

Unterwegs mit dem Exoplanet Travel Bureau

In Bezug auf den Beitrag „Einzelgängerische Exoplaneten sind seltener als gedacht“ in SuW 4/2017, Rubrik „Blick in die Forschung: Nachrichten“, Zielgruppe: Mittelstufe bis Oberstufe, WIS-ID: 1377445

Inga Gryl (Universität Duisburg-Essen)

Als Teil ihrer Science Communication Strategie hat die NASA die Seite des „Exoplanet Travel Bureau“ ins Leben gerufen, auf der im [retro-futuristischen Stil](#) fingierte Werbung für Reisen zu [ausgewählten Exoplaneten](#) präsentiert wird, um deren spannendste Charakteristika einer interessierten Öffentlichkeit zu vermitteln. Dieser Beitrag nutzt jenes Material und treibt als didaktischen Aufhänger zur Vorstellungsbildung die Idee des Reisens in Kombination naturwissenschaftlicher und [kreativer Unterrichtsmethoden](#) weiter: Wie lange würde solch ein Reise dauern? Was wäre vor Ort zu sehen? Was könnte man auf eine [Postkarte](#) schreiben, wenn es denn die Gegebenheiten zuließen, eine solche zu verfassen?

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag (Mittelstufe bis Oberstufe)		
Astronomie	Planeten, Sterne	Exoplaneten, exemplarische Objekte ; physikalische Eigenschaften
Fächer- verknüpfung	Astro-Kunst, Astro-Deutsch	bildliche Gestaltung und (teil-)fiktive Narrationen
Lehre Allgemein	Kompetenzen Querschnittskompetenzen Unterrichtsmittel Lehr- und Sozialformen Lernpsychologie Kategorien des didaktischen Materials	Fachwissen Recherchieren, Transferieren Informationen im Internet , Produkte der Wissenschaftskommunikation Einzelarbeit, Kleingruppenarbeit Transfer Wissen und Fiktion

