

## Das Stellarium Gornergrat

- Aktuelle Entwicklungen und zukünftige Perspektiven -

**Simon F. Kraus\***, **Stéphane Gschwind<sup>+</sup>**, **Marvin zur Mühlen\***, **Andreas Müller<sup>+</sup>**, **David Picon<sup>+</sup>**,  
**Timm Riesen<sup>§</sup>**, **Leon Rohde\***, **Oliver Schwarz\***

\*Universität Siegen, Department Physik, Didaktik der Physik, Adolf-Reichwein-Str. 2, 57068 Siegen <sup>+</sup>University of Geneva, Faculty of Science / Physics Section and Institute of Teacher Education, Pavillon d'Uni Mail, Boulevard du Pont d'Arve 40, CH-1211 Genève <sup>§</sup>University of Bern, Center for Space and Habitability, Gesellschaftstrasse 6, CH-3012, Bern

[kraus@physik.uni-siegen.de](mailto:kraus@physik.uni-siegen.de)

### Kurzfassung

Das Stellarium Gornergrat stellt seit 8 Jahren ein robotisches Observatorium für Schweizer Schulen bereit. Die Nutzung der Teleskope erfolgt in Verbindung mit didaktisch aufbereiteten Aktivitäten, die über ein Portal abrufbar sind. Im vorliegenden Beitrag wird aufgezeigt, in welche Richtung die zukünftige Weiterentwicklung dieser Aktivitäten gehen kann. Hierbei steht aktuell vor allem die Verbindung von historischen Daten, in Form von Fotoplatten, mit neuen Erkenntnissen der Astrophysik sowie den Beobachtungsmöglichkeiten auf dem Gornergrat im Fokus. So soll etwa eine aktuelle fachwissenschaftliche Veröffentlichung, in der die Entwicklung der Farbe des Sterns Beteiguze über einen Zeitraum von 2 000 Jahren hinweg nachvollzogen werden konnte, in eine solche Schüleraktivität überführt werden. Der Beitrag stellt weiterhin eine Reihe von Aktivitäten dar, die sich noch einem frühen konzeptionellen Stadium befinden. Neben den neuen Aktivitäten soll auch die fachdidaktische Begleitforschung ausgebaut werden. Ein Schwerpunkt soll hier auf dem Authentizitätsempfinden bei der Nutzung eines robotischen Teleskops liegen.

### 1. Überblick: Das Stellarium Gornergrat

#### 1.1. Projektbeteiligte und aktuelle instrumentelle Ausstattung

Beim Stellarium Gornergrat handelt es sich um ein Verbundprojekt, in dessen Rahmen seit 2016 ein robotisches Teleskop für die kostenfreie Nutzung durch Schweizer Schulen bereitgestellt wird. Das Teleskop befindet sich auf dem namensgebenden Gornergrat nahe Zermatt, in einem Kuppelgebäude, welches zur Hochalpinen Forschungsstation Jungfrauoch & Gornergrat (HFSJG) gehört. Neben der HFSJG trägt auch die Burgergemeinde Zermatt wesentlich zum Betrieb des Teleskops bei. Als wissenschaftliche Träger sind dazu die Universitäten Bern (mit dem Center for Space Habitability) und die Universität Genf am Projekt beteiligt. Dazu kommt, als einziger nicht in der Schweiz angesiedelter Partner, die Universität Siegen, deren Beitrag vorrangig in der Gestaltung und Evaluierung von Lehr-Lern-Materialien besteht, die in Verbindung mit dem Teleskop zum Einsatz kommen sollen.

Die Ausstattung des Stellarium Gornergrat besteht aus modernen Instrumenten, wie einem 60 cm Spiegelteleskop für Deep Sky Aufnahmen, einem langbrennweitigen Takahashi Mewlon-250, einer DSLR für Übersichtsaufnahmen (der sogenannten „ConstellationCam“) sowie einem Linsenfernrohr für Führungen vor Ort. [1] Der ehemals für die Planetenbeobachtung vorgesehene Takahashi Mewlon wurde kürzlich mit einem Spektroskop ausgestattet, um niedrig aufgelöste Spektren von hellen Sternen

anfertigen zu können und so neue Beobachtungsmöglichkeiten zu eröffnen.

