

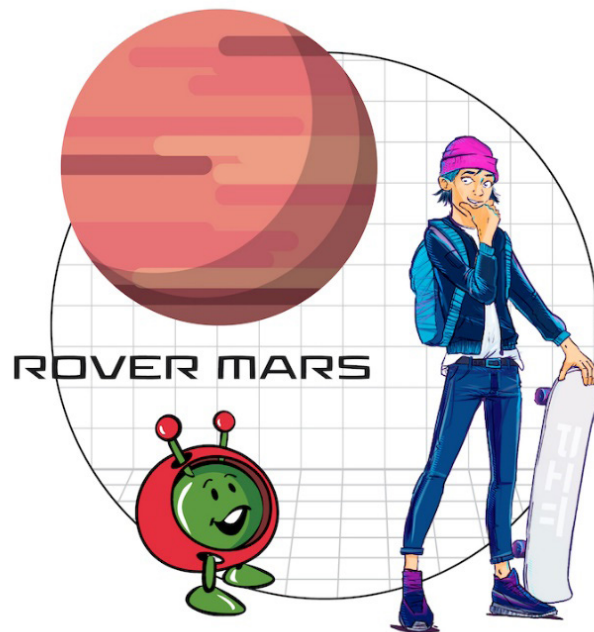


4#Discover Life on Mars with a Rover

4.1 Didaktischer Kommentar

Sandra Baumann, Dominic Harion & Ann Kiefer

Das Modul *#Discover Life on Mars with a Rover* wurde in Zusammenarbeit von ESERO Luxemburg (European Space Education Ressource Office) und PITT entwickelt. ESERO konzipiert sowohl für Grundschulen als auch für Sekundarschulen auf die luxemburgischen Lehrpläne angepasste Unterrichtsmaterialien für MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik), die stets mit dem Thema „Weltraum“ verknüpft sind. Im Studiengang Bachelor en Sciences de l'Education (BScE) der Universität Luxemburg unterstützt ESERO Luxemburg auch bereits angehende Grundschullehrer*innen beim Aufbau einer umfassenden naturwissenschaftlichen Kompetenz – so bearbeiten Studierende etwa die von ESERO entwickelten Aufgabenstellungen zum Projekt „teach with Space“ zum Thema Klimawandel (Andersen et al., 2021).



Die vorliegende Unterrichtseinheit *#Discover Life on Mars with a Rover* beschäftigt sich mit dem Themenkomplex Roboter und wurde in das Lernsetting „Weltraum“ eingebettet. Dahinter steht einerseits die Idee, die „Faszination Weltraum“ ins Klassenzimmer zu holen und junge Menschen über das Lernsetting für das Lernen und selbstständige Arbeiten zu begeistern

und das motivationale Potential desselben für Lernprozesse fruchtbar zu machen: Das Weltall mit all seinen Facetten ist bei Jugendlichen ein beliebtes Thema – insbesondere in Verbindung mit der Suche nach (außer-)irdischem Leben spricht das Modul die Phantasie der Schüler*innen an und sorgt für Spannung und Neugierde. Andererseits dient das Lernsetting als Vehikel für den Themenkomplex Roboter, der in dem hier vorgestellten Modul auf das Coding in anwendungsbezogenen Unterrichtsszenarien fokussiert.

Dieses didaktische Potential des Rahmenthemas „Weltall“ verdeutlicht der ESA-Astronaut Tim Peake in einem Interview im Rahmen der *Esero UK Secondary Space Conference*. Peake ist davon überzeugt, dass sich die „Faszination Weltraum“ in Unterrichtssettings auf viele Lernbereiche und wissenschaftliche Fächer übertragen lässt. In seinen Augen können das Thema Weltall und die Arbeit der ESA als einzigartige Plattformen genutzt werden, um Kinder und Jugendliche sowohl für die Themen *Raumfahrt* und *Weltall* zu begeistern wie auch ihr Interesse für die Arbeit der Astronaut*innen, Ingenieur*innen und Wissenschaftler*innen zu wecken. Einen entscheidenden Vorteil sieht Peake darin, dass Lerninhalte im Kontext Weltraum auf Kinder und Jugendliche sinnstiftend wirken, weil abstrakte Lerninhalte etwa aus den Fächern Mathematik, Physik, Chemie oder auch Biologie anschaulich und greifbar werden, was Peake als „space as an educational outreach tool“ bezeichnet (UK ESERO, n.d.). In diesem Sinne zielt auch das Mars-Rover-Modul darauf ab, Coding nicht in eine rein virtuelle Umgebung einzubetten, in der von Schüler*innen selbst erstellte Programme schlicht ein Antwortschema auf einem Bildschirm zur Folge haben (also etwa bewegte Bilder, Soundeffekte, etc. zu programmieren). Durch die Erprobung der Funktionalität selbst programmierter Steuerungsbefehle für einen Roboter wird eine Responsivität erzeugt, die Schüler*innen unmittelbar ihre Wirksamkeit, Erfolg und Misserfolg in lebensweltlichen Settings zurückmeldet. Die Robotisierung fügt hier eine zusätzliche Ebene hinzu, da sie den selbst konzipierten Algorithmen „eine räumliche Rückkopplung“ gibt, einen greifbaren Aspekt, der es den Lernenden erlaubt, nach Lösungen in einem weniger traditionell-schulischen Lernsetting zu suchen (INRIA, 2020).