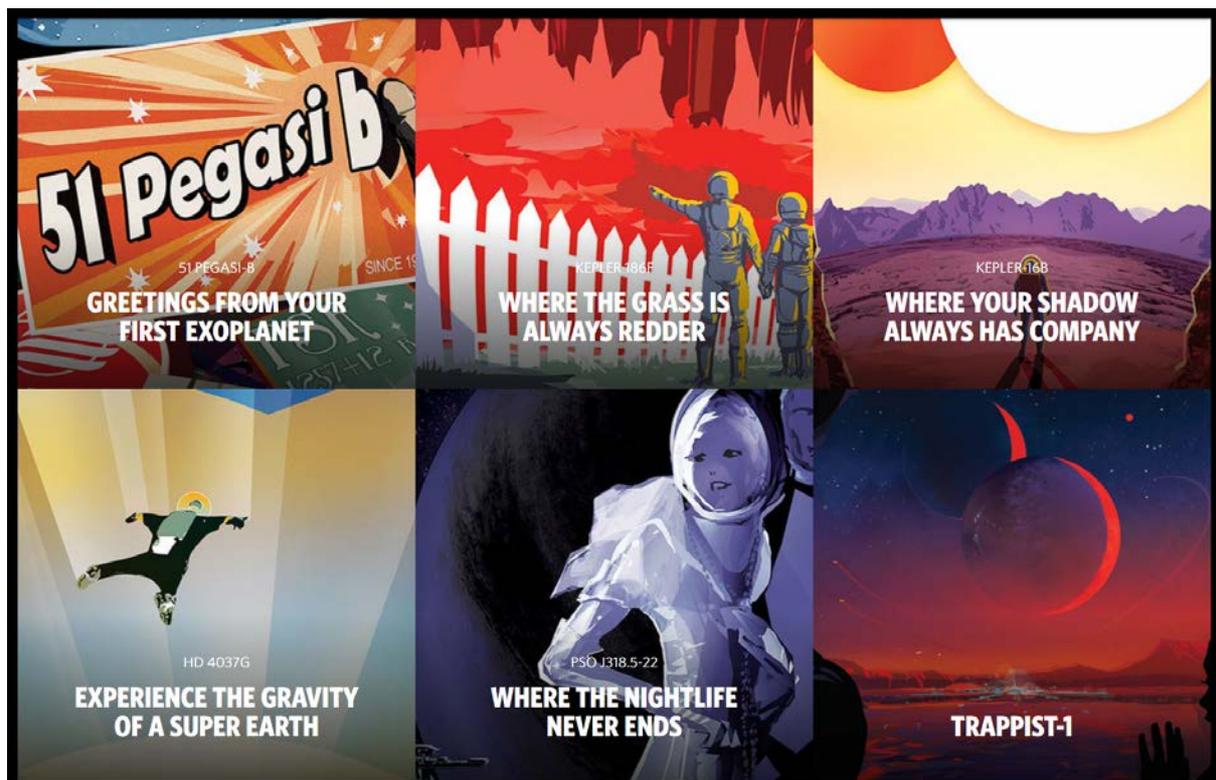


Abbildung 1: Auszüge der Plakate aus dem „Exoplanet Travel Bureau“.
(Credit: NASA, [public domain](#), <https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/exoplanet-travel-bureau/>).

[zurück zum Anfang](#)

Willkommen in Ihrem Reisebüro

Künstlerische Darstellungen haben im Rahmen der Science Communication Strategie der astronomischen Forschung eine lange Tradition (Anderl 2017). Mit ihrer Bilderserie des „Exoplanet Travel Bureau“ ironisiert die NASA diesen Trend und versucht zugleich, das öffentliche Augenmerk auf Existenz, Eigenschaften und Erforschung von Exoplaneten lenken. Die initiale Aufmerksamkeit wird durch die ästhetische Gestaltung in einem wiederum sehr aktuellen Retro-Stil erlangt und das „Was-wäre-wenn“-Spiel der fiktiven Reise schafft auf verspielt-spekulative Weise eine Nähe der Auseinandersetzung, da sie durch die Referenz auf das touristische Erleben über ein bloßes Erfassen der Fakten hinausgeht und Vorstellungen anregt.

Exoplaneten sind jene Planeten, die nicht dem gravitativen Einfluss der Sonne unterliegen, sondern dem eines anderen Sterns, also dessen Planetensystem angehören, oder die ungebundene Planeten sind, also nicht um einen Stern kreisen. Pegasi 51b, bekannt seit 1995, ist der erste Exoplanet, der um einen Hauptreihenstern entdeckt wurde (andere Konstellationen wurden bereits früher gefunden). Mittlerweile sind 3458 bestätigte Exoplaneten bekannt (Stand: 05. 03. 2017, aktuelle Zahlen unter: <https://exoplanets.nasa.gov/>).

[zurück zum Anfang](#)

Reiseziele finden – Exoplaneten entdecken

Die allermeisten Exoplaneten wurden nicht direkt durch Teleskope erfasst (auch wenn dank der Entwicklung der Technik in den vergangenen Jahren, seit der ersten **direkten Beobachtung** 2004, Fortschritte erzielt wurden), sondern durch indirekte Methoden wie die im Folgenden beschriebenen (vgl. Unsöld & Baschek 2002):

Bei der **Transitmethode** liegt die Bahn des Planeten in unserer Sichtebene zum Stern, so dass der Planet gelegentlich einen kleinen Teil des Sterns abdeckt, was zu einem geringfügigen Helligkeitseinbruch führt. Auch, wenn der Stern einen heißen (also selbst im Infraroten oder im sichtbaren Bereich leuchtenden) Planeten abdeckt (der etwa auf Grund seiner Nähe zum Zentralgestirn aufgeheizt wurde), ist eine Reduktion der Gesamthelligkeit zu erkennen. (Diese Methode wird im WIS-Beitrag „Die Suche nach der zweiten Erde“ ausführlich dargestellt und mittels Material erprobt.) In Abhängigkeit von der Neigung der Bahnebene, der Größe des Sterns, dem Abstand zwischen Stern und Planet und damit auch der Umlaufzeit betreffen diese Ereignisse gemessen an der Gesamtzahl von in der Milchstraße vermutlich vorhandenen Exoplaneten nur eine kleine Teilmenge.

