

Wie sieht eigentlich das Sonnensystem aus?

- Empirische Erhebung mentaler Modelle Lernender zu Objekten im Sonnensystem -

Maximilian Alexander Loch*, Malte S. Ubben*

*Institut für Didaktik der Physik, Wilhelm-Klemm-Str. 10, 48149 Münster
maximilian.loch@uni-muenster.de
malte.ubben@uni-muenster.de

Kurzfassung

Astronomie ist seit jeher ein interessantes Thema für Lernende. Doch nicht nur die Wissenschaft, sondern auch die Medien bieten eine Vielzahl von Darstellungen astronomischer Objekte. Durch die Medien werden diese oft aus dem Kontext gerissen, wodurch im Inhaltsfeld Astronomie in weiterführenden Schulen interessant wird, welche Vorstellungen und mentalen Modelle die Lernenden zu astronomischen Objekten im Sonnensystem aufgebaut haben. Um einen Einblick in die mentalen Modelle zur Darstellung unseres Sonnensystems zu erhalten, wurde in der hier vorgestellten Studie eine qualitative Erhebung von gezeichneten Darstellungen unseres Sonnensystems von verschiedenen Zielgruppen gesammelt und analysiert. Zusätzlich wurden zur Reflexion anregende Fragen gestellt, die mögliche Lücken bei der zeichnerischen Darstellung aufgreifen.

1. Einführung

In diesem Artikel wird eine Pilotstudie vorgestellt, die verwendet wird, um die Bildung mentaler Modelle in Bezug auf das Sonnensystem zu untersuchen. Da das Sonnensystem Bestand vieler Lehrpläne ist, ist es zweckdienlich, mehr darüber zu erfahren, wie Lernende Vorstellungen zu diesem komplexen Konzept aufbauen. Denn um effektive Lehrmaterialien und Unterrichtseinheiten zu erstellen, muss unter anderem das Vorwissen der Lernenden einbezogen werden [1].

Interessant sind vor allem die mentalen Repräsentationen, die die Lernenden für das Sonnensystem besitzen. Welche Verständnisse lassen sich aus diesen gewinnen und wie verändern sich diese mentalen Modelle möglicherweise über die Länge einer Astronomie Einheit? Und wie hängen die Modelle mit dem tatsächlichen Wissen der Lernenden zusammen?

2. Theoretische Hintergründe

Die Erforschung von mentalen Modellen Lernender kann Aufschluss darüber geben, inwieweit Konzeptwissen verankert ist [2]. Durch ein genaues Verständnis darüber, wie Lernendenvorstellungen sich entwickeln, können darüber hinaus Förder- und Forderansätze gezielt erstellt werden. Lernendenvorstellungen werden in diesem Artikel als interne Repräsentationen verstanden, mit denen Lernende ihre Ideen und Konzepte entwickeln. Dabei sind besonders zwei Aspekte der Repräsentationen interessant (vgl. [3]): Das Aussehen (Gestalt) und die damit kodierten Funktionen und Prinzipien (Funktionalität). Vor allem die Gestalt kann dabei durch Zeichnungen von Lernenden mit gewissen Einschränkungen (z.B. Zeichenfähigkeit oder Visualisierungsfähigkeit) erhoben

werden. Grundsätzliche explorative Fragestellungen sind somit:

- Welche Lernendenvorstellungen lassen sich in Bezug auf das Sonnensystem in verschiedenen Altersklassen finden?
- Wie lassen sich diese Vorstellungen typisieren?

3. Methodik

3.1. Studiendesign

Für die hier berichtete Pilotstudie wurden 4 Gruppen von Schülern von insgesamt zwei Gymnasien untersucht. Der größere Teil, mit zwei 6. Klassen und einer 9. Klasse, gehört dabei zu einem Gymnasium aus NRW. Der Rest der Daten kommt von einer Umwelt-AG einer Schule aus Niedersachsen. Die Umwelt-AG reicht dabei von Klasse 5 bis Klasse 12.

Insgesamt haben N=91 Lernende an der Studie teilgenommen. Zusätzlich zur Erhebung mittels der Zeichnungen werden diese Schülerinnen und Schüler auch an einer Intervention im Zuge eines Astronomie Projektes teilnehmen. Ein Posttest nach Durchführung des Projektes ist geplant.