So eignet sich das Programmieren auch hervorragend im Kontext des erfahrungsbasierten Lernens zur Etablierung eines lernförderlichen Umgangs mit Fehlern im Klassenzimmer (vgl. etwa Kapur, 2011). „Aus neurowissenschaftlicher Sicht wird ein Fehler in erster Linie als Abweichung von einer Erwartung betrachtet, und stellt somit eine wertvolle Information dar, die es ermöglicht, eigene Vorstellungen zurecht zu rücken und hierdurch dazu zu lernen“ (INRIA, 2020). Einen derart positiven Umgang mit Fehlern können Schüler*innen anhand des Programmierens erfahren, da die Fehlermeldung unmittelbar erfolgt: Ein Computerprogramm urteilt nicht, sondern deckt den Fehler nur auf und meldet ihn. Dies bietet der/dem Lernenden die Möglichkeit, jeweils einen neuen spielerischen Versuch zu starten, bis die eigene Arbeit zum erwünschten Erfolg führt. So bekommen prinzipiell auch leistungsschwächere Schüler*innen die Chance, ihre Aufgabe korrekt fertig zu stellen.

Das Programmieren unterstützt die Lernenden weiterhin bei der Entwicklung einer gründlichen Arbeitsweise, da ein Programm nur dann funktioniert, wenn es zu 100% richtig konfiguriert wurde. Hierin unterscheidet es sich von solchen Schuleinstellungen, bei denen die Schüler*innen auf „gut genug“ hinarbeiten anstatt auf „gut“. Lernende haben z.B. oft das Ziel, einen Test zu bestehen, nicht aber eine maximale Punktezahl zu erreichen. Dies ist beim

Programmieren anders: Während eine Prüfung mit 30/60-Punkten als bestanden gilt, ist ein halb fertig konfiguriertes Programm unbrauchbar und nicht funktionsfähig (INRIA, 2020).

Neben der Responsivität über räumliche Rückkopplungen, einem lernförderlichen Umgang mit Fehlern und einer solchen Anleitung zum gründlichen Arbeiten, ermöglicht das Modul schließlich nicht zuletzt eine Schulung im Sinne des kritischen Denkens. Unter „kritischem Denken“ verstehen wir hier speziell die Fähigkeit, Hypothesen aufzustellen und diese dann zu bestätigen und/oder zu beweisen – oder diese wieder abzulehnen. Im Wesentlichen können Mathematik und Naturwissenschaften diese Fähigkeit bei den Lernenden fördern, da Hypothesen, kausale Zusammenhänge und Theorien wesentliche Elemente der Modellbildung in mathematisch-naturwissenschaftlichen Settings darstellen. Eine wichtige Rolle spielt hier auch das Bewusstsein, die eigene Meinung ändern zu dürfen. Während diese Versuch-Fehler-Schleife in einer klassischen einstündigen Unterrichtsstunde meist nicht umsetzbar ist, da ein solcher Prozess in Laborsituationen oft viel länger dauert, ist die Versuch-Fehler-Schleife in der Informatik viel kürzer, da ein Programm einen Fehler direkt beim ersten Versuch meldet. So lernen Schüler*innen schnell das Prinzip „Ich dachte dass...“, aber ich stelle fest, dass ..., ich werde etwas anderes versuchen“ (INRIA, 2020) und können eine positive Fehlerkultur einüben.

Im Modul *#Discover Life on Mars with a Rover* gehen robotisierte Fahrzeuge wie Opportunity und Curiosity (NASA, 2022) auf eine Mission zum Planeten Mars. Damit ein solcher Mars-Rover weiß, was er tun muss, muss ein*e Programmierer*in eine Reihe von Befehlen schreiben, die der Roboter nacheinander ausführt, z.B. „Solarpanels ausfahren“, „Räder ausfahren“ und „Kamera einschalten“. Allerdings lässt sich der Rover von der Erde aus nicht kontrollieren, da das Funksignal je nach Position der Erde im Verhältnis zum Mars vier bis zwanzig Minuten benötigt. Ein Rover mit Fernsteuerung würde nur mit großer Zeitverzögerung funktionieren. Daher muss der Mars-Rover im Voraus so programmiert sein, dass er autonom arbeiten kann.