Bei der **Radialgeschwindigkeitsmethode** wird sich zu Nutze gemacht, dass sich Planet und Stern um einen gemeinsamen Schwerpunkt bewegen, so dass der Stern (im Vergleich zum Planeten leicht) „wackelt“ und dabei sich auf den irdischen Beobachter zu- und von ihm wegbewegt, was zu einer periodischen Blau- und Rotverschiebung seines Spektrums führt. Liegt die Bahnebene aber vollständig senkrecht zur Sichtachse, so reduziert sich die Komponente der Radialgeschwindigkeit auf Null. Das Wackeln des Sterns könnte dann allenfalls in seiner Bewegung an der scheinbaren Himmelskugel erfasst werden. Für diese **astrometrische Methode** allerdings sind die Messinstrumente bisher zu ungenau.

Durch **Mikrolinsenereignisse** wird das Licht eines Hintergrundsterns durch einen Vordergrundstern kurzzeitig verstärkt, wenn durch den Gravitationslinseneffekt des Vordergrundsterns zwei optisch nicht trennbare Abbilder des Hintergrundsterns entstehen. Hat der Vordergrundstern einen Planeten, der nahe genug am Stern steht, erzeugt dieser eine zusätzliche Spitze in der Lichtkurve und wird damit erkannt.

Bei der Detektierung derartiger Phänomene werden große, möglichst hoch gelegene erdgebundene Teleskope wie die der europäischen Südsternwarte und Weltraumteleskope wie Kepler eingesetzt, um die Einschränkung der Beobachtung durch die Erdatmosphäre zu verringern oder auszuschließen.

Abzuschätzen, ob es sich etwa um erdähnliche Planeten handelt, ist auf Grund der Unsicherheiten in der Massebestimmung – die Masse ist hierbei einer der wichtigsten Indikatoren – schwierig. Der WIS-Beitrag „Von der Schwierigkeit, die Masse von Exoplaneten zu bestimmen“ beschreibt dieses Problem

und stellt Methoden der Massenbestimmung von Exoplaneten vor. Relevant für die Abschätzung, ob dieser Planet potentiell Leben beherbergen könnte, ist zudem die Lage in der habitablen Zone, also der Abstand vom Zentralstern, in dem potentiell Wasser in flüssiger Form existieren kann. Dieser Abstand ist abhängig von den Eigenschaften des Zentralsterns (Masse, Leuchtkraft).

[zurück zum Anfang](#)

Die beste Reisezeit

Das größte Problem des Reisebüros wäre wohl, dass interstellare Reisen bisher nicht unternommen wurden, und dass die Reisezeit(dauer) alle Rahmen des menschlichen Lebens sprengen würde. Allenfalls Voyager 1 hat bisher den interstellaren Raum erreicht – als Grenze gilt der Einflussbereich des Sonnenwindes. Bis zu einem anderen Stern in unserer Umgebung wäre sie auf Grund ihrer geringen Geschwindigkeit von etwa 17 km/s (Cook & Brown 2010) – schließlich wurde sie für die Erforschung des Sonnensystems konzipiert – schätzungsweise zehntausende Jahre unterwegs.

