

Das Stellarium Gornergrat

Sascha Hohmann*, Stéphane Gschwind⁺, Andreas Müller⁺, Jeffrey Nordine*, Timm Riesen^X

*IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, ⁺Universität de Genève, ^XUniversität Bern
hohmann@leibniz-ipn.de

Kurzfassung

Der Gornergrat in der Nähe des Matterhorns in der Schweiz ist einer der besten Standorte für astronomische Forschung in Mitteleuropa. Bis 2010 wurde hier internationale Forschung betrieben, seitdem wird das Observatorium als pädagogisches robotisches Teleskop mit hervorragenden Instrumenten genutzt.

Lehrende können für unterschiedliche Altersstufen über ein Webportal verschiedene pädagogische Aktivitäten buchen. Zu jeder Aktivität stehen Erläuterungen, Arbeitsblätter sowie Beobachtungsaufträge zur Verfügung, die von den Lernenden selbstständig online gebucht und daraufhin vom Teleskop eigenständig aufgenommen werden können. Diese sind wenig später auf dem Portal abrufbar und können ausgewertet werden.

In diesem Beitrag werden das Grundkonzept des Stellarium Gornergrat sowie einige Beispielaktivitäten vorgestellt.

1. Einleitung

Durch die flächendeckende Verfügbarkeit von schnellem Internet – selbst an entlegenen Orten – bieten sich in der Astronomiedidaktik Möglichkeiten, die vor wenigen Jahrzehnten noch undenkbar waren. Eine dieser Möglichkeiten ist der Einsatz von Remote-Teleskopen, also ferngesteuerten oder sogar autonom arbeitenden Teleskopen, mit deren Hilfe sich aus dem Klassenzimmer eigene astronomische Bilder aufnehmen lassen.

Remote Teleskope sind im wissenschaftlichen Bereich schon seit langer Zeit üblich, da sie nicht auf die Anwesenheit des Forschenden am Standort des Teleskopes erfordern – je nach Teleskop ist entweder ein Techniker vor Ort oder das Teleskop arbeitet vollständig autonom. Dies ermöglicht es, Teleskope an unzugänglichen Orten aufzustellen, da diese oftmals die besten Beobachtungsbedingungen (wenig Lichtverschmutzung, geringe Luftfeuchtigkeit, große Höhe) bieten. Viele der besten Teleskope der Welt befinden sich daher in der Atacama-Wüste in Chile [1], die Remote-Steuerung ermöglicht aber auch den Schritt aus der Atmosphäre in den Weltraum, wie das Hubble Space Telescope und andere Weltraumteleskope schon seit vielen Jahren eindrucksvoll beweisen (siehe [2] für eine detaillierte Beschreibung).

Mit den neuen, über die ganze Welt verstreuten Teleskopen wurden in den Sternwarten Europas und Nordamerikas Kapazitäten frei, die teilweise zu Bildungszwecken freigegeben wurden. Ein frühes (aber noch bestehendes) Beispiel ist das berühmte Mt. Wilson Observatorium in Kalifornien, das im Jahr 1993 im Zuge des TIE-Projektes (Telescopes in Education) 36 Beobachtungsnächte zu Bildungszwecken bereitstellte [3].

Mittlerweile gibt es mehrere Remote-Teleskope, die sich an Schulen und die Öffentlichkeit (Citizen Science) richten – und das aus gutem Grund. Das hohe Interesse und damit einhergehend die motivierende Wirkung von astronomischen und astrophysikalischen Themen ist eindeutig belegt [4], es lohnt sich also, derartige Themen im Unterricht einzubauen. Gleichzeitig ermöglichen Remote-Teleskope die Aufnahme von eigenen, wissenschaftlichen Daten und gleichzeitig das Arbeiten an echten wissenschaftlichen Problemen, was ebenfalls positive Effekte auf Motivation und Lerneffekte hat [5, 6]. Gerade die Anreise zu den entlegenen Orten, an denen die besten Beobachtungsbedingungen herrschen, ist mit einer ganzen Schulklasse aber aufwändig und teuer und damit in den meisten Fällen unmöglich, daher bieten sich Online-Lösungen dafür an.

Gleichzeitig bieten diese Online-Lösungen einen Einblick in die Arbeit von Astronomen und Astrophysikern: Die wenigsten Wissenschaftler sind vor Ort, wenn ein Teleskop Bilder aufnimmt, sondern sie buchen Beobachtungszeit an einem Instrument, das sich eventuell am anderen Ende der Welt befindet – dies unterscheidet sich stark von der Vorstellung vom Astronomen, der nachts durch sein Teleskop die Sterne beobachtet.