Die Schüler*innen erhalten dementsprechend in dieser Unterrichtseinheit vier verschiedene und aufeinander aufbauende Programmiermissionen, die sich in ihrer Komplexität steigern, wobei jeweils Anteile aus den Basis-Missionen für komplexere Aufgaben übernommen werden können. Da die Einheit als Einstieg in das Thema Coding gedacht ist, müssen die Schüler*innen die Missionen somit nicht alle von Grund auf programmieren. Zur Erleichterung werden ihnen Teile der Programmierung als Aufgaben vorgegeben. Dies entspricht auch den Aufgabenschemata der ICILS-Studie (International Computer and Information Literacy Study 2018, durchgeführt mit Achtklässlern) (Fraillon et al., 2019, vgl. unten). Benutzt werden die Roboter mBot von der Firma MakeBlock. Diese Roboter sind speziell für Anfänger entwickelt und ermöglichen ein einfaches und unterhaltsames Lehren und Lernen der Roboter Codierung. Das Programmieren selbst erfolgt über die Software MakeBlock, eine auf Scratch basierte Blockprogrammierungsumgebung.

Das Modul *#Discover Life on Mars with a Rover* fokussiert damit auf die Entwicklung eines spezifischen Kompetenzbereichs, der in der rezenten ICILS-Studie als *Computational Thinking* (CT) modelliert wurde. Dabei handelt es sich um je individuelle Fähigkeiten einer Person, „Aspekte realweltlicher Probleme zu identifizieren, die für eine informatische Modellierung

geeignet sind, und algorithmische Lösungen für diese Probleme zu bewerten und selbst so zu entwickeln, dass diese Lösungen mit einem Computer operationalisiert werden können“ (Boualam et al., 2021). Der Kompetenzbereich umfasst damit die beiden Kernkompetenzen „Probleme konzeptualisieren“ und „Lösungen operationalisieren“ (ebd.).¹ Achtklässlerinnen und Achtklässler (6*/8*) aus Luxemburg liegen im Bereich des *Computational Thinking* wie auch in den generellen Computer- und Informationsbezogenen Kompetenzen dabei aktuell unter dem internationalen Durchschnitt der Studie (vgl. ebd.).

Der Zugang zum Programmieren über Scratch im Rahmen des Moduls *#Discover Life on Mars with a Rover* ermöglicht es, erste Erfahrungen mit Informatiksystemen zu sammeln und eignet sich sehr gut für den Anfangsunterricht. Die Tätigkeit des Programmierens beschränkt sich auf das Zuschneiden der bereits vorhandenen Programmierungsumgebung auf die Anforderungen der aufeinander aufbauenden Programmieraufträge und bietet somit die Möglichkeit, mit nur geringen Vorkenntnissen im Bereich der Programmierung, leistungsfähige Produkte zu konstruieren (Schubert & Schwill, 2011). Mithilfe von Schritt-für-Schritt-Anleitungen machen sich die Lernenden mit den Grundprinzipien der Blockprogrammierung vertraut und entwickeln Grundkompetenzen im Bereich CT. Diese sind anschlussfähig an mitunter bereits verfügbare Vorerfahrungen aus dem Coding, wie es im Fundamental angelegt ist.

¹ Zur Kritik an dem Modell des Computational Thinking vgl. etwa Nardelli (2019) sowie Tedre & Denning (2016). Es ist sowohl aus (lern-)psychologischer wie erkenntnistheoretischer Perspektive in der Tat fraglich, ob CT eine – gar neuartige – Art und Weise des Denkens zu bezeichnen vermag, die geschult werden könnte. Die einzelnen Kompetenzbereiche, die darunter subsumiert werden, werden auch in anderen Fächern, etwa den mathematisch-naturwissenschaftlichen, sowie in Philosophie und formaler Logik gebildet. Für das vorliegende PITT-Modul wird CT daher als Merkmalbündel verstanden, wie es im Rahmen der ICILS 2018 konzeptualisiert und von Boualam et al., 2021 operationalisiert wurde. Mithin werden die hier unter CT zusammengefassten Kompetenzen deskriptiv genutzt, nicht normativ verstanden.

Referenzen:

- Andersen, Katia N., Cornrotte, Frédéric, Trap, Guillaume & Bettelo, Nadia. (2021). Le projet ESERO Luxembourg : conséquences pour la professionnalisation des enseignants sur le thème de l'éducation au développement durable. Rapport national sur l'éducation 2021. <https://doi.org/10.48746/bb2021lu-de-19>
- Boualam, Rachid, Lomos, Catalina & Fischbach, Antoine. (2021). Compétences en informatique et en information (CIL) et compétences en raisonnement informatique (CT) des élèves de 8^e année. Principaux résultats de l'ICILS 2018. Rapport national sur l'éducation 2021. <https://doi.org/10.48746/bb2021lu-fr-26>
- Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (INRIA). (2020). Éducation et Numérique : enjeux et défis. Livre Blanc N 04. <https://hal.inria.fr/hal-03051329v2/document>
- Fraillon, Julian, Ainley, John, Schulz, Wolfram, Friedman, Tim & Duckworth, Daniel. (2019). IEA International Computer and Information Literacy Study 2018. Assessment Framework. IEA.
- Kapur, Manu. (2011). A further Study of productive failure in mathematical problem solving : unpacking the design components. *Instructional Science*, 34(4), 561-579.
- Nardelli, Enrico. (2019). Do we really need computational thinking? *Communications of the ACM*, 62(2), 32-35. <https://doi.org/10.1145/3231587>.
- NASA. (2022). Mars Exploration Rovers. <https://mars.nasa.gov/mer/mission/overview/>
- Schubert, Sigrid & Schwill, Andreas. (2011). *Didaktik der Informatik*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Tedre, Matti & Denning, Peter J. (2016). The long quest for computational thinking. *Proceedings of the 16th Koli Calling Conference on Computing Education Research*, 120-129.
- UK Esero. The benefits of bringing Space to the classroom. The Esero UK Secondary Space Conference. [https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/11/ESERO_UK_Secondary_Conference_at_Farnborough_with_Tim_Peake/\(lang\)/en](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/11/ESERO_UK_Secondary_Conference_at_Farnborough_with_Tim_Peake/(lang)/en)

4.2 Unterrichtsplanung

01 | Thema der Einheit im Gesamtgefüge der Achsen

Modul	Thematische Achsen	Schwerpunkte	Fächerübergreifend mit folgenden Disziplinen
#Involution	Achse 1 Meine digitale Welt und ich!	• Spiele und Algorithmen • Algorithmen des kürzesten Weges	• Mathematik • Geografie
#Climate Killer Internet	Achse 2 Das Internet verstehen: World Wide Web und ich.	• Internet und Klima • Urteilskompetenz	• VIESO • Geografie • Deutsch • Französisch
#Data Viz Superpowers	Achse 3 Do you speak Informatik?	• Verschiedene Formen der Data Visualisation • Manipulation von Grafiken	• Kunstunterricht • Mathematik
#Discover Life on Mars with a Rover	Achse 5 Der Roboter, ein Partner im guten und im schlechten Sinne?	• Programmieren in Scratch • Educational Robotics	• VIESO
#Pupils vs Machine	Achse 6 Gibt es eine Maschine, die so intelligent ist wie ich?	• Basisfunktionsweise einer KI	• Mathematik • VIESO

Da die Achsen nicht aufeinander aufbauen, können sie in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden. Aus diesem Grunde ist es prinzipiell der Lehrperson überlassen, ob sie mit dem Modul *#Discover Life on Mars with a Rover* anfängt oder es zu einem späteren Zeitpunkt einsetzt. Sollen mehrere Module durchgeführt werden, so empfiehlt es sich, das Modul *#Involution* vor dem Modul *#Discover Life on Mars with a Rover* einzuplanen.

Dieses Modul wurde in Zusammenarbeit mit [Frédéric Cornrotte](#) de [ESERO Luxembourg](#) ausgearbeitet. ESERO ist ein Projekt der ESA (European Space Agency) zur Förderung der "Space Sciences" im Unterricht. Es bringt den Weltraum in die Klassenzimmer, indem es neue interaktive Unterrichtsmaterialien entwickelt, Wettbewerbe veranstaltet und regelmäßig Lehrerfortbildungen anbietet.

02 | Bedingungsanalyse

1. Jahrgangsstufe: 7^e - 5^e
2. Raum: Möglichkeit der Darstellung mittels Beamer
3. Ausstattung: Eine freie Zone auf dem Boden von 6m² : 3m x 2m

Pro Gruppe von 2 Schüler*innen:

- Ein Laptop oder Computer mit Windows oder MacOS und mit Internetverbindung
- Ein freier USB-Anschluss
- Die installierte mBlock-Software

Das restliche Material ist bei ESERO zu erhalten (kontaktieren Sie hierfür [ESERO](#)).

- die Marskarte
- das Dekorationsmaterial für die verschiedenen Challenges
 - 3 Fotos f,
 - Fotohalter,
 - eine Grotte,
 - ein Plüschbärtierchen,
 - eine Wärmequelle,
 - das Paxi-Plüschtier, welches das Maskottchen von ESERO ist,
 - Paxi-Aufkleber,
 - 10 mBots, die mit allen notwendigen Sensoren ausgestattet sind, für eine Klasse mit bis zu 20 Schüler*innen.
- Programmiervorkenntnisse sind nicht erforderlich.
- Dauer: 100 Minuten – 2 Unterrichtsstunden oder 200 Minuten – 4 Unterrichtsstunden.