Aktuell nicht entwickelte, physikalisch denkbare, aber in ihrer Umsetzbarkeit (z.B. im Hinblick auf den Energiebedarf und die Güte der benötigten Materialien) umstrittene Antriebe für interstellare Reisen könnten rund 10 % der Lichtgeschwindigkeit erreichen. Während Sonnensegel und Laserstrahlen von einer Erd- oder Mondbasis nur für die erste Beschleunigung taugen und für zunehmende Distanzen ungeeignet sind, könnte Kernfusion eine angedeutete Lösung sein (Alderamin 2012). Allerdings besteht die Problematik des Abbremsens am Zielort. Die im Rahmen der Breakthrough-Initiative (o.J.) geförderte Gedankenskizze Starshot sieht daher bei einer Reise mit im Maximum 14 % der Lichtgeschwindigkeit ein Flyby-Mannöver bei Alpha Centauri (zur Betrachtung des Planeten Proxima Centauri b) vor. Reisen sollen allerdings Nanoroboter, die die Größe von potentiellen Weltraumtouristen deutlich unterschreiten.

Mit Hilfe der Distanzangaben im **→ Material** können die Schülerinnen und Schüler für eine denkbare, aber noch nicht realisierte Reisegeschwindigkeit, ungeachtet der Beschleunigungs- und Bremsphasen, unter Diskussion der Grenzen, die Reisezeit berechnen.

Aufgabe: *Angenommen, ein noch hypothetischer, aber denkbarer Fusionsantrieb würde 10 % der Lichtgeschwindigkeit erreichen. Wie lange würde die Reise (nur Hinreise) dauern? Vernachlässige dabei die Zeitverzögerungen, die sich durch Beschleunigung nach Start und Abbremsen am Zielort ergeben.*

Weitere Informationen zum Stand der interstellaren Raumfahrt finden sich beispielsweise in diesem verständlich und anschaulich geschriebenen Blogbeitrag:

<http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2012/08/17/uber-die-beinahe-unmogliche-interstellare-raumfahrt/> (Alderamin 2012)

[zurück zum Anfang](#)

Lohnende Reiseziele – der Reisekatalog im Detail

Im **→Material** werden jene Exoplaneten vorgestellt, die auf den Seiten des fingierten NASA Exoplanet Travel Bureau (<https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/exoplanet-travel-bureau/>) im Rahmen der Wissenschaftskommunikation der Raumfahrtbehörde präsentiert werden. Hierzu werden die NASA-„Werbe“-Grafiken und eine Übersetzung der entsprechenden „Werbe“-Texte verwendet. Zusätzlich wurde eine ebenfalls im Zusammenhang mit der Öffentlichkeitsarbeit erstellte Valentinskarte der NASA hinzugenommen und mit einem Beispielplaneten (Vertreter der so genannten „Hot Jupiter“) versehen. Bereits seitens der NASA sind die exemplarischen Exoplaneten so gewählt, dass sie möglichst verschiedene interessante Charakteristika aufgreifen:

51 Pegasi b ist einer der ersten entdeckten Exoplaneten und als „Hot Jupiter“ seinem Zentralstern so nah, dass seine Oberflächentemperatur über 900 K steigt.

HD 40307g ist ein Planet, der erdähnlich sein könnte, aber etwa acht Mal mehr Masse als die Erde und damit eine deutlich höhere Schwerkraft besitzt.

Kepler-168f liegt in der potentiell habitablen Zone seines rötlichen Zentralsterns. Sollte es – was vollkommen hypothetisch ist – Pflanzen mit Photosynthese geben, so müssten diese auf die Wellenlängen jenes Sterns abgestimmt sein und sich daher möglicherweise in der Optik auch von unseren Pflanzen unterscheiden. Der Ausspruch unter dem Plakat – „Where the grass is always redder on the other side“ – persifliert eine Metapher, nach der das Gras beim Nachbarn immer grüner wäre, d.h. alles immer beim anderen besser wäre.

Kepler-16b ist ein Planet in einem Doppelsternsystem, so dass – wie treffend im Begleittext beschrieben – man durchaus zwei Schatten werfen kann.