Die gesamte Hardware ist für den robotischen Betrieb, d. h. eine vollständig automatisierte Beobachtungsdurchführung, optimiert, so dass Nutzer eine Vorab-Planung der Beobachtung durchführen, selbst jedoch zur eigentlichen Beobachtungszeit nicht eingreifen müssen und, nach dem erfolgreichen Abschluss, das gewonnene Bildmaterial abrufen können. Die Steuerung der Instrumente erfolgt dabei über das Portal des Stellarium Gornergrat (siehe [2]).

#### 1.2. Nutzungskonzept für Lernende

Das didaktische Material, in welches die Nutzung des Stellarium Gornergrat eingebettet ist, stellt schlüsselfertige Aktivitäten für die Nutzung im Unterricht bereit. Dabei werden zwei unterschiedliche Herangehensweisen verfolgt. Die zuerst angebotenen Aktivitäten wurden in Form von PDF-Dateien verfügbar gemacht, wobei eine Datei das eigentliche Lehr-Lern-Material für die Lernenden enthält und die zweite Datei Hintergrundinformationen und didaktische Kommentare für die Lehrkraft liefert. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die aktuell in diesem Format vorhandenen Aktivitäten, die sich in verschiedene Niveaustufen gliedern. Niveau A adressiert dabei Lernende von ca. 8 bis 15 Jahren, Niveau B richtet sich an die Mitte der Sekundarstufe I (13 bis 16 Jahre) und Niveau C entspricht dem Ende der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II (16 bis 19 Jahre). Dazu existiert eine weitere Niveaustufe, die sich an besonders interessierte Jugendliche richtet und im Rahmen von

Astronomiekursen und Maturaarbeiten zum Einsatz kommen soll. [1] Bei der zweiten Herangehensweise wurden bestehende Aktivitäten in eine vollständig digitale Umgebung transferiert, die nun auch automatisierte Kontrollen des Lernfortschritts bzw. interaktive Aufgaben enthält. [3]

**Tab. 1:** Übersicht der aktuell verfügbaren Aktivitäten der Niveaustufe A bis C im klassischen PDF-Format.

Aktivität	Niveau
Die Phasen des Mondes	A
Die Wanderung der Sterne	A
Sternbilder	A
Das Sonnensystem	A
Galaxien-Zoo	B
Ein Tag auf Jupiter	B
Das Einmaleins des Nachthimmels	B
Der Krebsnebel	C
Berge auf dem Mond	C
Der Supermond	C

Die Nutzung der Teleskope erfolgt bei beiden Herangehensweisen jeweils aus der Aktivität heraus, d. h. es existiert zu jeder Aktivität ein vorkonfigurierter Beobachtungsplan, mit dem eigenes Bildmaterial mit wenigen Vorkenntnissen gewonnen werden kann.

Zu dieser etablierten Form der Nutzung ist im Jahr 2024 der sogenannte Multi-Mode, als eine alternative Form der Generierung von Beobachtungsaufträgen, getreten. Mit dem Multi-Mode ist es möglich, unabhängig von einer speziellen Aktivität, Beobachtungen zu planen und durchzuführen. Damit wird auch die Art der Beobachtung deutlich flexibilisiert und rationalisiert, d. h. es können beispielsweise mehrere Aufnahmen mit unterschiedlichen Farbfiltern gleichzeitig in Auftrag gegeben werden.

### 1.3. Nutzungsstatistiken

Zur Nutzung des Stellarium Gornersgrat liegen eine Reihe von Statistiken vor. Aus diesen ergibt sich, dass ca. 42% aller Beobachtungspläne erfolgreich abgearbeitet werden. [4] Für mehr als 90% aller „fehlgeschlagenen“ Beobachtungen, sind dabei die Wetterbedingungen auf dem Gornersgrat verantwortlich, so dass insgesamt auf Seiten der Hard- und Software eine hohe Zuverlässigkeit konstatiert werden kann.

Das am häufigsten nachgefragte Instrument ist das RiFast-Spiegelteleskop. Die Nutzungsstatistiken für einzelnen Aktivitäten, bzw. Objekte, zeigen dazu einen Schwerpunkt auf aktuellen Ereignissen. So führen Beobachtungen des Kometen C/2022 E3 (ZTF) die Statistiken für das Jahr 2023 mit einem Anteil von ca. 23% an. Dahinter folgen die Aktivitäten für variable Sterne, Galaxien und die Objekte des Messier Katalogs. [4] Neben Kometen stehen damit die Photometrie sowie Deep Sky Objekte im Allgemeinen im Zentrum des Interesses.