Für die Studie wurden, unter anderem wegen der Intervention, Lernende ausgesucht, die auf der weiterführenden Schule noch keinen Unterricht zum gesamten Sonnensystem hatten. Die Studie wurde dabei im Physikbezug durchgeführt. Bei den drei Klassen des Gymnasiums aus NRW wurde diese im Physikunterricht vollzogen. Bei der AG aus Niedersachsen handelte es sich um eine physiknahe Umwelt-AG, die von einem Physiklehrer unterrichtet wird.

In beiden Fällen wurden die Fragebogeninstrumente vor der Durchführung von Astronomie-Unterricht im

Rahmen des „Aristarchus-Projektes“ von den Lernenden bearbeitet.

3.2. Das Fragebogeninstrument

Der Fragebogen, der den Lernenden vorgelegt wurde, befasste sich primär mit der Frage der Gestalt des Sonnensystems. Die Lernenden wurden in diesem darum gebeten das Sonnensystem mit verschiedenfarbigen Stiften nach ihrer Vorstellung zu zeichnen. Im Anschluss an diese primäre Frage wurden ein paar Fragen zur Verortung gestellt; beispielsweise ob alle gewünschten Farben vorhanden waren, oder welche Teile ihrer Zeichnung ihnen besonders gut gelungen sind. Es wurde ebenfalls gefragt, welche Aspekte die Testperson nicht zeichnerisch darstellen konnte, um eine Antwort hervorzurufen die eventuell auf ein Wissen über Aspekte wie die Bahninklinationen, den „dunklen“ Weltraum oder Bewegungen hinweisen.

4. Typisierung der Zeichnungen

Nach Sichtung der Zeichnungen wurden mittels induktiver Kategoriebildung verschiedene Gestalttypen bestimmt. Die Kategorien wurden durch mehrere Experten eingeordnet, dabei sind die Kategorien nicht zwangsweise disjunkt, sondern stellen häufige Muster dar. Folgend sind die häufigsten Gestalttypen beschrieben.

4.1. Erdfokus

Bei einigen wenigen Lernenden konnte ein starker Fokus auf die Erde und den Mond gefunden werden. Dieser kann durch eine stark prominente Platzierung der Erde, eine vergrößerte Darstellung, oder als alleinige Darstellung der Erde auftreten. Er ist in manchen Fällen auch gleichzeitig mit anderen Typen aufgetreten. In dem hier dargestellten Beispiel in Abbildung 1 (Klasse 6) ist sogar ein erdzentrisches Bild zu erkennen, bei dem Mond und Sonne um die Erde zu kreisen scheinen.

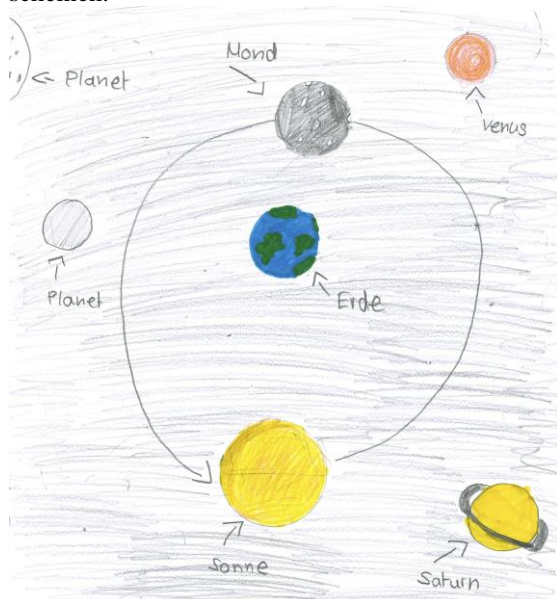


Abb.1: Beispielhafter Erdfokus mit Sonne und Mond. (Klasse 6)

4.2. Haufen

Der sogenannte Haufen stellt sich durch folgende Charakteristika dar:

- Einen Mangel an Ordnung oder Zugehörigkeit.
- Das Vorhandensein der meisten Planeten.
- Das Fehlen von Bahnen oder sonstigen Strukturen.