PSO J318.5-22 ist ein ungebundener Planet ohne Zentralstern (von denen es allerdings, siehe Beitrag „Einzelgängerische Exoplaneten sind seltener als gedacht“ in Sterne und Weltraum, weniger als auf Grund erster Beobachtungen angenommen, gibt).

Trappist-1 ist ein System mit zahlreichen erdähnlichen Planeten, von denen mehrere in der potentiell habitablen Zone ihres Planeten liegen könnten, so auch Trappist-1e.

Das Gelungene an den NASA-Darstellungen ist, dass die Reisemetapher zwar im Bild und in Teilen im Text ausgekostet wird, aber Unsicherheiten des Wissens bereits im Text angedeutet werden, etwa, dass unklar ist, ob Kepler-16b ein Gesteins- oder ein Gasplanet ist.

Für die untenstehende Aufgabe ist eine weiterführende Recherche zu den Planeten und zu den Eigenschaften, für die sie exemplarisch stehen, notwendig. Wikipedia eignet sich hierfür, da das Online-Lexikon in der Regel eine gangbare Abstraktion zwischen fachlicher Qualität und populärer Darstellung aufweist und im Hinblick auf seine Aktualität traditionellen Lexika überlegen ist (Stern/Wissenschaftlicher Informationsdienst Köln 2007). Zu allen genannten Planeten existieren Wikipedia-Einträge, die in der englischsprachigen Wikipedia noch umfangreicher sind. Zu HD 40307g existiert in der deutschsprachigen Wikipedia kein Eintrag, wohl aber in der englischsprachigen, und in der deutschsprachigen für seinen Stern, HD 40307. Selbstverständlich können auch Seiten der Weltraumagenturen zur Recherche genutzt werden, etwa in der Datenbank der NASA <https://exoplanets.nasa.gov/newworldsatlas/>. Weiteres Wissen findet sich entlang der Suche und Recherche zu entsprechenden Stichwörtern:

- **51 Pegasi b** – Hot Jupiter, Gasplanet
- **HD 40307g** – Gravitation, erdähnlicher Planet
- **Kepler-168f** – habitable Zone, Photosynthese, außerirdisches Leben
- **Kepler-16b** – Doppelsterne, Spektralklassen
- **PSO J318.5-22** – ungebundener Planet/rogue planet
- **Trappist-1e** – habitable Zone, erdähnlicher Planet

[zurück zum Anfang](#)

Reiseberichte und Urlaubsfotos – Dokumentation mit Wissenslücken

Künstlerische Darstellungen in der Astronomie haben den Mehrwert, dass sie die Vorstellungskraft anregen und damit das Interesse an astronomischen Gegenständen initiieren und steigern können. Indem sie die Illusion der Begehbarkeit und Erlebbarkeit geben, können sie astronomische Thematiken emotionalisieren und rufen hierbei nicht erfüllbares Fernweh hervor, wie es das „Reisebüro“ nun explizit aufgreift. Die holistische (ganzheitliche) Explizierung außerirdischer Welten allerdings bringt die Notwendigkeit mit sich, konkreter zu sein als es die Datenlage zulässt – und damit spekulativer. Die Auseinandersetzung mit künstlerischen Darstellungen in der Astronomie sollte daher mündig – unter Einbezug des verfügbaren Wissens, des Verständnisses der Grenzen des Wissens und der medialen Konstruktion – stattfinden.

Wenn Schülerinnen und Schüler ihre eigenen künstlerischen Darstellungen schaffen, so erhalten sie einen Einblick in die stattfindenden Konstruktionsprozesse, denen eine bildgestützte Wissenschaftskommunikation unterliegt. Gleichzeitig ist die Methode ein Türöffner, um Vorstellungen über die