## 2. Neue Aktivität: Sternfarben und stellare Entwicklungsprozesse

### 2.1. Historische Quellen als Daten in der modernen Astrophysik

Im Folgenden wird eine neue Aktivität in ihren Grundzügen beschrieben, welche sich gegenwärtig in einem fortgeschrittenen Stadium der Entwicklung befindet.

Es ist gut bekannt, dass sich die Entwicklung von Sternen (und der überwiegenden Mehrzahl astronomischer Objekte generell) allgemein nicht in historischen Zeiträumen anhand eines einzelnen Exemplars beobachten lässt. Mit historischen Zeiträumen ist hier der Zeitraum gemeint, über den hinweg schriftliche Zeugnisse überliefert worden sind. Ein sehr seltenes Gegenbeispiel stellt die Nachverfolgung der Farbveränderungen des Stern Beteigeuze über einen Zeitraum von 2 000 Jahren hinweg dar, wie sie von Neuhäuser et al. [5] gesammelt und ausgewertet worden sind.

Hierbei ist es gelungen, eine ausreichend große Zahl historischer Quellen auszuwerten, in denen die Farbe des Sterns in Bezug zu geeigneten Vergleichsobjekten – d. h. Sternen oder Planeten, deren Farbe als unveränderlich angenommen werden kann – gesetzt worden ist. Auf diese Weise konnte nachvollzogen werden, wie sich die Farbe von Beteigeuze von orange bis hin zum heute wahrgenommenen rot verschoben hat.

In der neu zu entwickelnden Aktivität werden die Grundgedanken dieser Fachveröffentlichung aufgegriffen und Sterne auf eine mögliche Veränderung ihrer Farbe über lange Zeiträume hinweg untersucht. Gerade die sprachlichen Aspekte stellen bei der Auswertung historischer Quellen jedoch eine Hürde dar, die sich im Unterricht kaum überwinden lässt. Es wird daher ein leicht geänderter Ansatz verfolgt, in dem Sekundär- anstelle der Primärquellen verwendet werden. Dies geschieht durch Rückgriff auf Publikationen, in deren Rahmen bereits in der Vergangenheit einschlägige ältere Quellen zusammengestellt und die Möglichkeit für Farbveränderungen bei Sternen diskutiert wurde. Dazu wird auf Ausschnitte aus den Büchern Kosmos (Band 3) von Alexander von Humboldt sowie Wunderbau des Weltalls von Johann Heinrich Mädler zurückgegriffen. [6] [7] Beide Büchern enthalten allgemeine Beschreibungen von Sternfarben sowie die genannten Beispiele für vermutete Farbveränderungen, die wiederum unter Rückgriff auf deutlich ältere Publikationen kompiliert wurden. So führt z. B. Humboldt auf folgender Weise in das Phänomen der Farbveränderungen ein ([6], S. 169-170):

Eine Farbenverschiedenheit des eigenthümlichen Lichtes der Fixsterne wie des reflectirten Lichtes der Planeten ist von früher Zeit an erkannt; aber die Kenntniß dieses merkwürdigen Phänomens ist erst durch das telescopische Sehen, besonders seitdem man sich lebhaft mit



aufzutreten können, die sich in sehr speziellen Entwicklungsstadien befinden. Dieses Entwicklungsstadium findet sich im HRD im Bereich der sogenannten Hertzsprung-Lücke, einem Bereich zwischen der diagonal verlaufenden Hauptreihe und dem sich darüber anschließenden Riesenast (Abb. 1). Das Zentrum dieser sehr dünn besetzten Region liegt bei ca. 10 Sonnenleuchtkräften und einem Farbindex (B-V) von knapp unter +1,0. Bereits der Umstand, dass diese Lücke nur von äußerst wenigen Sternen besetzt ist, ist ein Indiz für die kurze Aufenthaltsdauer der Sterne in diesem Stadium. Der Lebenszyklus eines Sterns lässt sich dazu mit einfachen Simulationen (z. B. [9]) nachvollziehen, wo die zeitliche Veränderung wesentlicher Zustandsgrößen, wie dem Durchmesser und der Farbe (bzw. Temperatur), in Abhängigkeit der Masse nachverfolgt werden können.

