

AR Lineale: Astronomie und Planeten im Klassenzimmer

Alexander Arshewizkij*, Alexander Pusch, Malte S. Ubben

*Institut für Didaktik der Physik, Wilhelm-Klemm-Str. 10, 48149 Münster
e-mail: a.arshewizkij@wwu.de

Kurzfassung

Die astronomische Bildung kommt mit vielen Tücken daher. Eine bekannte Problematik sind z.B. fehlende Stützpunktvorstellungen in Bezug auf Größenordnungen verschiedener Körper im Sonnensystem. Dieser Beitrag stellt eine einfache Augmented Reality-Anwendung (AR) vor. Mit dieser können sich Lernende eigene Verständnisse von Größen aufbauen. Hierzu nutzen sie "AR-Lineale", um Vergleiche mit Alltagsgegenständen durchzuführen. Dabei werden nicht nur die acht Planeten unseres Sonnensystems thematisiert, sondern auch Abstände und Größen von Zwergplaneten und ihren Monden durch die Applikation vermittelt.

1. Simulationen im Unterricht

Simulationen sind ein eher neues Hilfsmittel im Physikunterricht. Für gewöhnlich werden sie entweder als Ersatz für herkömmliche Schulexperimente eingesetzt oder um gefährliche, komplexe, unsichtbare oder abstrakte Phänomene im Klassenraum anschaulich darzustellen, die andernfalls nicht in diesem Kontext vermittelbar wären.

Mit der Einführung dieser Technologien wurde auch ihre Effektivität im Unterricht untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass Simulationen hinsichtlich des Lerneffektes vergleichbar mit herkömmlichen Unterrichtsmethoden sind [1]. Reale Experimente schulen Laborarbeit, mit z.B. authentischen Verzögerungen zwischen einzelnen Versuchen, die weitere Planung und Reflexion für die nächsten Untersuchungen fördert [1]. Simulationen hingegen erlauben beliebig viele Wiederholungen eines oder mehrerer digitaler Experimente, wo eine oder mehrere Komponenten schnell und unkompliziert verändert werden können. Der Ablauf der Simulationen kann in einer gewünschten Geschwindigkeit abgespielt oder auch gestoppt werden, um Einzelprozesse genauer untersuchen zu können.

Gleichzeitig wurde auch festgestellt, dass durch den gemeinsamen Einsatz von sowohl herkömmlichen Methoden als auch Simulationen ein größerer Lerneffekt erzielt werden konnte als beim Einsatz der beiden einzeln [1].

Auch ist die Visualisierung eine wichtige Komponente der Verständnisbildung, weshalb auch eine Verbildlichung von abstrakten Zusammenhängen mittels Simulationen unterstützt werden kann.

Simulationen können genauso unterschiedlich sein, wie die Sachverhalte, die sie darstellen. Aus diesem Grund existiert keine allgemeingültige Checkliste für die optimale Auswahl, Erstellung oder Nutzung von Simulationen, was zunächst eine genauere Planung von Simulationen erschwert.

Es wurden jedoch drei Aspekte formuliert, um den Einsatz von Simulationen effektiv gestalten zu können. Simulationen sind am effektivsten [2], wenn...

- ...sie als Ergänzung und nicht als Ersatz für andere Unterrichtsformen eingesetzt werden (K1).
- ...den Schülerinnen und Schülern (SuS) hochwertige Unterstützungsstrukturen zur Verfügung gestellt werden (K2).
- ...sie verwendet werden, um kognitive Dissonanz zu fördern (K3).

Der dritte Punkt bedarf einer genaueren Erläuterung. Lernende erleben kognitive Dissonanz, wenn sie mit Daten konfrontiert werden, die ihre eigenen Vorstellungen herausfordern [2]. Das bedeutet, dass SuS mithilfe von Simulationen ihre eigenen Erfahrungen und Kompetenzen zu einem jeweiligen Thema in einer direkten Konfrontation herausfordern müssen.