Vielfalt und Variabilität der physikalischen Bedingungen zu erlangen, um Sehgewohnheiten zu brechen und eine Systematik über Charakteristika von Exoplaneten zu schaffen. Die Metapher des eigenen Erlebens als Weltraumtourist oder Weltraumtouristin dient der Erhöhung der Tiefe der Auseinandersetzung, die dazu zwingt, Details zu erforschen und Zusammenhänge zu verstehen, **mehr, als es das Erstellen eines Datenblatts des Planeten tun könnte (!)**. Die Schülerinnen und Schüler müssen versuchen, ihre Berichte möglichst mit den verfügbaren Daten zu fundieren und Grenzen bewusst aufzuzeigen, wenn sie diese im Dienste der Narration (in Sprache fassbare Vorstellungen und Geschichten) überschreiten. Fiktion wird also in Kauf genommen, muss aber sehr bewusst sein.

Zur Umsetzung werden drei Methoden eingebracht, die den unterschiedlichen künstlerischen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler (Schwerpunkt Text oder Bild oder Text-Bild-Kombination) gerecht werden: das Schreiben eines Reisetagebuchs, das Verfassen und Bebildern einer Postkarte oder das Zeichnen eines Selfies. Angewandt werden können diese Methoden entweder auf die Exoplaneten der NASA-Serie (**→Material**) oder aber auf selbst gewählte, etwa aus dem NASA-Katalog, für die weitere Informationen im Katalog und im Netz verfügbar sind. Bei der Recherche müssen die Schülerinnen und Schüler vielfältige Fragen stellen und beantworten: Wäre es möglich, auf diesem Planeten zu landen? Welcher Schwerkraft wäre man dort ausgesetzt, welche Vorkehrungen müsste man dahingehend treffen? Welche Farbe hat der zentrale Stern? Welche Kleidung müsste ein Raumfahrer auf diesem Planeten tragen (vgl. Selfie: Schwerkraft, Temperatur)? Gibt es weitere Planeten im System, wie groß wären sie in etwa zu sehen? Einige der Aufgaben erfordern durchaus einfache Berechnungen. Darüber hinaus gibt es Raum für Spekulationen: Wie könnte es auf der Oberfläche aussehen, wenn flüssiges Wasser vorhanden wäre? Worauf gehe ich, wenn ich aus dem Raumschiff steige, bzw., sollte ich dies tun? Welche Folgen könnte die habitable Zone haben? Was wäre sehenswert? Wichtig ist, dass Schülerinnen und Schüler die Grenzen zwischen Fakten und Spekulation sehr deutlich machen, aber zugleich, auf Basis der künstlerischen Freiheit auch bereit sind, das potentielle Erleben mit möglichen Ideen zu füllen. Gerade, wenn mehrere Schülerinnen und Schüler ein und denselben Planeten wählen, könnte die potentielle Variabilität der physikalischen Gegebenheiten auf Basis des Wissens deutlich werden. Klar ist, dass die Grenzen des (Erfahrungs- und Experten-)Wissens der Schülerinnen und Schüler gegenüber der fachlich gestützten Interpretation durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ebenfalls limitierend wirken – zentral ist aber der Wissens- und Kompetenzzuwachs der Schülerinnen und Schüler.

*Stell dir vor, dass du – ungeachtet der bereits berechneten Reisezeiten – zu einem Exoplaneten reisen könntest. Wähle dazu einen aus – entweder aus der Reihe der NASA-Reisebüro-Planeten (**→Material**) oder einen anderen, der beispielsweise in folgendem Katalog aufgeführt ist:*

<https://exoplanets.nasa.gov/newworldsatlas/>

Gestalte nun eine der drei touristischen Dokumentationen:

*Schreibe eine **Postkarte**, auf der du kurz den Lieben daheim über deine Reise und das, was es zu sehen gibt, berichtest, und gestalte die Bildseite dekorativ mit den Wundern des Exoplaneten, den du gewählt hast. Oder...*

*Schreibe einen **Tagebucheintrag** über deine Reise, in dem du beschreibst, was du alles erlebt und gesehen hast und was du besonders eindrucksvoll (oder auch unangenehm) fandest. Oder...*