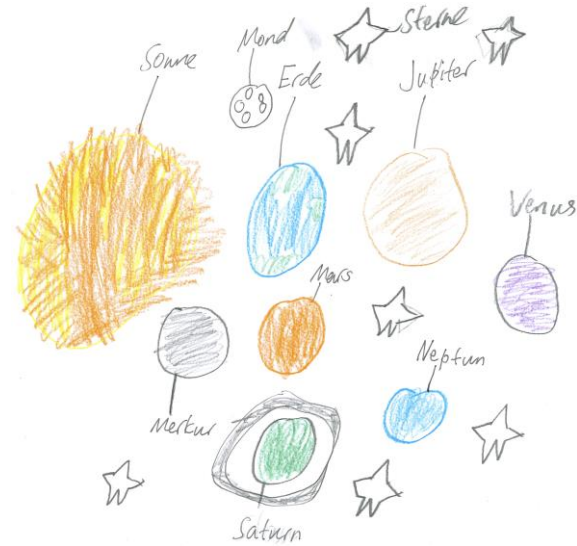


Abb.2: Beispielhafter "Haufen" ohne konkrete Ordnung. (Klasse 6)

Auffällig ist bei diesem Typ, dass die Lernenden, die diesen Modelltyp zeichnen, oft ein gutes Wissen über die Anzahl und die Namen der Planeten haben, diese jedoch in keine besondere Ordnung bringen. Weder werden die Planeten nach Größe, Typ oder Reihenfolge sortiert.

In manchen Fällen kommt es vor, dass die Sonne zwar in der Mitte gezeichnet wird, trotzdem aber keine konkrete Hierarchie erkennbar ist.

Vergleicht man diesen Typen mit dem Erdfokus, fällt auf, dass der Erdfokus immerhin eine Hierarchie und teilweise ein Verständnis von Bewegung besitzt, während ihm aber im Gegensatz zum Haufen meistens viele - wenn nicht sogar alle - andere Planeten fehlen. In Abbildung 2 ist zudem eine Zeichnung des Typs „Haufen“ abgebildet.

4.3. Gemeinsame Bahnen

Bei den gemeinsamen Bahnen sind folgende Faktoren entscheidend:

- Die meisten Planeten sind präsent.
- Die Planeten befinden sich alle auf Bahnen um die Sonne.
- Mehrere Planeten befinden sich auf einer Bahn.
- Teilweise können leichtere Strukturierungen wie die Unterteilung in innere und äußere Planeten erfolgen. (Abbildung 3)

Der Typ der gemeinsamen Bahnen scheint im Gegensatz zu dem Haufen-Typ den Beginn einer Ordnung zu zeigen.

Den Lernenden scheint bewusst zu sein, dass es irgendeine Art Bahn um die Sonne zu geben scheint. Fraglich ist hierbei, ob ohne das konkrete Einzeichnen von Pfeilen, oder eine schriftliche Beschreibung einer Bewegung, auch von dem Verständnis einer Bewegung um die Sonne gesprochen werden kann. Möglicherweise stellen sich die Lernenden auch einfach eine Art Ring um die Sonne vor auf dem die Planeten fixiert sind.

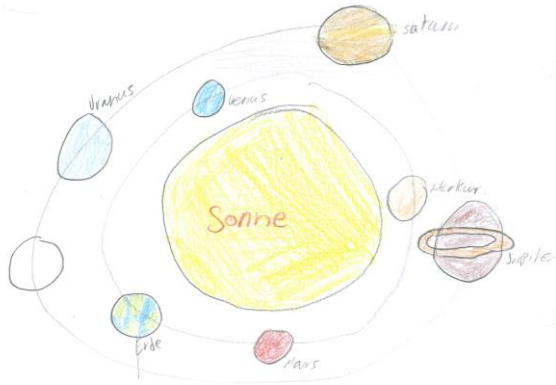


Abb.3: Beispiel der gemeinsamen Bahnen mit Unterteilung zwischen inneren und äußeren Planeten. (Klasse 6)

Im Beispiel der Abbildung 3 ist eine solche Bewegung weder zu erkennen noch von der Hand zu weisen. Interessant ist, dass die Lernenden dieses Modelltyps meistens eine Vielzahl von Planeten kennen, wie hier sogar das Konzept der inneren und äußeren Planeten, jedoch auch Versionen existieren, bei denen nur Umrisse ohne Namen gezeichnet werden. Im Vergleich zum Haufen-Typ scheint dieser also zumindest was die Kenntnis der Planeten angeht keine Steigerung zu sein, während jedoch ein leichtes Konzept von Ordnung vorhanden zu sein scheint.