Im Folgenden wird erläutert, wie diese Aspekte in der Entwicklung von AR-Linealen berücksichtigt worden sind.

2. Das Sonnensystem als Simulationsthema

Ob eine Simulation die Vorstellungen von Lernenden herausfordert oder nicht, hängt grundlegend vom Phänomen oder Thema ab, das dargestellt wird. Selbstverständlich kann fast jeder Sachverhalt in einer Komplexität behandelt werden, dass das voraussetzbare Wissen von SuS weit übersteigt. Die Simulationen sollen jedoch den Anspruch haben, dass sie ohne viel Vorarbeit bzw. Vorwissen im Schulkontext eingeführt werden können. Aus diesem Grund wurden als Simulationsthema die Entfernungen und Größenverhältnisse unseres Sonnensystems gewählt. Menschen haben Schwierigkeiten sich Größen dieser Magnitude vorzustellen. Schon die Größe unserer

Erde und ihr Abstand zum Mond bereitet Lernenden Probleme [3]. Aber auch Studierenden fällt es schwer diese sich diese größere Werte vorzustellen [4], wobei mit wachsenden Entfernungen auch die Genauigkeit der Einschätzung sinkt. Die Entfernung zwischen Erde und Mond kann besser eingeschätzt werden als beispielsweise die „Strecke“ zwischen Erde und Sonne bzw. der Sonne und anderen Sternen [4].

Es jedoch nicht so, als seien Menschen generell und insbesondere SuS nicht in der Lage diese Größen und Größenverhältnisse besser zu erfassen. So reichte ein Besuch in einem Astronomie-Zentrum aus, damit SuS der siebten bzw. achten Klasse die Entfernungen zwischen Erde und Mond sowie die relativen Größen von Sonne und Mond besser zu verstehen als vorher [5]. Eine mögliche Erklärung, wieso Menschen Schwierigkeiten mit Werten astronomischer Größenordnungen haben, könnte in der subjektiven Wahrnehmung von Größen des alltäglichen Lebens sein [6]. Im Alltag begegnen uns Entfernungen im Bereich von Millimetern bis hin zu einigen Kilometern. Auf Reisen können Entfernungen von einigen tausend Kilometern zurückgelegt werden.

Diese Strecken sind nicht vergleichbar mit dem Abstand zu dem nächsten Himmelskörper, dem Mond, der im Mittel ca. 384.400 km von der Erde entfernt ist, von den anderen Himmelskörpern ganz zu schweigen. Größen dieser Magnitude und größer, aber auch kleinere Größen, wie beispielsweise die Größe von Zellen oder Atomen, werden im Allgemeinen keine subjektive Bedeutung zugerechnet [6], weil sie nicht ohne weiteres wahrgenommen werden können. Aus diesem Grund wird die Arbeit mit diesen Größen zwangsläufig die Vorstellungen der SuS herausfordern, womit ein Aspekt des optimalen Einsatzes Simulationen erfüllt ist (K3).

Dennoch muss eine Größe in den Simulationen verwendet werden, der die Lernenden eine Bedeutung geben können, auch wenn sie sie nicht in ihrer Gänze begreifen können. Ohne eine solche Größe werden die Lernenden die tatsächlichen Entfernungen in keinen bekannten Bezug setzen können. Aus diesem Grund wird der Durchmesser der Erde als eigene Einheit verwendet und sämtliche verwendeten Größen und Entfernungen werden in dieser Einheit angegeben (vgl. Abb. 1).



Abb.1: Screenshot der 3DQR-App. Verwendung der Simulation des Erdsystems. Überlagerung der digitalen Himmelskörper mit realem Gegenständen (hier: Kugeln mit ähnlichem Größenverhältnis).