Klar ist aber auch, dass ein Remote-Teleskop nicht den eigenen Blick durch ein Teleskop ersetzen kann und soll. Damit die Schülerinnen und Schüler den Prozess von der Bestellung eines Bildes über die Aufnahme bis hin zur Bereitstellung nachvollziehen können sollte dies zuvor im Unterricht besprochen und eine eigene visuelle Beobachtung mit einem Teleskop vor Ort durchgeführt werden [7].



Abb. 1: Das Stellarium Gornergrat (linke Kuppel) mit dem Kulmhotel Gornergrat und mit Blick auf das Matterhorn. Foto: T. Riesen, <https://stellarium-gornergrat.ch/>.

Um einen sinnstiftenden Einsatz der Remote-Teleskope zu gewährleisten genügt es aber nicht, nur Bilder mit einem Teleskop aufzunehmen. Wesentlicher Bestandteil des Lernprozesses ist natürlich auch die Arbeit mit den aufgenommenen Daten. Da die Entwicklung entsprechender Aktivitäten zeitaufwändig ist und auch ein vertieftes astronomisches Hintergrundwissen erfordert, kann dies nicht von allen Lehrkräften geleistet werden. Entsprechende Angebote sind dementsprechend zentral für Remote-Teleskope im Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeitsbereich, wie es etwa beim englischsprachigen Faulkes Telescope Project (<http://www.faulkestelescope.com/>) der Fall ist. Im deutsch- und französischsprachigen Raum ist das Angebot von speziell zugeschnittenen Materialien nach unserem Kenntnisstand deutlich geringer.

2. Das Stellarium Gornergrat – Geschichte und Konzept

Seit den 1960er Jahren befindet sich auf dem Gornergrat in der Südschweiz, ganz in der Nähe des Matterhorns und oberhalb von Zermatt, eine Sternwarte. Hier wurde bis in die 2010er Jahre astronomische Spitzenforschung betrieben [8]. Durch die hohe, abgeschiedene Lage bieten sich hervorragende Beobachtungsbedingungen – nur wenige Orte in Mitteleuropa weisen eine derart geringe Lichtverschmutzung in Kombination mit trockener Atmosphäre auf. Trotzdem sind die Bedingungen in Chile nochmals besser, so dass die astronomische Forschung am Gornergrat eingestellt wurde. Die Universitäten Bern und Genf wollten den Standort aber nicht einfach aufgeben, so dass das Konzept des Stellarium Gornergrat entwickelt wurde – des ersten Remote Teleskops der Schweiz, das nur zu Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeitszwecken genutzt wird. 2017 wurde die Sternwarte in der linken Kuppel in Abbildung 1 in Betrieb genommen (siehe auch [9, 10]), mittlerweile sind hauptsächlich vier Standorte daran beteiligt (siehe Tab. 1).

Das Stellarium Gornergrat richtet sich dabei insbesondere an Schulen. Mithilfe des pädagogischen Portals auf der Website (<https://stellarium-gornergrat.ch/>) können Beobachtungen gebucht

werden. Diese werden dann vom Teleskop automatisch durchgeführt und anschließend zum Download bereitgestellt. Zusätzlich zu reinen Beobachtungen stehen aber auch vollständig ausgearbeitete Aktivitäten für verschiedene Altersstufen – von der Grundschule (ab etwa 8 Jahren) bis zum Ende der Schulzeit – zur Verfügung. Diese beinhalten alle nötigen Informationen für Lehrende und Lernende, Arbeitsblätter, Aufgaben und natürlich die zugehörigen Beobachtungsaufträge auf Deutsch und Französisch, so dass das zuvor angesprochene geringe Angebot erweitert wird. Für besonders interessierte Schülerinnen und Schüler gibt es auch die Möglichkeit, Matura- bzw. Facharbeiten anzufertigen, wobei das Stellarium die technische Unterstützung übernimmt, während die grundlegende Betreuung durch eine Lehrkraft erfolgt.

Für den Fall, dass Beobachtungen aufgrund des Wetters oder technischer Probleme fehlschlagen sollten, stehen für alle Aktivitäten archivierte Bilder zur Verfügung. Das gesamte Angebot ist selbstverständlich kostenlos, lediglich eine Registrierung im Online-Portal ist notwendig.

Standort	Hauptaufgabe
Universität Bern (Schweiz)	Management und Technik
Universität Genf (Schweiz)	Entwicklung pädagogischer Aktivitäten/Sequenzen
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (Schweiz)	Software
Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel (Deutschland)	Entwicklung pädagogischer Aktivitäten/Sequenzen

Tab. 1: Hauptstandorte- und Aufgaben.

Mehr als 2800 Buchungen im Jahr 2019 und mehr als 2000 im Jahr 2020 (trotz Schulschließungen wegen der Corona-Pandemie) zeigen, dass das Projekt bereits gut angenommen wird. Insgesamt ist etwa die Hälfte der Buchungen erfolgreich, ein Viertel der Nächte bietet perfekte Beobachtungsbedin-

gungen (d.h. die gesamte Nacht ist praktisch wolkenfrei).