*Zeichne ein **Selfie**, das du von dir auf oder bei dem gewählten Exoplaneten aufgenommen hast. Achte dabei auf die angemessene Wahl deiner Schutzausrüstung und einen Bildausschnitt, der viele Aspekte der von dir besuchten Welt zeigt.*

Ungeachtet der Darstellung musst du als Grundlage eine umfassende Recherche zu deinem Planeten, dem zugehörigen Stern und den allgemeinen Eigenschaften (vgl. Stichwörter) durchführen. Gegebenenfalls musst du einzelne Aspekte wie Schwerkraft des Planeten auf Basis der Daten berechnen oder andere, wie Farbe des Sterns, auf Basis seiner Spektralklasse nachschlagen. Das Dargestellte sollte den bekannten physikalischen Eigenschaften des jeweiligen Planetensystems nicht widersprechen. Wenn du Lücken im Wissen füllen musst, so markiere diese Formulierung oder dieses Detail (Möglichkeit: Post-It, oder Klebpunkte mit separatem Zettel für Erläuterungen).

Die Arbeit oder zumindest die Recherche kann, insbesondere bei Limitierung der Anzahl der Internetarbeitsplätze, auch in Gruppenarbeit realisiert werden.

Der Vergleich im Rahmen der Klasse kann beispielsweise in Form eines Museumsgangs stattfinden, bei dem die Produkte ausgelegt oder rausgehängt und durch die Schülerinnen und Schüler selbstständig besichtigt werden. Dabei können Berichte über dieselben Planeten gruppiert, so über die Zulässigkeit von Schlussfolgerungen und Gestaltungen gesprochen und die Grenzen zwischen Daten und Fiktion ausgelotet werden. Dazu können zudem auch künstlerische Darstellungen der behandelten Planeten aus dem Netz – soweit vorhanden – als Vergleich herangezogen und mit dem eigenen Wissen verglichen und geprüft werden.

[zurück zum Anfang](#)

Weitere Ideen/Anpassung des Materials

Die NASA bietet zu den Planeten des Sonnensystems ebenfalls derartige „Reisewerbung“ an, so dass auch bereits der astronomische Nahraum – gegebenenfalls in einer niedrigeren Klassenstufe – mit der vorgestellten Methode erkundet werden kann. Alternativ kann dieser Bereich eigenständig erschlossen werden. <https://www.jpl.nasa.gov/visions-of-the-future/>

[zurück zum Anfang](#)

Benötigte Materialien

- Material (Kärtchen, per Duplex ausgedruckt)
- Computer, Laptops oder Tablets mit Internetzugang für Kleingruppen von Schülerinnen und Schüler oder für jeden oder jede einzelnen bzw. einzelne

[zurück zum Anfang](#)

Literatur

- Alderamin (2012): Über die (beinahe) unmögliche interstellare Raumfahrt. <http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2012/08/17/uber-die-beinahe-unmogliche-interstellare-raumfahrt/> (Zugriff: 2017-03-08).
- Anderl, S. (2017): Die künstlerische Freiheit der Astrophysik. In: faz.net <http://www.faz.net/aktuell/wissen/weltraum/kuenstler-traeumen-von-exoplaneten-14901366.html> (Zugriff: 2017-03-11).
- Breakthrough-Initiative (o.J.): Starshot. <http://www.breakthroughinitiatives.org/Initiative/3> (Zugriff: 2017-03-05).
- Cook, J. & Brown, D. (2010): NASA probe sees solar wind decline. <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2010-415> (Zugriff: 2017-03-11).
- Stern/Wissenschaftlicher Informationsdienst Köln (2007): Wikipedia schlägt Brockhaus. <http://www.stern.de/digital/online/stern-test-wikipedia-schlaegt-brockhaus-3221896.html> (Zugriff: 2017-03-05).
- Unsöld, A. & Baschek, B. (2002): Der neue Kosmos. Berlin.

[zurück zum Anfang](#)