3. Simulationsinhalt und Modellierung

Bevor die Simulationen hergestellt werden können, muss zunächst geklärt werden, was genau die Simulationen beinhalten sollen. Die Auswahlkriterien sind

die unterrichtliche Relevanz und die Umsetzbarkeit, welche auf den Lehrplan für Physik der Sekundarstufe I aus NRW angewendet wurden [7].

So wird z.B. die Drehachsenneigung der Erde im Unterricht als ein Grund für den Wandel der Jahreszeiten verwendet. Größen wie diese können ohne weiteres in eine statische Simulation integriert werden. Andere Größen, wie beispielsweise die Periodendauer, Masse usw. können nicht mithilfe einer statischen Simulation dargestellt werden, da die Entwicklungsumgebung der App dies nicht erlaubt. Dennoch sind sie wichtige Größen zur Unterscheidung von Himmelskörpern. Dementsprechend wird in den Simulationen zwischen impliziten Informationen (Größen, Entfernungen, Drehachsenneigung usw.) und expliziten Informationen (Periodendauer, Masse, Oberflächenbeschleunigung) unterschieden. Die impliziten Informationen sind Teil der AR-Lineale, während die expliziten Informationen auf zusätzlichen Infotafeln (vgl. Abb. 2) in die Simulationen eingebaut werden. Sämtliche Größen wurden der öffentlichen Datenbank der NASA entnommen [8].

Die eigentliche Modellierung erfolgte vollständig mit dem kostenlosen Programm *blender* [9]. Der Großteil der verwendeten 3D-Texturen sind bis auf einige Ausnahmen ebenfalls auf einer Datenbank der NASA erhältlich [10]. Komplette fehlende Texturen wurden mit privaten künstlerischen Illustrationen substituiert [11, 12].

Texturen von Himmelskörpern, die nur teilweise fotografiert wurden, sind in diesem „unvollständigem“ Zustand verwendet, um keine falsche Datenlage zu vermitteln.

Bei den Illustrationen wurde auch explizit auf den Infotafeln darauf hingewiesen, dass es sich nicht um echte Fotos handelt.

Die 3D-Modellierung der AR-Lineale erfolgte folgenderweise: Der Planet und der im Mittel am weitesten entfernte (verwendete) Mond wurden in einer Ebene als Lineal-Grenzen platziert. Die weiteren Monde (falls vorhanden) wurden als zusätzliche Lineal-Markierungen dazwischen angeordnet (vgl. Abb. 3). Über den Himmelskörpern wurden Zylinder positioniert, um einerseits Lineal-Markierungen darzustellen und andererseits auch die Positionen der kleinen Monde zu verdeutlichen. Bei sehr kleinen Monden wurden dazu zusätzlichen Kegel unter den Zylindern eingesetzt. Mithilfe von *Microsoft Paint* und einem Office-Paket wurden Texturen erstellt, die den Abstand zum jeweils anderen Himmelskörper in Erdendurchmessern anzeigen. Über diesem „kleinschrittigem“ Lineal wurde ein weiteres Lineal erstellt, das nur die Gesamtentfernung zwischen den Enden darstellt. Die Lineal-Texturen selbst sind nur von einer Seite sichtbar, d.h. wenn das Lineal um 180° gedreht wird, sind die weißen Flächen nicht sichtbar. Dies soll den SuS zusätzlichen Handlungsfreiraum ermöglichen, um beispielsweise mit sich selbst oder mit diversen Gegenständen die Entfernungen zu füllen (vgl. Abb. 4).

Damit die Sicht auf das Lineal nicht beeinträchtigt wird, wurden die Größenvergleiche und korrespondierenden Infotafeln weit außerhalb der Lineal-Enden und senkrecht zum Lineal platziert.

Die Simulationen sollen frei zugänglich sein, dazu werden sie auf die Homepage der AR-App 3DQR [13] hochgeladen. Dazu hat die 3DQR-GmbH freundlicherweise bis zu 20 QR-Codes zur Verfügung gestellt.

