicht analytisch berechnet werden. Die Karte des Orrery wird durch ein Programm erstellt, das von F. Recher (IREM de Lille) entwickelt wurde und die realen Positionen jedes Objekts an jedem Datum über die IMCCE-Website abrufen. Diese Position berücksichtigt die N-Körper-Interaktionen in einem 3D-Raum.

1. Da das Orrery gedruckt ist, muss es eine 2D-Darstellung sein, auch wenn die Bahnen des Sonnensystems nicht planare Bahnen sind. Daher werden alle 3D-Positionen auf die Bahnebene der Erde um die Sonne projiziert, die als Ekliptik bezeichnet wird. Es sei darauf hingewiesen, dass die Vorhersagen für die Ausrichtung von zwei Planeten mit der Sonne (ein Transit des innersten vor dem äußersten) dann häufiger sind (siehe Rollinde, 2019, für Details).
2. Das diskrete Aussehen der Bahn in der Chronofotografie (mit einer Reihe von Scheiben anstelle einer kontinuierlichen Linie) darf keine Stopp-und-Walk-Choreografie der Schüler erzeugen. Sie müssen ihre Beine im Intervall zwischen zwei Klatschen weiterbewegen, da sich himmlische Objekte ständig bewegen.
3. Kommen wir nun zur Wahl des Zeitschritts (Δt). Zwei Optionen werden üblicherweise vorgeschlagen.
 - $\Delta t = 1/24$ des Erdenjahres (oder etwa 15 Erdentage). Dadurch kommt die Erde nach einer Umdrehung exakt wieder an Punkt 0. Der Zeitschritt wird auf dem begehbaren Sonnensystem nicht angegeben, da er durch die Bewegung der Erde entlang ihrer Bahn abgeleitet werden kann. Es sei darauf hingewiesen, dass die Dauer des letzten Schrittes, der die Scheibe 0 erreicht, nicht gleich Δt für andere Planeten ist, da deren Perioden kein exakt Vielfaches von Δt sind. Dennoch stellt sich heraus, dass die Dauer dieses letzten Schrittes nicht so unterschiedlich von den anderen ist, was es ermöglicht, die gesamte Umlaufbahn gleichmäßig zu gehen.
 - $\Delta t = 16$ Erdentage. In diesem Fall gibt es 23 Scheiben entlang der Erdumlaufbahn, und der Zeitschritt wird auf dem begehbaren Sonnensystem angegeben. Die Dauer, die einem Orbitalzeitraum entlang der Erdumlaufbahn auf dem begehbaren Sonnensystem entspricht, beträgt jetzt 368 Tage. Daher hat der letzte Schritt auf der Erdumlaufbahn eine Dauer von etwa 13 Erdentagen.
 - Der Fall von Merkur ist besonders. Seine Orbitalperiode beträgt etwa 88 Tage. Mit der Wahl von $\Delta t = 16$ Tagen entspricht ein Orbitalzeitraum 5,5 Schritten. Daher wird eine zweite Reihe von Scheiben hinzugefügt, um 11 Schritte zu machen, bevor man die Position 0 erreicht. Die beiden Reihen wechseln sich entlang der Umlaufbahn ab. Mit der Wahl von $\Delta t = 1/24$ Jahr entsprechen 88 Tage 5,78 Schritten, sodass der letzte Schritt nicht viel anders als die anderen ist, und nur eine Orbitalperiode wird dargestellt.
 - Kometen bewegen sich viel langsamer, da sie sich in der Nähe des Aphelions weit entfernt von der Sonne und im Perihelion viel näher befinden. Um zu verhindern, dass

die Scheiben im Aphelion zu nahe beieinander sind, wird nur jede dritte Scheibe gezeichnet (grüne Scheiben). Daher muss man drei Schritte gehen, um von einem Punkt zum nächsten zu gelangen.

4. Nicht zuletzt sind die Bahnen des Sonnensystems nicht stabil und ändern sich über einen langen Zeitraum, etwa 10.000 Jahre für die Bahn von Merkur und 400.000 Jahre für die Bahn der Erde. Die Trajektorien jedes Objekts im Orrery können daher als stabil betrachtet werden, über den Zeitraum, der im Bildungskontext berücksichtigt wird, typischerweise eine Dutzend Orbitalperioden höchstens.

Quellen

Rollinde, E. (2019). Enacting planets to understand occultation phenomena. arXiv preprint arXiv:1910.09403.

Weil-Barais, A. (2022). *What is a precursor model?* In *Precursor models for teaching and learning science during early childhood*, pages 11–32. Springer.