3. Das Internetportal

Ein zentraler Bestandteil des Stellarium Gornegrat ist das Internetportal, über das sämtliche Buchungen bequem erledigt werden können. Das Portal ist über die Website erreichbar, im Anhang befinden sich einige Screenshots des Portals und des Buchungsvorgangs. Hier findet man eine Liste aller buchbaren Beobachtungen, unterteilt in drei Kategorien:

3.1. Pädagogische Aktivitäten

Pädagogische Aktivitäten sind das Kernstück des Stellarium Gornegrat. Hier findet man komplett ausgearbeitete Aktivitäten, die meistens zwischen zwei und vier Schulstunden füllen. Die Aktivitäten bestehen aus Lehrer- und Schülerdokumenten, die teilweise noch um Zusatzdokumente ergänzt werden.

In den Lehrerdokumenten sind sowohl allgemeine Informationen zu Lernzielen, Lernmethoden, veranschlagter Zeit und Schwierigkeitsstufe bzw. Voraussetzungen als auch Arbeitsblätter mit Lösungen enthalten. Die Schülerdokumente enthalten die entsprechenden Arbeitsblätter ohne Lösung sowie Informationen zu den Beobachtungsaufträgen.

Die Aktivitäten werden dabei in vier Schwierigkeitsstufen unterteilt, wobei bei jeder Aktivität die detaillierteren Voraussetzungen nochmals aufgelistet werden:

- A. Allgemeine Öffentlichkeit und Kinder von 8 bis 15 Jahren (Primar- und Sekundarstufe I). Es sind weder physikalische/astronomische noch mathematische Grundkenntnisse erforderlich.
- B. Kinder und Jugendliche von 13 bis 16 Jahren (Sekundarstufe I). Elementare Grundlagen der Mathematik, Physik und Astronomie sind erforderlich.
- C. Jugendliche von 16 bis 19 Jahren (Ende Sekundarstufe I bis Sekundarstufe II). Es werden komplexere Themen behandelt, die insbesondere einen höheren Mathematisierungsgrad aufweisen. Auch physikalische und astronomische Grundlagen und Grundvorstellungen werden vorausgesetzt.
- D. Besonders motivierte Jugendliche, spezielle Astronomiekurse und Maturaarbeiten (Sekundarstufe II). Es werden komplexere, offener Probleme behandelt, die einen umfangreichen mathematischen Apparat und fortgeschrittene Kenntnisse in Physik und Astronomie voraussetzen.

Es steht eine stetig wachsende Anzahl an Aktivitäten zur Verfügung (siehe Tab. 2).

3.2. Freie Beobachtungen

Freie Beobachtungen ermöglichen die Buchung von Bildern ohne weitere, zugehörige Dokumente (wie

Arbeitsblätter und zusätzlichen Informationen). Die freien Beobachtungen sind also insbesondere bei schulischen Ideen und Projekten geeignet, bei denen eigene Bilder benötigt werden.

Wir sind immer an Projektideen, die auf freien Beobachtungen basieren, interessiert!

Aktivität	Stufe	Status
Berge auf dem Mond	B/C	Fertig
Das Einmaleins des Nachthimmels	B	Fertig
Der Krebsnebel	C	Fertig
Die Phasen des Mondes	A	Fertig
Die Wanderung der Sterne	A	Fertig
Jupiters Großer Roter Fleck	B/C	Fertig
Cepheiden	D	In Arbeit
Exoplaneten	D	In Arbeit
Parallaxe	C	In Arbeit

Tab. 2: Fertige und geplante Aktivitäten.

3.3. Maturaarbeiten

Am Stellarium können auch Matura- bzw. Facharbeiten angefertigt werden, die aber durch eine Lehrkraft an der eigenen Schule betreut werden. Die unter Maturaarbeiten gespeicherten Beobachtungen entstammen weitestgehend aus abgeschlossenen oder noch laufenden Arbeiten und bieten eine Orientierung, was am Stellarium möglich ist. Auf der Homepage findet sich unter dem Reiter „Matura“ auch eine Auflistung bereits abgeschlossener Arbeiten. Mögliche Themen sind etwa die Detektion von Exoplaneten, Distanzmessungen mit unterschiedlichen Methoden oder Astrofotografie mit einem Fokus auf Bildbearbeitung.