Vergleicht man nun die Lage des Sirius im HRD mit der Hertzsprung-Lücke, so zeigt sich, dass Sirius mit einer Leuchtkraft von 25 Sonnenleuchtkräften und einem Farbindex von +0,01 (beide Angaben beziehen sich hierbei auf Sirius A, da die zweite Komponente des Doppelsternsystems durch ihre geringe Leuchtkraft an dieser Stelle irrelevant ist) eindeutig ein Stern der Hauptreihe ist. Dementsprechend ist ein Farbumschlag innerhalb eines Zeitraums von weniger als 2 000 Jahren vollkommen aufgeschlossen, zumindest wenn es sich dabei um eine Änderung des intrinsischen Zustands des Sterns und nicht um einen äußeren Einfluss (z. B. den Durchgang des Sterns durch dichtes interstellares Gas) handeln soll. Die Behauptung Humboldt, anhand des Sirius den Nachweis für eine Farbveränderung über einen historischen Zeitraum hinweg erbracht zu haben, ist damit zurückzuweisen. Die vermeintliche Farbveränderung bei Sirius wird heute auf Szintillationseffekte oder Fehler bei der schriftlichen Überlieferung des Manuskripts über die Jahrhunderte hinweg zurückgeführt.

Da solche Farbwechsel zwar äußerst selten, jedoch nicht grundsätzlich unmöglich sind, soll die Aktivität nicht mit dieser Widerlegung enden, sondern auch den Stern Beteigeuze als Untersuchungsobjekt einschließen. Dazu werden historischen Daten in geeigneter Form aufbereitet, so dass Lernende die Veränderung der Sternfarbe bis in die heutige Zeit hinein nachverfolgen können. Als ein Teil der Aktivität soll das Stellarium Gornegrat genutzt werden, um eigenes Bildmaterial der Sterne (je nach verfügbarer Teleskopzeit derjenigen Exemplare aus den Quellen oder lediglich von Beteigeuze) aufgenommen werden. Vorab wird die Aufnahme von Bildmaterial durch standardisierte Farbfilter (hier Johnson B und V) eingeführt, über die sich Rückschlüsse auf die Temperatur von Sternen ziehen lassen und die vor allem geeignet sind, die Farbe eines Sterns unabhängig von individuellen Einflüssen zu messen.

Aus astrophysikalischer Sicht ist anzumerken, dass Beteigeuze mit ca. 65 000 Sonnenleuchtkräften und einem B-V-Farbindex von +1,85 heute deutlich außerhalb der Hertzsprung-Lücke liegt (siehe markierte

Region und Position des Sterns Beteigeuze zur heutigen Zeit in Abb. 1). Der eigentliche Farbwechsel fand zu einem Zeitpunkt statt, als sich der Stern aber gerade innerhalb der Lücke befand, bzw. diese mit hoher Geschwindigkeit durchlief. Dies verdeutlicht einmal mehr die Kürze der Aufenthaltsdauer, des Sterns in dieser Region des HRD.

### 2.3. Didaktischer Wert der neuen Aktivität

Ein besonderer Wert der neuen Aktivität besteht in der Möglichkeit, Veränderungen – im Sinne von Entwicklungen – sichtbar zu machen, wie es in der Astronomie anhand von Einzelobjekten nur selten gelingt. Ausnahmen hiervon stellen Supernova-Explosionen oder die Veränderung von Pulsationsperioden veränderlicher Sterne dar. Mit der Änderung der Farbe eines Sterns tritt nun ein weiteres Phänomen hinzu, welches einen Entwicklungsprozess zumindest unter Hinzuziehung schriftlicher Quellen zugänglich macht. Mit einem solchen Ansatz lässt sich dem falschen Eindruck von der Unveränderlichkeit astronomischer Objekte entgegenwirken, wie er sich vielfach in historischen Weltbildern nachweisen lässt.