03 | Sachanalyse

Im Februar 2020 präsentierte das luxemburgische Bildungsministerium die Strategie „einfach digital – Zukunftskompetenze fir staark Kanner“ mit dem Ziel, Kinder und Jugendliche auf die Anforderungen der Zukunft vorzubereiten, und sie dabei anzuleiten, sich in einer zunehmend digital geprägten Welt zurechtzufinden und die hierfür notwendigen Kompetenzen zu erwerben. Im Zuge dieser Strategie wurde das neue Unterrichtsfach *Digital Sciences* eingeführt. *Digital Sciences* versteht sich als Fortführung des Unterrichtsfachs *Coding* in der Grundschule und konzentriert sich auf sechs große Themenschwerpunkte: Algorithmen, das Internet, die Sprache der Informatik, das Spiel, Roboter und Künstliche Intelligenz (vgl. Ministère de l'Éducation nationale, 2020).

Das Modul *#Discover Life on Mars with a Rover* schließt an den Coding-Schwerpunkt an und etabliert diesen in den Settings *Space Education* und *Educational Robotics*. Damit ist einerseits eine konsekutive Anschlussmöglichkeit gegeben an die im Enseignement Fondamental eröffneten Lernumgebungen über das Mikrocontroller Board Kniwvelino® oder den Lernroboter Ozobot® bzw. das Lux-Robo Modikit: Auch der in diesem PITT-Modul eingesetzte Roboter mBot verfügt über die entsprechenden Sensoren und lässt sich – wie etwa der Ozobot® – über eine Block-Programmierungsumgebung steuern, sodass bereits erworbene Vorkenntnisse im Bereich des Codings reaktiviert und adaptiert werden können (vgl. Ministère de l'Éducation nationale, 2021). Andererseits wird über die Situierung und fachwissenschaftliche Kontextualisierung im Unterrichtsetting Weltraum ein realweltlicher Anschluss ermöglicht

und über didaktische Feedbackschleifen ein Lernen über das eigene Lernen mit Programmiersprachen befördert.

04 | Didaktische Analyse

a. Angestrebte Lernziele und Kompetenzen

Die Schüler*innen kennen Grundlagen des Blockcodings und haben diese anwendungs-basiert erprobt und adaptiert. Sie haben dabei kooperativ Lösungsstrategien entwickelt und diese auf Basis eigenständiger Dokumentation metakognitiv reflektiert.

Lernziele aus dem Medienkompass¹

- MK1 – Digitale Welt: 1.2 Daten, Informationen und digitale Inhalte analysieren und bewerten
- MK2 – Kommunikation und Zusammenarbeit: 2.1 Mit anderen zusammenarbeiten
- MK3 – Erstellen von Inhalten: 3.3 Modellieren, strukturieren und kodieren
- MK5 – Digitale Welt: 5.1 Einfache technische Probleme lösen

b. Didaktische Relevanz und Begründung

Um eine konsekutive Bildung und Ausbildung im Bereich des Codings von Enseignement Fondamental hin zu Enseignement Secondaire im Sinne der *Digital Sciences* und des im *Medienkompass*² explizierten Kompetenzstufenaufbaus zu gewährleisten, werden in diesem Modul komplexere Aufgabenstellungen zum situierten Lernen mit Blockcodierungen gegeben. Das Ziel ist es, „Aspekte realweltlicher Probleme zu identifizieren, die für eine informatische Modellierung geeignet sind, und algorithmische Lösungen für diese Probleme zu bewerten und selbst so zu entwickeln, dass diese Lösungen mit einem Computer operationalisiert werden können“ (Boualam et al., 2021). *#Discover Life on Mars with a Rover* visiert damit Lerninhalte des Computational Thinking an und stellt exemplarische Methoden und Werkzeuge zur Verfügung, um diese grundlegenden und für den weiteren Aufbau informationstechnischer Fertigkeiten grundlegend wichtigen Wissens- und Kompetenzbereiche zu bilden.

c. Didaktische Reduktion

Die geforderte informatische Modellierung realweltlicher Probleme stellt Ansprüche an Abstraktionsfähigkeit und Mustererkennung, die in dem vorliegenden Modul über die Einbettung in die Lernumgebung der *Educational Robotics* gefördert und unterstützt werden. Neben der Steigerung der Lernmotivation über *spielerische Aufträge zum Coding* und die *kooperativen Methoden zur gemeinschaftlichen Problemlösung* spielen dabei insbesondere die *Responsivität und Anschaulichkeit der Roboter-Programmierung* eine tragende Rolle:

¹ <https://www.edumedia.lu/medienkompass/medienkompass/>

² <https://www.edumedia.lu/medienkompass/medienkompass/>

Numerous studies [...] have shown that poor engagement and retention statistics in courses such as Introduction to Programming [...] often arise from student's inability to see how the skills they learn can have a concrete impact on what they care about: their physical world; their friends and family. Physical robot programming projects can cast coding problems into the real world, making those skills push back on one's world and thereby achieve a level of significance and engagement that, for instance, computation of the Fibonacci Sequence on a computer screen cannot inspire. (Miller & Nourbakhsh, 2016)