4. Die Instrumente

Nicht jedes Teleskop eignet sich zur Beobachtung von jedem Objekt, daher ist das Stellarium Gornegrat mit einer Auswahl an Instrumenten (3 Teleskope, eine Spiegelreflexkamera für ausgedehnte Strukturen und eine AllSky Kamera) ausgestattet. Diese ermöglichen die Beobachtung unterschiedlichster Objekte. Vier der fünf Instrumente können über das Internetportal angesteuert werden, eines ist für visuelle Beobachtungen vor Ort ausgerüstet. Die Teleskope und die Spiegelreflexkamera sind an einer Hauptmontierung befestigt und können automatisch mit verschiedenen Geschwindigkeiten nachgeführt werden, um längere Belichtungszeiten zu ermöglichen.

4.1. Das DeepSky Teleskop

Das größte Instrumente ist ein 60cm Ricciardi Fast Astrograph (RiFast) von Officina Stellare mit einer Brennweite von 2280 Millimetern (siehe Abb. 2). Mit ihm kann man insbesondere lichtschwache Objekte wie Galaxien und Nebel abbilden (siehe z.B. Abb. 7), es ist aber auch zur Beobachtung ausgedehnter Objekte (etwa des Vollmondes) geeignet. Dank CCD Kamera und Filterrad (RGB und klar) sind auch Farbaufnahmen möglich, zudem stehen diverse spezielle Filter (wie ein H-Alpha-Filter sowie Filter mit engen Durchlassbereichen) zur Verfügung.



Abb. 2: Das RiFast-Teleskop. Credit: Stellarium Gornergrat. Foto: T. Riesen, <https://stellarium-gornergrat.ch/instrumente/>.

4.2. Der Planetenjäger

Die Beobachtung von Planeten erfordert ein deutlich kleineres Sichtfeld – der Takashi Mewlon 250 Reflektor (Abb. 3) ist mit einem Sichtfeld von 1,5 mal 2 Bogenminuten, einer Öffnung von 250 Millimetern und einer Brennweite von 3000 Millimetern perfekt dafür geeignet (siehe Abb. 3, unten links). Mit dem Teleskop können aber auch einzelne Krater auf dem Mond abgeleuchtet werden. Die angeschlossene Kamera kann nicht nur Farbbilder, sondern auch Videos aufnehmen.



Abb. 3: Der Planetenjäger mit einer Aufnahme von Jupiter. Credit: Stellarium Gornergrat., Foto: T. Riesen, <https://stellarium-gornergrat.ch/instrumente/>.

4.3. Visuelles Teleskop

Um auch bei Führungen eine Beobachtung zu ermöglichen steht ein visuelles Teleskop ohne angeschlossene Kamera zur Verfügung – ein Takashi

TAO 150 mit einer Öffnung von 150 Millimetern und einer Brennweite von 1100 Millimetern (Abb. 4). In Kombination mit einer großen Auswahl an Okularen handelt es sich um einen guten Allrounder, auch wenn die visuelle Beobachtung nicht die Hauptaufgabe des Stellarium Gornergrat ist.

4.4. ConstellationCam

Für große, ausgedehnte Strukturen wie Sternbilder und Konstellationen steht die ConstellationCam zur Verfügung (Abb. 3). Es handelt sich um eine Canon 60Da Spiegelreflexkamera mit einem Canon 24-105 Millimeter Objektiv, geschützt von einem Gehäuse der Universität Bern.

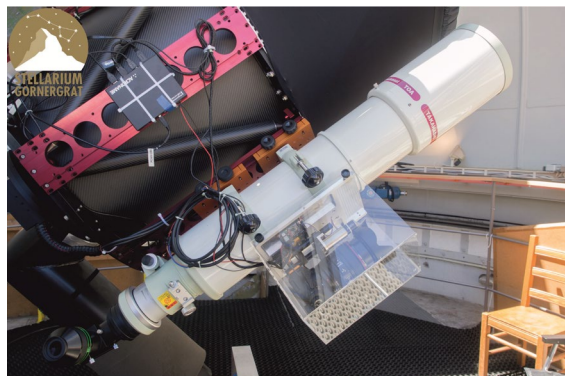


Abb. 4: Das visuelle Teleskop und die ConstellationCam. Credit: Stellarium Gornergrat. Foto: T. Riesen, <https://stellarium-gornergrat.ch/instrumente/>.

4.5. Die AllSky-Kamera

Außerhalb der Kuppel befindet sich das letzte Instrument: Die AllSky-Kamera (Abb. 5). Hierbei handelt es sich um eine OMEA 8M Monochrome von Alcore, die mithilfe einer Fisheye-Linse den gesamten Himmel abbilden kann (siehe Abb. 6). Anders als die übrigen Instrumente ist die AllSky-Kamera auch tagsüber aktiv, man kann also den Lauf der Sonne, aber auch der Sterne beobachten – oder einfach das Wetter überprüfen.



Abb. 5: Die AllSky-Kamera. Credit: Stellarium Gornergrat. Foto: T. Riesen, <https://stellarium-gornergrat.ch/instrumente/>.