Die Theorie der Inquiry

Inquiry Nach der Inquiry-Theorie, die von J. Dewey eingeführt wurde (Barrow, 2006; Thievenaz, 2019), entwickeln und wachsen Menschen, indem sie Transaktionen mit ihrer Umgebung wiederherstellen, um mit ihr in Kontinuität zu bleiben. Wenn eine Unterbrechung auftritt und das Gleichgewicht der Aktivität gestört oder unterbrochen wird, engagiert sich das Subjekt in intelligentem Verhalten, um die Kontinuität im Verlauf seiner oder ihrer Aktivität wiederzuerlangen. Um solch eine Verlegenheit zu empfinden, müssen Lernende ein Ziel haben, das sie erreichen wollen, oder eine Handlung ausführen müssen. Auf dem begehren Sonnensystem müssen Lernende in der Lage sein, sich auf der Ebene zu bewegen, als ob sie Planeten wären. Diese Handlung erfordert, dass die Lernenden die Zeichen (Scheiben, Skalen...) verstehen und sie mit motorischen Handlungen verbinden, was "neue Wissensformen im Prozess erzeugt". Wir erwarten von den Lernenden, dass sie dem Inquiry-Muster für jedes Zeichen folgen: 1) die unbestimmte Situation; Zweifel; 2) das Problem aufstellen; 3) die Lösung des Problems bestimmen; 4) das Schließen; 5) die operationelle Natur der Fakten-Bedeutungen. Dieses Muster erfordert, dass die Lernenden beobachten, "was das Trainieren aller Sinne und den direkten Kontakt mit Dingen beinhaltet, eine konkrete und zugängliche Phase ist" (Zask, 2017). Es können verschiedene Arten von Beobachtungen unterschieden werden:

- spontane Beobachtung (Identifikation der Ursache des Problems – materielles oder kognitives Hindernis – um es zu überwinden)
- reflektierende Beobachtung: Suche nach einer Möglichkeit, die tatsächliche Situation zu transformieren, neue Werkzeuge zu schaffen
- Beobachtung zur Datensammlung, gelenkt von unseren Hypothesen
- Beobachtung, um eine Hypothese oder Idee zu testen
- direkte Beobachtung oder Beobachtung mit Instrumenten
- Beobachtung „hoch 2“, die der Konsequenzen von anfänglichen Beobachtungen in Bezug auf konkrete Effekte, situierte Praktiken oder existenziell erlebte Ergebnisse

Kurz gesagt, "lernen Studierende zu beobachten, um (1) die Natur der Schwierigkeiten zu entdecken, mit denen sie konfrontiert sind, (2) hypothetische Erklärungen für das Unverständliche zu vermuten, was ihre Beobachtungen offenbaren, und (3) die so vorgeschlagenen Ideen zu testen. Kurz gesagt, Beobachtung erhält eine wissenschaftliche Natur". Im Kontext des begehren Sonnensystems nehmen wir an, dass diese Untersuchung eine wahrnehmungs-motorische Aktivität der Studierenden auf der Ebene beinhaltet; wir gehen davon aus, dass diese Beobachtungen auf der Einbeziehung des Körpers der Lernenden beruhen, durch das Verweben von Bewegungen, Gesten und Sprache (Lapaire, 2022).

Quellen

Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3):265–278.

Lapaire, J.-R. (2022). *Le "corps apprenant": une notion centrale en mal d'inclusion*. In (eds.) Charbonneau, C., Duval, H., *Le corps dans l'enseignement-apprentissage*. Québec: Presses de l'Université Laval.

Thievenaz, J. (2019). La théorie de l'enquête de John Dewey: actualité en sciences de l'éducation et de la formation. *Recherche et formation*, (92):9–17.

Zask, J. (2017). S'entraîner à observer. *Questions Vives. Recherches en éducation*, (27).

Begehbares Sonnensystem, von der Plane zur Szene

Die Begegnung mit dem begehbaren Sonnensystem wird als eine günstige Situation für Beobachtung und Untersuchung betrachtet. Wir gehen davon aus, dass es als ein „blended space“ (Fauconnier, 2008) funktioniert, der mindestens 3 Räume integriert:

- der physische Ort, der gewählt wird, um die Aktivitäten durchzuführen (z.B. ein Hof, ein Spielplatz, ein Klassenzimmer);
- der bezeichnete und kulturelle Raum des Sonnensystems (auf dem Boden nachgezeichnet, auf einer Plane oder einem A3-Blatt gedruckt),
- und der soziale Raum des Klassenzimmers (in dem das Lernen institutionell organisiert wird).

Die Lernenden erfahren diese 3 Räume gemeinsam und gleichzeitig. Die Teilnehmer stehen, treten und bewegen sich durch ihre unmittelbare Umgebung – die sie eindeutig als den proximalen physischen Raum anerkennen. Während sie dies tun, stellen sie entfernte Himmelsobjekte, Positionen und Bewegungen dar, die normalerweise dem Weltraum angehören. Dieser zweite Raum ist sowohl faktisch – er existiert als Tatsache – als auch fiktiv: Seine kinetische Realisierung ist ein Produkt der Vorstellungskraft. Die Teilnehmer reagieren auch auf die Aufforderungen der Lehrkraft und nehmen an Aktivitäten teil, wodurch der Status des begehbaren Sonnensystems als Lehr- und Lernraum anerkannt wird.