Damit wird das didaktische Prinzip des *konstruktivistischen* Lernens transformiert zum *konstruktionistischen* Lernen, wie Eguchi es im Anschluss an Papert & Harrel (1991) pointiert: "With constructionist learning, the *object to think with* is built or made, and what is physically constructed can be publicly shared – shown, discussed, examined, and admired" (Eguchi 2017, 11): Die Möglichkeit, die selbständig aus diskreten, vorgegebenen Programmierbefehlen puzzelartig zusammengesetzten Blockcodes umgehend mit einem Roboter auf ihre Schlüssigkeit und Funktionalität hin zu überprüfen, gestatten ein selbstgesteuertes Lernen, bei dem die Feedbackschleifen unmittelbar über die eingesetzten Lernmaterialien erfolgen. Die gemeinsame Überprüfung, Diskussion und Adaptation der Programmierbefehle im Tandem zielt dabei auf die Schulung metakognitiver Fähigkeiten zur Konsolidierung des Lernerfolgs.

05 | Methodische Analyse

Die Funktionsweise und die Bedienung der Benutzeroberfläche von mBlock wird von den SuS als Vorbereitung auf die folgende Doppelstunde zu Hause erarbeitet. Durch diesen Flipped-Ansatz bleibt in der Präsenzphase mehr Zeit zur Umsetzung der Einzelmissionen und die SuS haben bereits praktische Erfahrungen im Umgang mit der Blockcodierung erworben.

Der Unterrichtseinstieg erfolgt mittels eines Pilottrainings in Tandems: Die SuS werden zu Beginn des Unterrichts in Zweiergruppen mit mRobot-Kits aufgeteilt. Die Pilotaufgabe wird über Whiteboard und/oder Arbeitsblätter (in gedruckter Form oder auf Tablets) ausgegeben und instruiert. Fragen können direkt im Plenum erörtert und beantwortet werden. Sobald alle SuS das Pilottraining erfolgreich abgeschlossen haben, kann die Lehrperson von einem Resümee der Lernziele des Pilottrainings zur Instruktion der folgenden Erarbeitung überleiten.

Je nach Kenntnisstand, Gruppendynamik der Klasse und Grad der notwendigen inneren Differenzierung können in einer Doppelstunde bis zu vier Einzelmissionen während der Erarbeitungsphase durchgeführt werden. Alternativ können die letzten beiden Einzelmissionen durch eine Evaluation ersetzt werden, bei der die SuS selbst ein Programm schreiben, um ein selbstständig formuliertes Ziel mithilfe des mBots zu realisieren. Wenn drei bis vier Schulstunden für das Modul zur Verfügung stehen, so können auch alle Einzelmissionen durchgeführt und mit der Evaluation abgeschlossen werden.

Die einzelnen Missionen sind jeweils nach dem gleichen Schema aufgebaut und werden den Tandems über Arbeitsblätter (in gedruckter Form oder auf Tablets) instruiert. Sobald eine Mission erfolgreich abgeschlossen ist, kann die nächste Mission ausgegeben werden. Dabei

ist besonders darauf zu achten, dass die SuS während des Programmierens und Experimentierens mit dem mBot die Codes kommentieren und den eigenen Arbeitsprozess reflektieren.

Eine Intervention in der Klasse beantragen:

Sie können uns auch kontaktieren, damit wir Sie mit diesem Modul in Ihrer Klasse unterstützen.

06 | Differenzierungsmöglichkeiten

Die Möglichkeit zur individuellen Staffelfung der Einzelmissionen gestattet es, intern nach Schwierigkeitsgrad und Leistungsniveau zu differenzieren. Die Tandems geben dabei selbst die Zeit vor, die sie zur Bearbeitung benötigen. Nach erfolgreichem Abschluss einer Mission kann die darauf aufbauende – und schwierigere – Mission bearbeitet werden.