5. Beispielaktivitäten

Im Folgenden werden ein paar Beispielaktivitäten kurz vorgestellt. Detaillierte Informationen und

weitere Aktivitäten findet man entweder in den Dokumenten zur jeweiligen Aktivität auf der Homepage oder bei Ekström et al. [9] bzw. Gschwind et al. [10].

5.1. Die Wanderung der Sterne (Stufe A)

Die Wanderung der Sterne ist eine Aktivität, die sich auch als Einstieg in die Astronomie anbietet. Mithilfe der AllSky-Kamera wird der Nachthimmel in regelmäßigen Abständen fotografiert, so dass die Bewegung der Sterne infolge der Erdrotation sichtbar wird. Hierbei werden einige Grundlagen der Astronomie gelegt: Die Schülerinnen und Schüler lernen, wie Tag und Nacht entstehen, wieso sich Sterne zu bewegen scheinen und auch, was zirkumpolare Sterne sind.

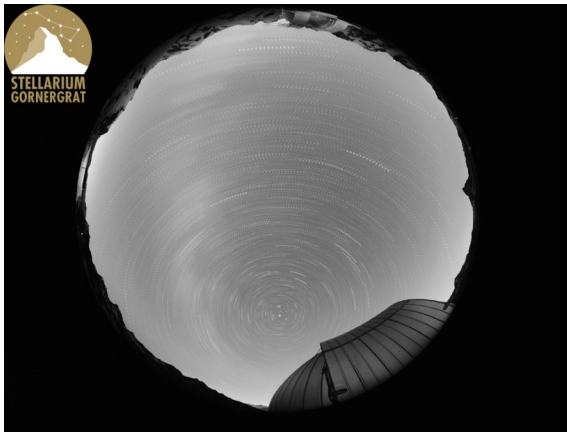


Abb. 6: Aus mehreren Einzelaufnahmen überlagertes Bild zur Wanderung der Sterne, aufgenommen mit der AllSky-Kamera. Foto: S. Hohmann.

5.2. Galaxien-Zoo (Stufe B)

Für Lernende, die bereits ein paar Grundlagen der Astronomie kennen, bietet sich beispielsweise die Aktivität „Galaxien-Zoo“ an. Hier werden verschiedene Galaxientypen behandelt und reale Galaxien werden diesen zugeordnet sowie nach der Hubble-Sequenz klassifiziert. Diese Aktivität zeigt auch die Leistungsfähigkeit des DeepSky-Teleskopes (Abb. 7).



Abb. 7: M81 und M82. Foto: M. Longhitano.

5.3. Berge auf dem Mond (Stufe C)

Mit älteren Schülerinnen und Schülern können auch mathematisch anspruchsvollere Themen behandelt werden. So kann beispielsweise mithilfe geometrischer und trigonometrischer Methoden anhand ihrer Schattenwürfe die Höhe von Bergen auf dem Mond bestimmt werden (Abb. 8) – ähnlich der Methode, wie Galileo es gemacht hat. Dies ist (auch) aus historischen Gründen interessant, schließlich war die Erkenntnis, dass der Mond keine perfekte Kugel ist, ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zu einem modernen Weltbild.

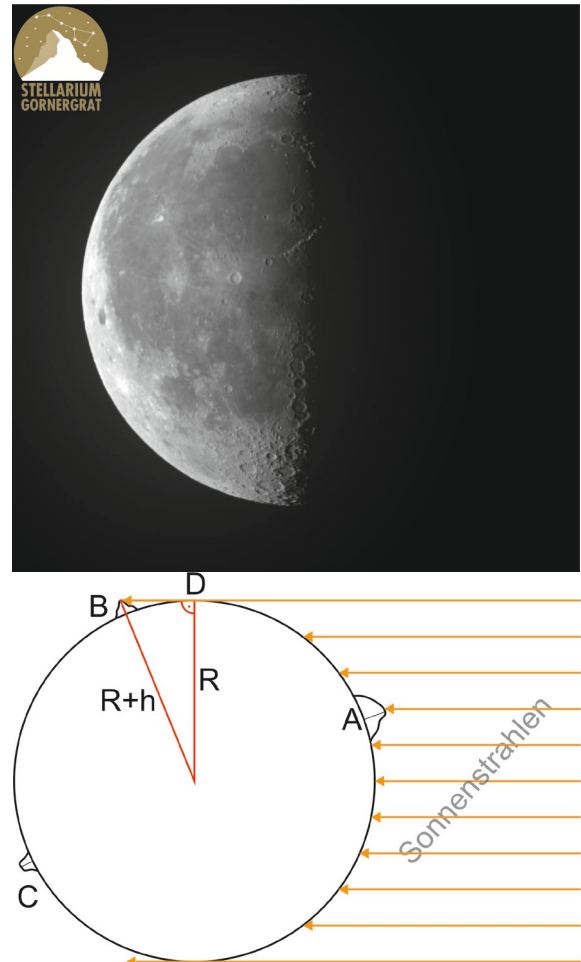


Abb. 8: Bild des Halbmondes und geometrische Methode zur Bestimmung der Höhe der Berge auf dem Mond. Foto: J. Weder, untere Abb.: S. Hohmann.