Die Aktivität ermöglicht weiterhin die Verbindung verschiedener methodischer Zugänge und unterschiedlicher Aspekte dieser Zugänge. So kann ein Einstieg in dem Versuch der freizügigen Beobachtungen von Sternfarben bestehen, ggf. verbunden mit der Frage, warum nur relativ wenige Sterne farbig gesehen werden können. Darauf aufbauend lässt sich der (historische) Wert der Einführung einfacher Teleskope in die Astronomie, auch im Hinblick auf die hier Wahrnehmbarkeit von Sternfarben, thematisieren. Damit wird das Feld der Wahrnehmungsphysiologie und -psychologie berührt und damit ein Ansatz für fächerverbindenden Unterricht eröffnet, wie er häufig auch in Lehrplänen gefordert wird.

Ein weiterer Aspekt von besonderer Bedeutung ist, dass mit dieser Aktivität der Wert historischer Daten in der Astronomie dargestellt werden kann. Es wird hier deutlich, dass gerade bei besonders alten Daten der Wert für die moderne Forschung durch die geringe Messgenauigkeit nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Vielmehr wird diese durch das hohe Alter gerade wieder ausgeglichen. Schriftliche Zeugnisse können damit vielmehr Phänomene erschließen, die ansonsten generell unzugänglich bleiben würden.

Ebenso sind im Rahmen der Aktivität Fehlerdiskussionen notwendig, die sich hier z. B. auf atmosphärische Effekte (Luftmassenkorrektur) erstrecken, wie sie auch bereits von Humboldt angesprochen wurden. Weitere Effekte, die je nach gewünschter Genauigkeit der Ergebnisse zu korrigieren sind, ergeben sich dann durch tiefergehende astronomische Überlegungen. Dazu gehört etwa auch die zunehmende Rötung des Sternlichts durch die Wirkung interstellarer Materie. Das auch solche Effekte zu berücksichtigen sind, wird wiederum mit Blick auf das HRD deutlich, aus dem die enorme Leuchtkraft vieler Sterne hervorgeht, die auch mit bloßem Auge noch als farbig

wahrgenommen werden können, und deren Entfernung zur Erde dennoch enorm groß sein kann. Ein zentrales Beispiel hierzu ist wiederum der Stern Betelgeuze selbst, dessen Entfernung bei einigen Hundert Lichtjahren liegt.

Auf methodischer Seite wird, nach den möglichen freitägigen Beobachtungen, auf ein modernes Remote-Observatorium mit standardisierten Filtern zurückgegriffen. Damit wird die Brücke von individuellen visuellen Beobachtungen zu international standardisierten Messungen geschlagen, deren Vergleichbarkeit unabhängig von Aufnahmeort, -zeit und beobachtender Person gewährleistet ist.

### 3. Mögliche weitere Aktivitäten

Weitere Aktivitäten befinden sich in einem weniger fortgeschrittenen Stadium. Diese sollen hier als mögliche Ansatzpunkte für die inhaltliche Weiterentwicklung der Angebote vorgestellt werden.

Der vorstehend kurz skizzierte Gedanke der Nutzung historischer Daten soll in mehreren weiteren Aktivitäten aufgegriffen werden. Im Gegensatz zu den Schriftquellen wird der Ausgangspunkt hier jedoch das Archiv historischer Fotoplatten des Argelander-Instituts der Universität Bonn bilden. Die hier vorhandenen Fotoplatten reichen teils bis in das Jahr 1900 zurück und sind damit ausreichend alt, um etwa Effekte der Astrometrie, wie die Eigenbewegung von Sternen über lange Zeiträume hinweg, nachzuweisen.

Ein Beispiel für eine, bereits mit sehr einfachen Mitteln nachweisbare, Eigenbewegung stellt Barnards Pfeilstern dar. Hier genügt eine Aufnahmeserie über wenige Jahre hinweg, um eine deutliche Verschiebung der Sternposition gegenüber der Hintergrundsterne abbilden zu können. Mit sehr alten Aufnahmen lassen sich jedoch die Positionsverschiebungen vieler Sterne darstellen, was wiederum verdeutlicht, dass die Sterne und die aus ihnen gebildeten Strukturen, wie die Milchstraße, keineswegs statisch in ihren Positionen sind, sondern es sich dabei vielmehr um sehr dynamische Gebilde handelt. Der Bezug zu den Weltbildern ist auch hier direkt gegeben.