4.4. Reihung/Orrery

Die letzten zwei Typen liegen sehr nah beieinander und die Frage, ob es sich tatsächlich um zwei unterschiedliche Modelltypen handelt, ist noch nicht ausreichend beantwortet.

4.4.1. Reihung

Der Reihungstyp ist dominiert durch seine Struktur, aber auch nur schwammig vom Typen des Orrery zu unterscheiden. Signifikante Merkmale sind jedoch:

- Eine reihenartige Anordnung der Planeten.
- Das Aufzeichnen fast aller Planeten in der richtigen Reihenfolge.
- Eine statisch anmutende Darstellung der Planeten.

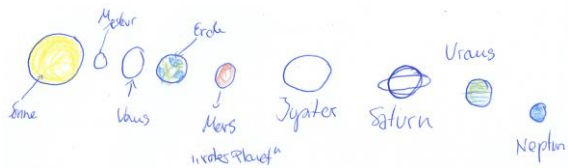


Abb.4: Liniendarstellung mit Sortierung der Planeten in korrekter Reihenfolge. (Klasse 12)

Wie auch in Abbildung 4 zu erkennen ist nicht bei allen Planeten das Wissen nach der Gestalt vorhanden, da manche Planeten nicht ausgemalt sind, doch wird der Reihungstyp stark von der Anordnung der Planeten dominiert. Es wirkt wie eine Abwandlung des Haufen-Typs, mit dem Unterschied, dass die Lernenden ein Verständnis für die Reihenfolge der Planeten entwickelt haben.

4.4.2. Orrery

Ein Orrery oder auch eine Planetenmaschine ist die Bezeichnung für eine mechanische Darstellung des Sonnensystems, bei der sich die Planeten, meistens an Stangen befestigt, um die Sonne drehen. Über die Jahrhunderte haben sich viele verschiedene Versionen entwickelt. Verwendet wird der Begriff an dieser Stelle, da die Darstellungen aus dieser Kategorie oft mechanisch anmuten, mit Ringen und teilweise sogar erahnbarer Verbindungsstangen.

Der Orrery-Modelltyp bietet eine medial sehr präsente Darstellung bei dem die Planeten auf Bahnen um die Sonne verteilt sind. Kriterien für den Modelltypen sind:

- Bahnen um die Sonne im Zentrum.
- Jeder Planet/Himmelskörper hat eine eigene Bahn.
- Die Planeten sind verteilt.
- Eine (nicht immer korrekte) Hierarchie ist zu erkennen.

Das Orrery ist der mit Abstand häufigste Modelltyp, allerdings in vielen Abstufungen. Manche Lernenden verweisen explizit auf die möglichen Bewegungen und auf die Unmöglichkeit die korrekten Distanzen darzustellen. Andere kennen nicht einmal alle Planeten, oder zeichnen den Mond außerhalb aller Bahnen, weil dieser zwar irgendwie vorhanden sein muss, man sieht ihn ja am Himmel, aber nicht mehr in ihre Vorstellung zu passen scheint.

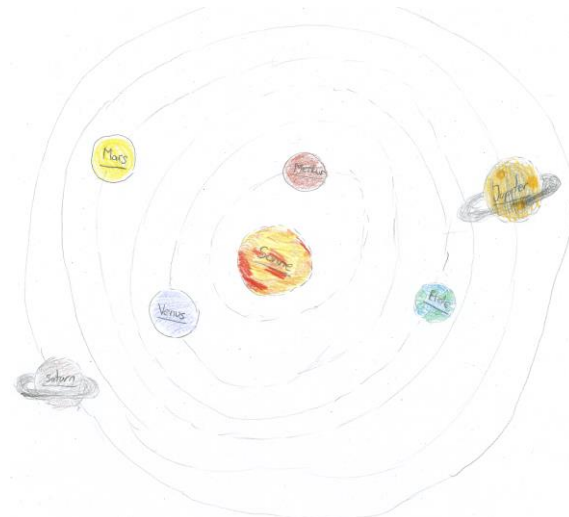


Abb.5: Beispiel für ein "Orrery". Jeder Planet hat eine eigene Bahn und die Planeten sind in Reihenfolge. (Klasse 5)