Gängige Smartphones und Tablets können diese App kostenlos herunterladen, in sie die QR-Codes einscannen. Die Codes werden auf Kärtchen gedruckt und den SuS zur Verfügung gestellt (vgl. Abb. 5). Dadurch können sie Gegenstände in ihrer Umgebung suchen, die vergleichbare Größenverhältnisse besitzen, die Simulationen über diese Gegenstände platzieren und die Entfernungen und Größen in der Realität mit herkömmlichen Methoden messen. Insgesamt wurden je neun Simulationen auf Deutsch und auf Englisch mit 33 verschiedenen Himmelskörpern hergestellt.

Die Simulationen allein reichen nicht aus, damit SuS ohne viel Vorarbeit mit ihnen arbeiten können, es fehlen noch die sogenannten „hochwertigen Unterstützungsstrukturen“ (K2). Dazu wurden mithilfe von „design-based-Research“ [14] Workbooks erstellt. Dabei werden mehrere Untersuchungen durchgeführt und die Workbooks durch schriftliche und verbale Rückmeldungen sukzessive überarbeitet.



Abb.2: Screenshot der 3DQR-App. Verwendung der Simulation des Saturnsystems, gedreht um 90°. Informationstafeln des Saturn und Größenvergleich mit der Erde.



Abb.3: Screenshot der 3DQR-App. Verwendung der Simulation des Saturnsystems. AR-Lineal von Saturn bis Titan.

4. Unterstützungsstrukturen und Ergebnisse

Die Simulationen allein reichen nicht aus, damit SuS ohne viel Vorarbeit mit ihnen arbeiten können, es fehlen noch die sogenannten „hochwertigen Unterstützungsstrukturen“ (K2). Dazu wurden mithilfe von „design-based-Research“ [14] Workbooks erstellt. Dabei werden mehrere Untersuchungen durchgeführt und die Workbooks durch schriftliche und verbale Rückmeldungen sukzessive überarbeitet. Abschließend werden noch drei Items genauer vorgestellt, in denen sich eher rudimentäre Präkonzepte zeigen.

Als Ausgangspunkt wurde eine erste Version unter Beachtung der didaktischen Prinzipien Multimedialen Lernens erstellt [15] und zunächst mit Expertinnen und Experten getestet. Die nächste Runde erfolgte mit „physikinteressierten“ SuS, also mit Lernenden der Oberstufe, die Physik freiwillig gewählt haben.

Die darauffolgenden Runden wurden mit der eigentlichen Zielgruppe, Lernenden der Sekundarstufe I, durchgeführt.

Zusätzlich wurden auch die Messergebnisse der SuS gesammelt und die Qualität der Messungen zu überprüfen. In der ersten Aufgabe sollte unter anderem das Größenverhältnis von Erde und Mond gemessen werden. Folgende Daten wurden von den Lernenden erhoben:

- EF-Kurs, N=21: $0,25 \pm 0,05$
- Erste 9. Klasse, N=27: $0,32 \pm 0,07$
- Zweite 9.Klasse, N=25: $0,31 \pm 0,13$

Bei einem tatsächlichen Verhältnis von ca. 0,27 haben die SuS näherungsweise passende Größenverhältnisse ermittelt.



Abb.4: Screenshot der 3DQR-App. Verwendung der Simulation des Saturnsystems. AR-Lineal von Saturn bis Titan.

5. Ausblick

Diese Untersuchung hat sich lediglich darauf beschränkt, einen möglichen Prozess zu beschreiben, wie geeignete AR-Simulationen für den Schulunterricht hergestellt werden können. Die Messung eines unmittelbaren Lerneffektes war nicht ihr Ziel. Um den Einsatz von AR als alltägliches Lernutensil zu testen, bedarf es weiterer, verschiedener Simulationen, die mit einer deutlich größeren Stichprobe an Lernenden (mit Vergleichsgruppen) getestet werden.