Eine weitere Möglichkeit zur Nachverfolgung von Entwicklungsprozessen, stellt die Messung der Periodendauern der Helligkeitsveränderungen veränderlicher Sterne dar. Für die Sternklasse der klassischen Cepheiden, denen als Standardkerzen eine hohe Bedeutung in der Astrophysik zukommt, ist bekannt, dass die Periodendauer einer Drift unterliegt, der sich bei zeitlich hochaufgelösten Messungen nachweisen lässt. Zusätzlich kommt es mitunter zu Sprüngen in der Periodendauer. Sehr alte Messungen können hier, durch die Akkumulation der Drift auch bei begrenzter Qualität der Daten, verwertbare Beiträge liefern. Das Verfahren ist, zum gegenwärtigen Zeitpunkt, jedoch noch nicht mit den verfügbaren Fotoplatten erprobt worden.

Ebenfalls auf möglichst lange Datenreihen angewiesen ist die Vermessung von Doppel- oder

Mehrfachsternsystemen. Hinweise auf solche Systeme können sich aus einer gemeinsamen Eigenbewegung der Sterne ergeben. Sofern die Ausrichtung der Bahnebene eines solchen Systems günstig ist, kann der Versuch unternommen werden, eine Veränderung des Positionswinkels nachzuweisen.

Auch Einzelmessungen mit begrenzter Genauigkeit können hier wiederum zu einer Verbesserung bei der Bestimmung der Umlaufzeit eines solchen Systems beitragen oder ggf. den Doppelsterncharakter überhaupt erst enthüllen. Dafür kommt jedoch lediglich ein sehr kleiner Teil der Doppel- oder Mehrfachsternsysteme in Betracht, so dass es recht unwahrscheinlich ist, eine solche Entdeckung bzw. Messung machen zu können. Aufgrund des erheblichen motivationalen Potentials soll eine solche Suche, trotz der niedrigen Erfolgswahrscheinlichkeit, dennoch angegangen werden.

### 4. Begleitforschung

Wie bereits in Abschnitt 1.3 dargestellt, liegen allgemeine Nutzungsstatistiken vor. Bislang weitgehend unbekannt sind jedoch die konkrete Art der Nutzung der Aktivitäten (oder der Beobachtungsmöglichkeiten im Allgemeinen) im Unterricht sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Lernenden. Im Rahmen des aktuellen Projekts soll auch an der Schließung dieser Lücken gearbeitet werden. So ist z. B. angedacht, die empfundene Authentizität der bereitgestellten Lernumgebung auf Seiten der Lernenden zu messen. So ist gut bekannt, dass beispielsweise das bereitgestellte Material, der Ort der Durchführung und die verwendeten Methoden einen Einfluss auf dieses individuelle Empfinden haben. Weiterhin ist bekannt, dass dieses Authentizitätsempfinden wiederum u. a. die Motivation und situationale Interesse beeinflusst. [10]

Im Hinblick auf die Lernumgebungen, die in Verbindung mit dem Stellarium Gernergrat angeboten werden, soll nun dieses Authentizitätsempfinden untersucht werden. Es darf angenommen werden, dass dieses bei der unmittelbaren Arbeit mit einem Teleskop hoch ist. Bislang unbekannt ist jedoch, welche Auswirkungen auf das Authentizitätsempfinden die zunehmende Trennung vom eigentlichen Instrument hat, wie sie bei remote ausgeführten Beobachtungen (d. h. einer Beobachtung, die praktisch mittels einer Fernbedienung des Instruments durchgeführt wird) auftritt. Die robotische Beobachtung, wie sie aus Effizienzgründen mittlerweile bei praktisch allen für pädagogische Zwecke verfügbaren Instrumenten praktiziert wird, erscheint zunächst nochmals weniger geeignet, bei Lernenden ein hohes Maß an gefühlter Authentizität zu hinterlassen. Nochmals weiter gedacht stellt sich die gleiche Frage beim Umgang mit astronomischen Beobachtungen aus Datenbanken (sei es internen Bildarchiven eines konkreten Teleskops oder bei öffentlichen Datenbanken). Da genau diese Arbeitsweisen – sowohl die robotisch ausgeführte Beobachtung wie auch der starke Rückgriff auf

archivierte Beobachtungen – in der modernen Astronomie und Astrophysik ein essentieller Bestandteil der Arbeitsweise sind, könnte sich an dieser Stelle eine Diskrepanz zwischen der Vermittlung von Aspekten von Nature of Science und motivationalen Aspekten der jeweiligen Aktivitäten ergeben.