Der einzige große Unterschied zwischen den beiden Modelltypen scheint vorerst die Verteilung der Planeten zu sein, was gleichzeitig meistens mit dem

Andeuten von Planetenbahnen einhergeht. Fraglich ist, ob dies ein tieferes Verständnis für die Bewegung der Himmelskörper darstellt, wie schon beim Gemeinsame-Bahnen-Typ diskutiert. Oft wird das Orrery auch als Reihung dargestellt, dann aber mit der Sonne im Zentrum, oder dem Zusatz von angedeuteten Bahnen.

4.5. Einflüsse durch Lehrpersonen

Neben den oben vorgestellten Modelltypen konnten auch zwei lehrbedingte Einflüsse in den Zeichnungen festgestellt werden: Zunächst konnte in den Lehrmaterialien ein Hinweis für spezifische Formen des Erdfokus gefunden werden.

Es zeigte sich, dass mehrere Abbildungen bei den Lernenden auftraten, bei denen der Fokus explizit auf dem Licht und der Schattenbildung der Erde und des Mondes lagen, mit teils eingezeichneten Lichtwegen wie es bei der Untersuchung von Halb- und Kernschatten der Fall ist. Abbildung 7 dient hier als Beispiel.

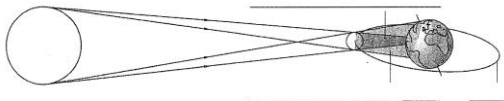


Abb.6: Eingescanntes Lehrmaterial zu den Mondphasen und zur Sonnenfinsternis.

Auf Nachfrage wies die Lehrkraft uns darauf hin, dass sie erst einigen Wochen vor der Durchführung eine Einheit zu den Mondphasen durchgeführt hatte und dabei auch die Sonnenfinsternis angesprochen hatte. Eines der Materialien ist in Abbildung 6 dargestellt.



Abb.7: Darstellung von Sonne, Erde und Mond mit Fokus auf die Einwirkung des Lichtes der Sonne nach vorher durchgeführter Einheit zu dem Thema. (Klasse 6)

Ein zweiter Einfluss wurde bei der Umwelt-AG aus Niedersachsen festgestellt, da nur in dieser Gruppierung eine vermehrte Darstellung von Satelliten und Weltraumschrott auftrat.

Eine Nachfrage ergab, dass einige Monate vorher ein Vortrag gehalten worden war, der sich mit diesem Thema befasste hatte.

Auch ein kurzer Ausblick auf initiale Ergebnisse des Posttests zeigt, dass sich in sehr wenigen Fällen eine Darstellung unserer Lehrmaterialien eingepreßt hat, wobei dies anscheinend vor allem bei den Lernenden auftrat, die einen Erdfokus oder andere eher rudimentäre Modelltypen zeigten.

5. Diskussion

Kritisch zu betrachten bei dem Orrery-Modelltypen ist die starke Verteilung zwischen starken und „schwachen“ Lernenden. Dieser Modelltyp scheint der medial am weitesten verbreitete. Zum Beispiel taucht er bei Internetsuchen mit am häufigsten auf. Dies ist auch nachvollziehbar: Es ist schlichtweg unmöglich ein „komplettes“ Modell herzustellen, das sowohl den Größen als auch den Distanzen gerecht wird.

Kritisch anzuführen sind hier vor allem Abbildungen im Internet, da es für fast jeden unserer gefundenen Modelltypen eine passende Darstellung im Internet zu finden gibt. Größenverhältnisse sind immerhin noch recht häufig angegeben. Passende Distanzen findet man meistens vergeblich.

Beim Aristarchus-Projekt, in dessen Zuge diese Pilotstudie durchgeführt wurde, haben wir uns auch aus diesem Grund nur auf die Distanzen konzentriert.

Fraglich ist nun, ob der Orrery-Typ ein Zeichen dafür ist, dass die Lernenden etwas konzeptuell gelernt haben, oder einfach nur gut darin sind, das Gesehene zu reproduzieren.