07 | Weitere im Rahmen der Unterrichtsreihe zu erfüllende Qualitätskriterien

- a. **Luxemburgspezifisch:** Das Modul ist das Ergebnis einer Kooperation von ESERO (European Space Education Research Office) Luxembourg und PITT. Die anvisierten Lernziele und Kompetenzen schließen an den luxemburger *Medienkompass* an und sind der thematischen Axe 5 des Unterrichtsfaches *Digital Sciences* zugeordnet.
- b. **Differenzierend:** Die Möglichkeit zum selbstgesteuerten Lernen sowie die Staffelfung der gestellten Erarbeitungsaufträge nach Schwierigkeitsgrad lassen mehrere Differenzierungsebenen zu.
- c. **Medienkompetenzrahmen:** Vgl. die angestrebten Lernziele des Medienkompetenzrahmens innerhalb der didaktischen Analyse des vorliegenden Dokuments.
- d. **4K-Modell:** Kommunikation, Kollaboration, Kreativität, Kritisches Denken. Dem 4K-Modell wird in mannigfacher Weise durch die unterschiedlichen Sozialformen und Unterrichtsaktivitäten Rechnung getragen.
- e. **Bezug zur aktuellen Forschung:** Die Entwicklung von Rovern, die auf dem Mond oder Mars navigieren können, ist ein hochaktuelles Forschungsthema, um die nächsten Missionen zum Mond und zum Mars vorzubereiten.
- f. **Bezug zur Forschung in Luxemburg:** Die Raumfahrtindustrie und die Forschung im Bereich der Raumfahrt in Luxemburg: Im [Interview mit Miguel Olivares-Mendez](#) sprechen wir unter anderem über die Rolle der Universität Luxemburg in der Weltraumforschung.

Referenzen:

- Eguchi, Amy. (2017). Bringing Robotics in Classrooms. In: Myint Swe Khine (Ed.), *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience*. Cham: Springer, 3-31.
- Miller, David P. & Nourbakhsh, Ilah. (2016): Robotics for Education. In: Khatib, Oussama & Siciliano, Bruno (Eds.), *Springer Handbook of Robotics*. Second edition. Berlin/Heidelberg, 2115-2134.
- Ministère de l'Éducation nationale. (2020). Dossier de presse du 06 février 2020: einfach digital – Zukunftskompetenze fir staark Kanner. <https://men.public.lu/content/dam/men/catalogue-publications/dossiers-de-presse/2019-2020/einfach-digital.pdf>
- Ministère de l'Éducation nationale. (2021). EDI. Infomagazin fir Elteren 2, 23-26. <https://men.public.lu/dam-assets/catalogue-publications/edi-infomagazin-fir-elteren/2021/02-2021-edi-infomagazin-elteren.pdf>
- Papert, Seymour., & Harel, Idit. (1991). *Constructionism*. New York, NY: Ablex Publishing Corporation.

Thema der Sitzung: Programmierung und Educational Robotics					
Lernziele und in der Sitzung zu entwickelnde Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler kennen Grundlagen des Blockcodings und haben diese anwendungsorientiert erprobt und adaptiert. Sie haben dabei kooperativ Lösungsstrategien entwickelt und diese auf Basis eigenständiger Dokumentation metakognitiv reflektiert.					
Lernzielkontrolle (falls geplant): Eine Möglichkeit zur Evaluation wird in 4.5 Evaluationsmöglichkeiten vorgestellt.					
Zeit	Phasen	Fokus	Sozialform / Methoden	Materialien und Medien	Lernprozess
0min	Hausaufgabe	Erlernen der Funktionsweise des Blockcodings mit mBlock	• Einzelarbeit	• Arbeitsblatt mit Auftrag zum aktiven Lernen mit mBlock	Die SuS verstehen das Konzept und die Funktionsweise von mBlock und haben diese an einem Fallbeispiel ausprobiert.
20min	Einstieg	Pilottraining	• Tandems • Lehrer*innengespräch • Übung am Fallbeispiel	• mBot-Kits (1 Kit pro Tandem) • Notebooks (1 Notebook pro Tandem) • Arbeitsblätter oder Tablets mit Arbeitsaufträgen	Die SuS programmieren einen einfachen Blockcode. ... experimentieren mit dem einprogrammierten Blockcode über den Einsatz des mBot. ... können die Auswirkungen der einzelnen Blockcodes auf die Funktionsweise des mBot in eigenen Worten nachvollziehen und erklären .
10min	Überleitung und Instruktion	Resümee des Pilottrainings und Instruktion der nun folgenden Missionen	• Lehrer*innengespräch	• Whiteboard und/oder Arbeitsblätter für jede/n SuS	Die SuS verknüpfen die Ergebnisse aus Hausaufgabe und Pilottraining mit dem Auftrag zu der nun folgenden Erarbeitungsphase. ... problematisieren und verbalisieren Verständnisschwierigkeiten und Anwendungsprobleme.
20-30min	Erarbeitung I	Bearbeitung der Mission I	• Gruppenarbeit (Tandems)	• mBot-Kits (1 Kit pro Tandem) • Notebooks (1 Notebook pro Tandem) • Arbeitsblätter oder Tablets mit Arbeitsaufträgen	Die SuS programmieren einen Blockcode zur Erfüllung der vorgegebenen Mission. ... experimentieren mit dem einprogrammierten Blockcode über den Einsatz des mBot und kontrollieren und evaluieren den Erfolg oder Misserfolg. ... können die Auswirkungen der einzelnen Blockcodes auf die Funktionsweise des mBot in eigenen Worten nachvollziehen und erklären .
20-30min	Erarbeitung II	Bearbeitung der Mission II	• Gruppenarbeit (Tandems)	• mBot-Kits (1 Kit pro Tandem) • Notebooks (1 Notebook pro Tandem) • Arbeitsblätter oder Tablets mit Arbeitsaufträgen	Die SuS programmieren einen Blockcode zur Erfüllung der vorgegebenen Mission. ... experimentieren mit dem einprogrammierten Blockcode über den Einsatz des mBot und kontrollieren und evaluieren den Erfolg oder Misserfolg. ... können die Auswirkungen der einzelnen Blockcodes auf die Funktionsweise des mBot in eigenen Worten nachvollziehen und erklären .
20-30min	analog: Erarbeitung III und Erarbeitung IV oder:				
10-30min	Evaluation und Abschluss	Mission zur Selbstevaluation	• Gruppenarbeit (Tandems)	• mBot-Kits (1 Kit pro Tandem) • Notebooks (1 Notebook pro Tandem) • Arbeitsblätter oder Tablets mit Arbeitsaufträgen	Die SuS formulieren eigenständig einen Auftrag, der durch den mBot ausgeführt werden soll. ... programmieren den mBot entsprechend ihrer Zielvorgabe. ... evaluieren die Schlichtheit ihrer Programmierung nach erfolgreichem Experiment.