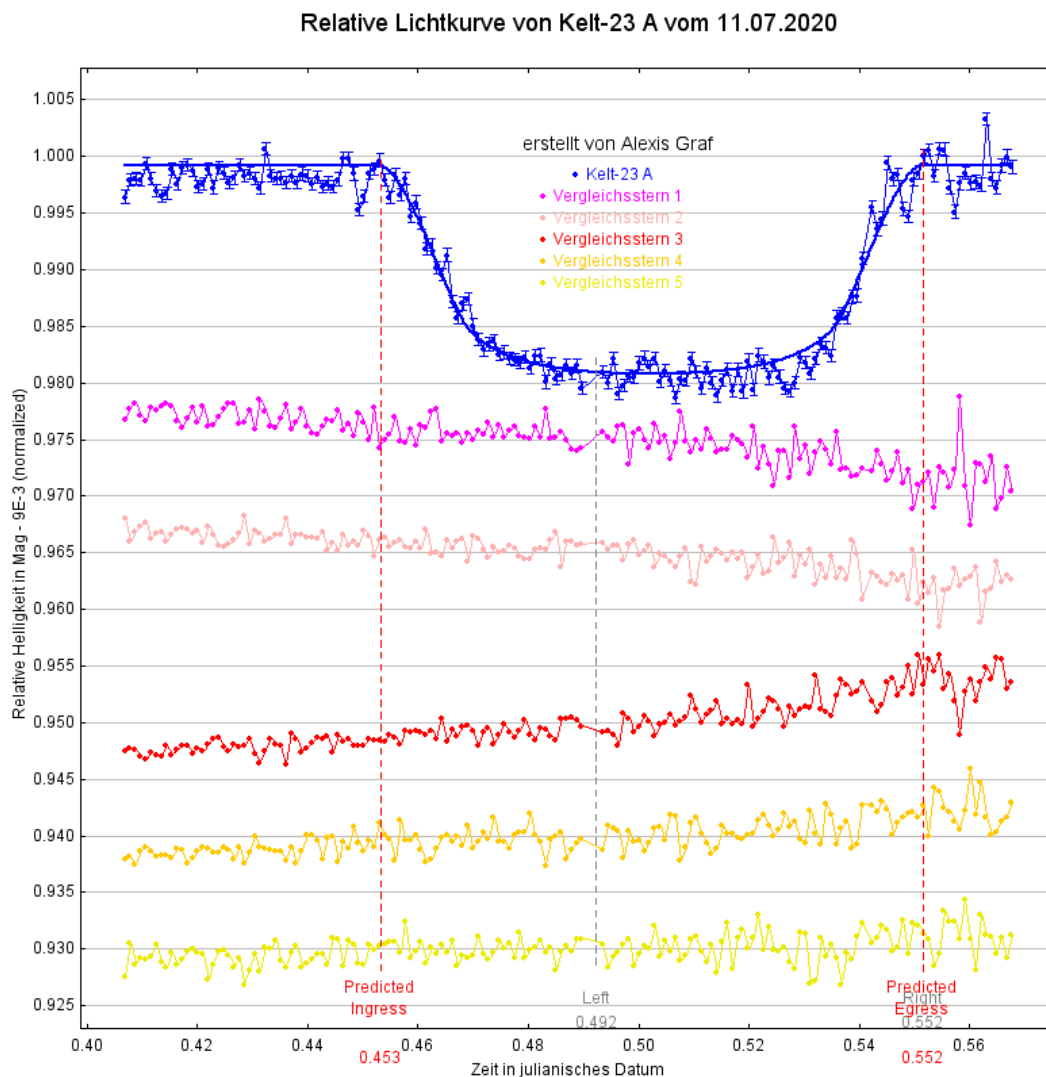


Abb. 9: Nachweis des Exoplaneten Kelt-23 a mithilfe eines Transits (blaue Kurve) im Vergleich zu einigen Referenzsternen .Bild: Alexis Graf [13, S. 21].