Diese Frage ist mit der verwendeten Methode nur schwierig zu beantworten. Fest steht, dass Lernende, die angeben die Distanzen oder Bewegungen nicht zeichnen zu können scheinbar ein tieferes Verständnis besitzen. Die genaue Antwort, ob die Lernenden tiefergreifendes Verständnis der Funktion hinter der jeweiligen Gestalt besitzen, ist also nicht immer sofort aus den Zeichnungen offensichtlich. In diesem Zuge müssen einige Limitationen eingeräumt werden.

5.1. Limitationen

Es zeigt sich, dass es in Einzelfällen schwierig ist die Fragebögen in die einzelnen Modelltypen einzuordnen, was darauf hindeutet, dass eventuell noch unentdeckte Subtypen existieren. Darüber hinaus können bestimmte Informationen nicht eingeordnet werden. Beispielsweise ist es fraglich, ob die bloße Verteilung der Planeten im Orrery Modelltyp im Gegensatz zur Reihung im Orrery bereits auf eine Bewegung der Planeten hindeutet.

Hier zeigt sich eine große Schwäche, da man über die Funktionalität im momentanen Zustand leider nur

wenige Aussagen treffen kann. Oft unterscheiden in dieser Thematik die momentanen Kriterien sehr hart. Während ein Pfeil, ein Wort, oder ein Satz auf eine Bewegung hindeuten, kann dieses Verständnis durchaus beim Fehlen dieser Hinweise trotzdem vorhanden sein. Daher sind ergänzend zu den Zeichnungen noch weitere aufklärende Untersuchungen bezüglich der Funktionalität geplant.

6. Ausblick

Eine detailliertere Analyse in Hinblick auf Übergänge zwischen den Modelltypen ist angedacht. Speziell fällt auf, dass die Modelltypen verschieden zu wachsen scheinen. Ein Modelltyp kann eine gute Darstellung aufweisen und gleichzeitig ein geringes Verständnis von Funktion. Gleichzeitig kann eine minimale Darstellung vorliegen, während die Funktion stark prominent ist. In manchen Modelltypen scheint die Funktionalität nicht in direktem Zusammenhang mit der Gestalt zu stehen.

Darüber hinaus werden mittels eines Posttests Einflüsse einer kinästhetischen Unterrichtseinheit auf die Gestalt der Modelltypen untersucht werden, um Änderungen zu erkennen, die durch das Aristarchus-Projekt verursacht wurden.

Langfristig ist ebenfalls eine Erweiterung der Studie mit zusätzlicher Kontrollgruppe geplant, um die Erkenntnisse weiter ausschärfen zu können.

Da der Fragebogen wie in den Limitationen bereits angesprochen, nicht alle gewünschten Informationen liefern kann, sind über die Durchführung des Projektes und die Beantwortung der Fragebögen Interviews mit den Lehrkräften und den Lernenden geplant.

Während der Durchführung der Studie und der Auswertung der Fragebögen sind außerdem einige interessante Muster und Vorstellungen zu bestimmten Himmelskörpern wie dem Mars aufgetaucht, die wir gerne im Detail weiter untersuchen wollen.

7. Das Aristarchus-Projekt

Beim Aristarchus-Projekt handelt es sich um ein Erasmus+-Projekt, bei dem astronomische Kerninhalte des Sonnensystems, durch kinästhetische Lehrmethoden unterstützt, vermittelt werden sollen. Partner in diesem Projekt sind die Universität Cergy Paris, die Universität der Ägäis, CARDET und die Universität Münster. Ein zentraler Teil der Lehrmethoden, die im Rahmen dieses Projektes untersucht werden sollen, ist ein sogenanntes begehbare Sonnensystem, mit dem in insgesamt 8 Lehreinheiten verschiedene astronomische Inhalte vermittelt werden sollen. Beispiele für Themen sind der Tag und Nachtzyklus, die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Himmelskörper und die damit einhergehenden unterschiedlichen Jahresdauern.

Weitere Informationen können auf der Projekt-Webseite nachgelesen werden:

<https://aristarchusproject.eu/de>.

Oder alternativ auf dem Projekt-LinkedIn: AristarchusProject.