### 5. Fazit

Mit dem aktuellen Projekt zum Ausbau der Angebote des Stellarium Gornegrat werden zusätzliche Inhalte und neuartige Zugangsweisen zur astronomischen Forschung in die Aktivitäten eingebunden. Dies betrifft vorrangig die Nutzung von historischem Material. Neben den inhaltlichen Aspekten, wie der Untersuchung der Sternfarben, der Eigenbewegungen und der Doppel- und Mehrfachsternsystemen, ist in der verstärkten Integration von Nature of Science Aspekten eine bedeutsame Weiterentwicklung zu sehen.

Mit der, parallel zur Entwicklung neuer Aktivitäten durchzuführenden, Begleitforschung wird es zukünftig möglich sein, über reine Nutzungsstatistiken hinaus Einblick in die reale Verwendung der Materialien und Beobachtungsmöglichkeiten im Unterricht und deren Wirkung auf die Lernenden zu erfassen und damit gezielte Schwerpunkte für die weitere Entwicklung zu setzen.

### 6. Literatur

- [1] Hohmann, S., Gschwind, S., Müller, A., Nordine, J. & Riesen, T. (2021). Das Stellarium Gornegrat. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- [2] Stellarium Gornegrat. <https://stellarium-gornegrat.ch/>
- [3] Riesen, T.-E., Gschwind, S., Müller, A., Ruffieux, S., Weder, J., Frey, J., Missura, M., Summermatter, H., Schlatter, P., Franz, M., Hohmann, S., Schildknecht, T., Susanne, W. & Alibert, Y. (2022). Stellarium Gornegrat. In International Foundation HFSJG (Hrsg.), Activity Report. [https://www.hfsjg.ch/reports/2022/pdf/202\\_GG\\_CSH\\_Riesen\\_cf.pdf](https://www.hfsjg.ch/reports/2022/pdf/202_GG_CSH_Riesen_cf.pdf)
- [4] Riesen, T.-E., Alibert, Y., Ekstrom, S., Frey, J., Gschwind, S., Hohmann, S., Kraus, S., Missura, M., Müller, A., Pepe, F. A., Picon, J.-D., Ruffieux, S., Schildknecht, T., Schlatter, P., Schwarz, O., Summermatter, H., Susanne, W. & Weder, J. (2023). Stellarium Gornegrat. In International Foundation HFSJG (Hrsg.), Activity Report. [https://www.hfsjg.ch/reports/2023/pdf/202\\_GG\\_CSH\\_Riesen\\_cf\\_neu.pdf](https://www.hfsjg.ch/reports/2023/pdf/202_GG_CSH_Riesen_cf_neu.pdf)
- [5] Neuhäuser, R., Torres, G., Mugrauer, M., Neuhäuser, D. L., Chapman, J., Luge, D. & Cosci, M. (2022). Colour evolution of Betelgeuse and Antares over two millennia, derived from historical records, as a new constraint on mass and age. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 516(1), 693–719. <https://doi.org/10.1093/mnras/stac1969>
- [6] Humboldt, A. von. (1850). Kosmos (Bd. 3). J. G. Cotta.
- [7] Mädler, J. H. von. (1861). Der Wunderbau des Weltalls, oder Populäre Astronomie: Nebst einem Atlas.
- [8] Schwarz, O. (2013). Das HRD - Erkundungen im Unterricht. Astronomie + Raumfahrt im Unterricht, 50; Jg. 2013(3/4), 6–12.
- [9] Yardley, J., Lowe, S., Gomez, E., Gomez, H. & North, C. (o. D.). Star in a Box. <https://starinabox.lco.global/>
- [10] Betz, A., Flake, S., Mierwald, M. & Vanderbeke, M. (2016). Modelling authenticity in teaching and learning contexts. A contribution to theory development and empirical investigation of the construct. In C.-K. Looi, J. Polman, U. Cress & P. Reimann (Hrsg.), Transforming Learning, Empowering Learners: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS) (S. 815–818).

### Danksagung

Die Verfasser danken der Wilfried und Ingrid Kuhn-Stiftung für die großzügige Unterstützung, ohne die der hier Ausbau des didaktischen Begleitmaterials nicht möglich wäre.