Alle 3 Räume – physisch, astronomisch, pädagogisch – verschmelzen eindeutig zu einem erlebbaren Raum: der gemischte begehbare Sonnensystem-Raum, mit eigenen semiotischen Regeln, Bewegungsmerkmalen und kognitiven Funktionen. Das, was für den Raum gilt, gilt auch für den Körper. Die Teilnehmer reagieren physisch und sozial auf die Ko-Präsenz von Mitmenschen. Sie stellen auch symbolisch Himmelskörper dar, als Teil der kinetischen Fiktion des begehbaren Sonnensystems. Und indem sie der physischen Anleitung der Lehrkraft folgen und sich an den Denkaufgaben beteiligen, verhalten sich die sinnenden, sich bewegenden und kognisierenden Körper eindeutig als „Lernkörper“ (Lapaire, 2022). So wie wir 3 integrierte Räume haben, haben wir 3 integrierte Körper, die zu einem verschmelzen: der gemischte begehbare Sonnensystem-Lernkörper, mit eigenen Verhaltenscodes, Bewegungsmustern und reflektierender Aktivität.

Quellen

Fauconnier, G. and Turner, M. (2008). *The way we think: Conceptual blending and the mind's hidden complexities*. Basic books.

Lapaire, J.-R. (2022). *Le "corps apprenant": une notion centrale en mal d'inclusion*. In (eds.) Charbonneau, C., Duval, H., *Le corps dans l'enseignement-apprentissage*. Québec: Presses de l'Université Laval.

Ein enaktiver Ansatz

Durch das Begehen des begehbaren Sonnensystems handelt der Lernende, um Wahrnehmungen zu entwickeln, versucht Verbindungen zwischen seinen Bewegungen und dem, was diese ihm ermöglichen zu wahrzunehmen, und dann zu verstehen. Sensorische Erfahrungen und wissenschaftliche Konzepte können dann wieder miteinander verbunden werden, insbesondere durch „achtsame Aufmerksamkeit für die Wahrnehmung“ (Wilson, 2002; Glenberg et al., 2013). Dieser Ansatz kann als enaktiv beschrieben werden (Varela et al., 1991), weil der Lernende aus seiner Perspektive nicht mit einer informationsreichen Umgebung konfrontiert wird, sondern Bedeutungen hervorbringt, die von seinen Handlungen abhängen.

Die Enaktionstheorie erkennt die Rolle von Wahrnehmung und Handlung als Grundlage abstrakten Wissens an und verwischt die traditionelle Trennung zwischen sensomotorischen Prozessen und abstraktem Denken. Die gängige Hypothese besagt, dass durch die Einbeziehung des Körpers des Lernenden in physische Handlung (verkörpertes Lernen) abstrakte oder entfernte Konzepte als „greifbar“ und proximal umgestaltet werden. Dies macht letztere zugänglicher und fördert das Entstehen verfeinerter Wissensstrukturen (Johnson-Glenberg & Megowan, 2017; Skulmowski & Rey, 2018; Abrahamson et al., 2020).

Das verkörperte Lernen ist ein relativ neues Forschungsfeld, und mehrere Ergebnisse stützen die Hypothese, dass Bewegungen und Enaktion genutzt werden können, um Lernen auf einer tieferen kognitiven Ebene zu verankern (Glenberg, 2010) und damit abstrakte Konzepte für Menschen mit unterschiedlichen Hintergründen intuitiv zugänglich zu machen.

Zurück zum begehbaren Sonnensystem: Ein junger Lernender – nicht sehr groß, umgeben von anderen Lernenden, der das begehbare Sonnensystem nicht „aus der Vogelperspektive“, sondern auf Augenhöhe betrachtet – nimmt bestimmte Merkmale der Planeten und die Bewegungen der anderen Lernenden wahr. Darüber hinaus würde diese Perspektive die Bedeutung offenbaren, die dieser Lernende diesen Merkmalen zuschreibt. Ein solcher Ansatz würde es ermöglichen, das begehbare Sonnensystem als einen Raum von angeregten Handlungen zu betrachten, den der Lernende allmählich mit Hilfe des Lehrers und der anderen Lernenden für sich selbst konstruiert und den er erkundet, um nach und nach eine Welt der Bedeutungen hervorzubringen.

Quellen

Abrahamson, D., Nathan, M. J., Williams-Pierce, C., Walkington, C., Ottmar, E. R., Soto, H., and Alibali, M. W. (2020). The future of embodied design for mathematics teaching and learning. *Frontiers in Education*, volume 5, page 147. Frontiers Media SA.

Glenberg, A. M., Witt, J. K., and Metcalfe, J. (2013). From the revolution to embodiment: 25 years of cognitive psychology. *Perspectives on psychological science*, 8(5):573–585

Glenberg, A. M. (2010). *Embodiment as a unifying perspective for psychology*. Wiley interdisciplinary reviews: Cognitive science, 1(4):586–596.

Johnson-Glenberg, M. C. and Megowan-Romanowicz, C. (2017). Embodied science and mixed reality: How gesture and motion capture affect physics education. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1):24.

Skulmowski, A. and Rey, G. D. (2018). Embodied learning: introducing a taxonomy based on bodily engagement and task integration. *Cognitive research: principles and implications*, 3(1):6.



ARISTARCHUS

www.website.org

Varela, F. J., Thompson, E., and Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. MIT press.

Wilson, M. (2002). *Psychonomic bulletin & review*. Six views of embodied cognition, 9:625–636.