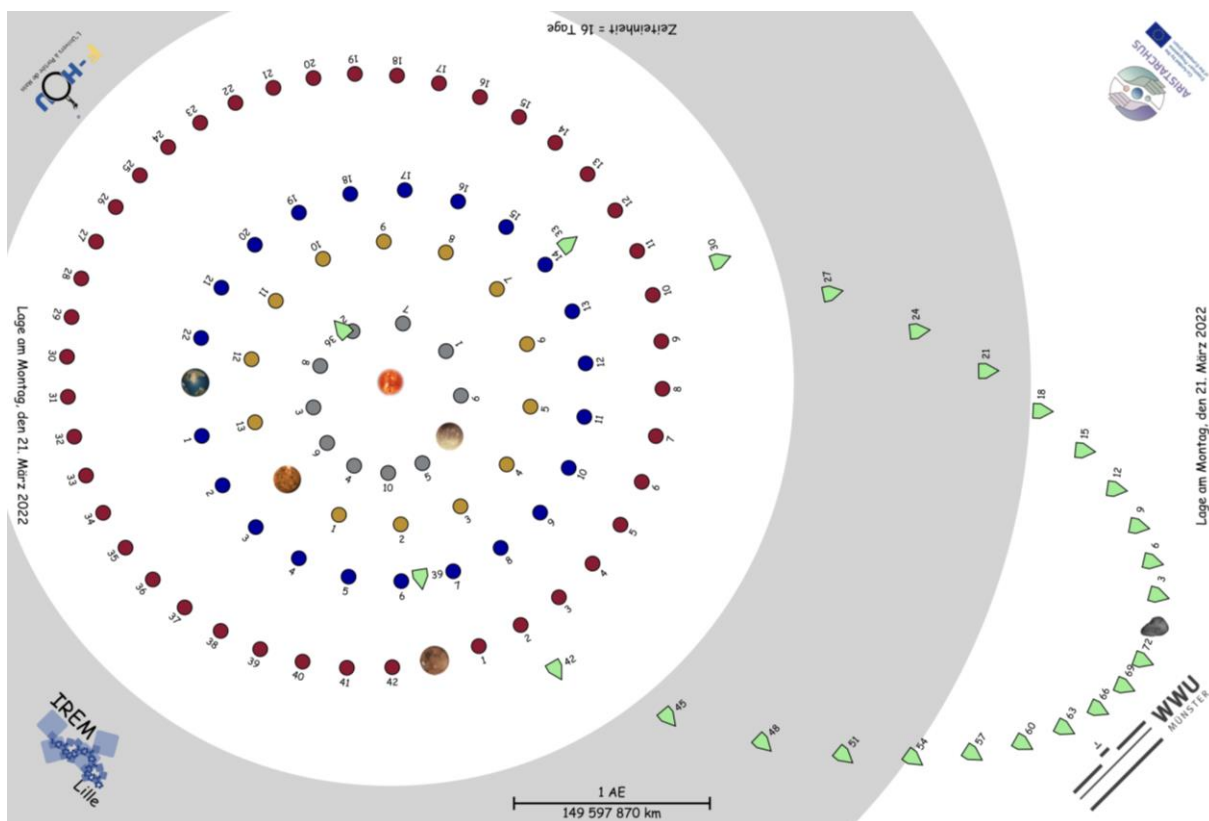


Abb.8: Das "begehbare" Sonnensystem. Dargestellt sind die Sonne, die inneren vier Planeten, der erste Gürtel und der Komet Encke. Die Größen sind einheitlich. Die Abstände sind maßstabsgetreu. 1AE entspricht 1m im Original. Der Abstand zwischen den Punkten den Punkten entspricht 16 Tagen.

8. Literatur

- [1] Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M.; Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- [2] Ubben, M.; Bitzenbauer, P. (2023). *Exploring the relationship between students' conceptual understanding and model thinking in quantum optics*. Quantum Science and Technology 2:1207619, DOI: 10.3389/frqst.2023.1207619
- [3] Ubben, M.; Bitzenbauer, P. (2022). *Two Cognitive Dimensions of Students' Mental Models in Science: Fidelity of Gestalt and Functional Fidelity*. Education Sciences 12(3):163, DOI: 10.3390/educsci12030163