Dennoch ist es sinnvoll, diese Formen des Lernens weiter zu untersuchen. Durch die weit

fortgeschrittene Verbreitung und Nutzung von Smartphones unter Jugendlichen könnte man den Lernenden mithilfe dieser kostenlosen und sofort verfügbaren Tools Lerngelegenheiten ermöglichen, die früher nicht vorstellbar waren. Auch wenn sie nicht unbedingt nur für „klassische“ Lektionen verwendet werden, wenn man beispielsweise den Mond auf die Größe eines Mitschülers zieht oder ein Selfie mit dem Jupiter macht. Die Größenverhältnisse werden dennoch implizit miterlebt.

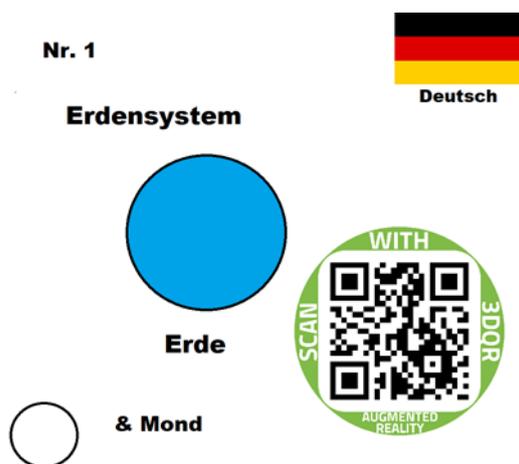


Abb.5: Erste von neun QR-Code Karten auf Deutsch zum Verteilen innerhalb einer Lerngruppe. Weitere Karten sowie das Workbook sind kostenlos verfügbar unter [16].

6. Literatur

- [1] de Jong, T., Linn, M., Zacharia, Z. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. In *SCIENCE*, 340, 305-308.
- [2] Smetana, L., Bell, R. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. In *International Journal of Science*, 34, 1337-1370.
- [3] Cin, M. (2007). Alternative views of the solar system among turkish students. In *Review of Education*, 53, 39-53.
- [4] Miller, B., Brewer, W. (2010). Misconceptions of Astronomical Distances. In *International Journal of Science Education*, 32, 1549-1560.
- [5] Lelliot, A. (2010). The concept of spatial scale in astronomy addressed by an informal learning environment. In *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 14, 20-33.
- [6] Feigenberg, J., Lavrik, L., Shunyakov, V. (2002). Space Scale: Models in the History of Science and Students' Mental Models. In *Science & Education*, 11, 377-392.D
- [7] Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen. PDF online abrufbar auf: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrpläne/lehrplan/208/g9_ph_klp_%203411_2019_06_23.pdf
Zuletzt besucht am 13.11.2021.
- [8] NASA Science SOLAR SYSTEM EXPLORATION (2021). <https://solarsystem.nasa.gov>
Zuletzt besucht am 13.11.2021.D
- [9] Blender 2.93.1 (2021). Blender Version 2.93.1 für Windows, Blender Foundation.
- [10] NASA 3D Resources, Images and Textures (2021). <https://nasa3d.arc.nasa.gov/images>
Zuletzt besucht am 13.11.2021.
- [11] Solar System Scope, Solar Texture (2021). <https://www.solarsystemscope.com/textures/>
Zuletzt besucht am 13.11.2021.
- [12] Hastings-Trew, J., (2006). Planet Pixel Emporium. <https://www.solarsystemscope.com/textures/>
Zuletzt besucht am 13.11.2021.
- [13] 3DQR GmbH (2021). <https://3dqr.de>
Zuletzt besucht am 13.11.2021.
- [14] Genz, F., Bresges, A. (2017). *Projektbeispiele für Design-Based Research im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- [15] Mayer, R. (1999). Multimedia aids to problem-solving transfer. In *International Journal of Educational Research*, 31, 611-623.
- [16] Pusch, A. Physikkommunizieren (2022). <https://physikkommunizieren.de/ar-lineal>
Zuletzt besucht am 28.4.2022.