5.4. Exoplaneten (in Arbeit, Stufe D)

Mit fortgeschrittenen Lernenden kann man sich mit aktueller Forschung beschäftigen – beispielsweise mit der Suche nach Planeten in anderen Sternensystemen. Dies ist insbesondere bemerkenswert, da Exoplaneten die Voraussetzung für außerirdisches Leben außerhalb des Sonnensystems sind, das ist Platz 1 der Themen, die von Schülerinnen und Schülern als interessant eingestuft werden [4]. Dazu kommt, dass die erste Entdeckung eines Exoplaneten, der einen Hauptreihenstern umkreist, gerade etwas mehr als 25 Jahre her ist (51 Pegasi b im Jahr 1995, [11]), die erste Entdeckung einer sogenannten Supererde sogar nur 15 Jahre (Gliese 876 d im Jahr 2005, [12]). Seitdem wurden mehr als 4000 Exoplaneten entdeckt, die Suche nach weiteren Planeten ist nach wie vor aktuell.

Die Suche nach Exoplaneten ist also ein hochaktuelles wissenschaftliches Thema – und am Stellarium Gernergrat möglich. Eine entsprechende Aktivität ist in Arbeit, als Maturaarbeit (Facharbeit) ist dies bereits mehrfach erfolgreich durchgeführt worden (Abb. 9).

6. Ausblick

Für die Zukunft sind deutliche Erweiterungen des Stellarium Gernergrat geplant. Es werden permanent neue Aktivitäten entwickelt und bereits bestehende Aktivitäten werden verbessert, zudem wird das Angebot auf weitere Sprachen ausgedehnt (aktuell Deutsch und Französisch, geplant sind weiterhin Italienisch und Englisch).

Aber nicht nur die Weiterentwicklung des Angebots an einzelnen Aktivitäten ist angedacht, auch die Verknüpfung der Aktivitäten untereinander soll verbessert werden. Es sind längere Sequenzen geplant, die aufeinander aufbauen. Unterschieden werden dabei längere Projekte, die sich über mehrere Wochen bis zu einem Halbjahr ziehen, und wiederkehrende kürzere Einheiten, bei denen in jedem Schuljahr aufeinander aufbauende Aktivitäten mit ansteigendem Niveau behandelt werden.

Speziell die Frage nach Lerneffekten, die über die rein astronomischen Inhalte hinausgehen, soll untersucht werden, etwa in Hinblick auf das Verständnis von Nature of Science oder der Scientific Literacy.

Dafür bietet sich der Einsatz in Schülerlaboren wie der Kieler Forschungswerkstatt an.

7. Zum Schluss...

Wir sind immer dankbar für Rückmeldungen über durchgeführte Aktivitäten. Was hat gut geklappt, was weniger gut? Gab es Schwierigkeiten oder Missverständnisse? Wir freuen uns über jede Art von Feedback!

8. Literatur

- [1] Jorda, Stefan (2018): Astronomie auf höchster Ebene. In: Physik Journal, 17(12), S. 46-49
- [2] Gomez, Edward; Fitzgerald, Michael (2017): Robotic Telescopes in Education. In: Astronomical Review, 13(1), S. 28-68, DOI: 10.1080/21672857.2017.1303264
- [3] Cohen, Jarrett (1997): Students as Astronomers. Gaining a New Vision with the Mount Wilson Telescope. In: Insights, 2: <https://www.hq.nasa.gov/hpcc/insights/vol2/students.htm>
- [4] Sjøberg, Svein, & Schreiner, Camilla (2010): The ROSE project: An overview and key findings. Oslo, Norwegen: University of Oslo, <http://roseproject.no/>
- [5] Saavedra, Anna; Liu, Ying und Haderlein, Shira Korn (2021): Knowledge in Action Efficacy Study over two Years. CESR Report Series, Los Angeles, USA: University of Southern California, https://cesr.usc.edu/KIA_publications
- [6] Krajcik, Joseph; Schneider, Barbara; Miller, Emily; Chen, I-Chien, Bradford, Lydia, Bartz, Kayla; Baker, Quinton; Palinscar, Annemarie; Peek-Brown, Deborah und Codere, Susan (2021): Assessing the Effect of Project-Based Learning on Science Learning in Elementary Schools. Michigan, USA: Michigan State University, <https://mlpbl.open3d.science/techreport>
- [7] Slater, Timothy (2018): To Telescope or Not to Telescope? In: Fitzgerald, M. et al. (Hrsg.): Robotic Telescopes, Student Research and Education Proceedings, Vol. 1, No. 1, S. 40-45, DOI: 10.32374/rtsre.2017.004
- [8] High Altitude Research Stations Jungfrauoch & Gornegrat (HFSJG), <https://www.hfsjg.ch/de/gornegrat/geschichte/>
- [9] Ekström, Silvia; Frey, Jonas; Gschwind, Stéphane; Hohmann, Sascha; Müller, Andreas; Riesen, Timm-Emanuel; Ruffieux, Simon und Schlatter, Peter (2021): Stellarium Gornegrat – A Swiss Robotic Observatory for Education and Citizen Science. In: SPG Mitteilungen, 63, S. 36-41
- [10] Gschwind, Stéphane; Hohmann, Sascha; Müller, Andreas und Riesen, Timm-Emanuel (zur Veröffentlichung akzeptiert): Das Stellarium Gornegrat. Ein ferngesteuertes Observatorium

für Bildungszwecke. In: Astronomie und Raumfahrt im Unterricht

- [11] Mayor, Michel und Queloz, Didier (1995): A Jupiter-Mass Companion to a Solar-Type Star. In: Nature 378(6555), S. 355-359, DOI: 10.1038/378355a0
- [12] Rivera, Eugenio; Lissauer, Jack; Butler, Robert; Marcy, Geoffrey; Vogt, Steven; Fischer, Daniel; Brown, Thomas, Laughlin, Gregory und Henry, Gregory (2005): A ~ 7.5 Earth-Mass Planet orbiting the Nearby Star, GJ 876. In: Astrophysical Journal, 634, S. 625-640, DOI: 10.1086/491669
- [13] Graf, Alexis (2020): Exkursion ins unbekannte Bekannte. Nachweis eines Exoplaneten mithilfe der Transitmethode. Maturaarbeit, https://stellarium-gornegrat.ch/wp-content/uploads/2020_Maturaarbeit_Exoplaneten_Alexis-GRAF.pdf

Danksagung

Ein besonderer Dank geht an Kathrin Altwegg, Hans Balsiger, Willy Benz, Erwin Flückiger, Kevin Heng, Didier Queloz und Stephane Udry für ihren Einsatz für die (natur-)wissenschaftliche Bildung.

Weiterhin bedanken wir uns für die finanzielle Unterstützung durch den Schweizerischen Nationalfonds (CRA-GI2_139898, CRAGP2_151518) und die Ingrid-und-Wilfried-Kuhn-Stiftung für physikalische Bildung.

Ein besonderer Dank geht auch an unsere Sponsoren: Dem Center for Space and Habitability der Universität Bern, der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Genf, dem HFSJG, der Bürgergemeinde Zermatt, dem Astronomischen Institut der Universität Bern, dem Space Research & Planetary Sciences Institut der Universität Bern, dem Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung, der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz, dem Kulmhotel Gornegrat, dem Physiscope der Universität Genf sowie dem Verkehrshaus der Schweiz.

Anhang



Abb. 10: Die Website des Stellarium Gornergrat, <https://stellarium-gornergrat.ch/>.

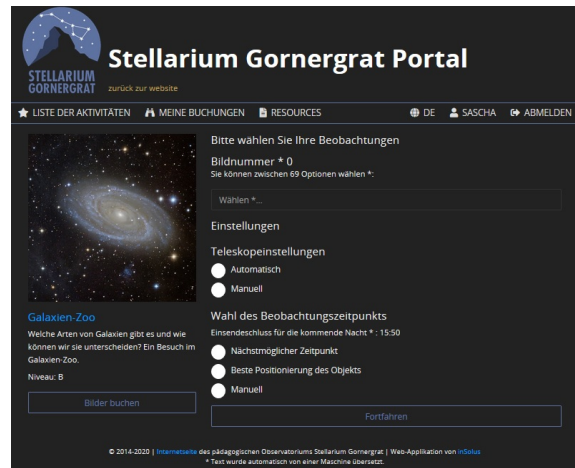


Abb. 12: Auswahl des Beobachtungsobjektes und des Zeitpunkts, <https://stellarium-gornergrat.ch/portal/activity/14/book>.



Abb. 11: Auswahl der Aktivität, <https://stellarium-gornergrat.ch/portal/>.

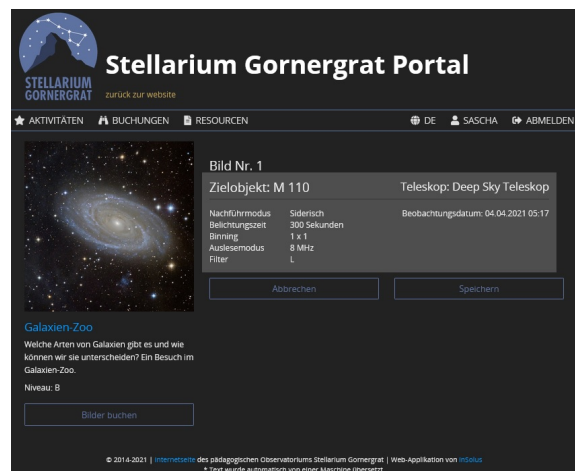


Abb. 13: Zusammenfassung des Beobachtungsauftrages, <https://stellarium-gornergrat.ch/portal/booking/10814/resume>.