4.3 Materialien

M1 | Anweisungen für Lehrer*innen

Vorstellung des Rovers mBot

Der mBot ist ein Roboter für Anfänger, der von der Firma MakeBlock entworfen wurde und den Unterricht und das Lernen des Roboter-Codings einfach und unterhaltsam gestaltet. Mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen machen sich die Schüler*innen mit den Grundlagen der blockbasierten Programmierung vertraut, entwickeln ihr logisches Denken und ihre Gestaltungsfähigkeiten.

Wie jeder Roboter interagiert der mBot gemäß den Anweisungen, die er ausführen soll, mit seiner Umgebung.

Dafür kann er mithilfe seiner Sensoren Informationen sammeln und mit seinen Stellantrieben Aktionen ausführen.



Aktionen

Dank seiner beiden voneinander unabhängigen Motoren, die jeweils ein Antriebsrad steuern, ist der Roboter in der Lage, sich fortzubewegen.

- Mithilfe eines Buzzers kann er Laute von sich geben.
- Dank der LED-Leuchten, deren Farbe einstellbar ist, kann er Licht abgeben.
- Um mit seiner Umgebung zu interagieren und dort Informationen zu sammeln, befinden sich am Roboter:

- ein ON/OFF-Schalter,
- ein Programmstart-Button,
- ein Modul, um der Linie am Boden zu folgen,
- ein Ultraschallmodul, mit dessen Hilfe er Hindernisse im Voraus „sehen“ und ihre Entfernung einschätzen kann,
- ein Lichtsensor, der ihm Informationen über das Umgebungslicht gibt,
- ein Tonsensor, der ihm Informationen über Umgebungsgeräusche gibt,
- ein Temperatursensor, der die Temperatur der Umgebungsluft misst,
- ein Linien-Verfolgungs-Sensor

Der Linien-Verfolgungs-Sensor ist vorne am mBot angebracht und mit zwei Sensoren ausgestattet, die eine weiße Oberfläche (in einem Bereich von 1 bis 2 cm) erkennen können, indem sie IR-Licht (Infrarot) aussenden und die Menge des reflektierten Lichts registrieren.

Wenn eine große Menge Licht reflektiert wird, kann man daraus ableiten, dass er sich in der Nähe einer weißen Fläche befindet. Wenn die Reflexion schwach ist, kann man daraus ableiten, dass die Fläche schwarz ist oder dass der Sensor sich nicht in der Nähe einer Fläche befindet.

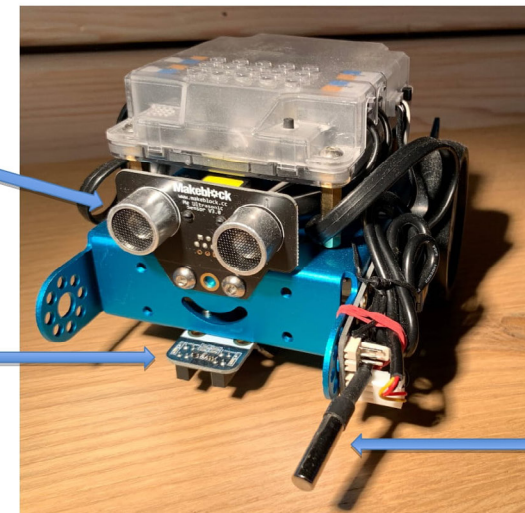
Wo befinden sich die Buttons und die Sensoren?

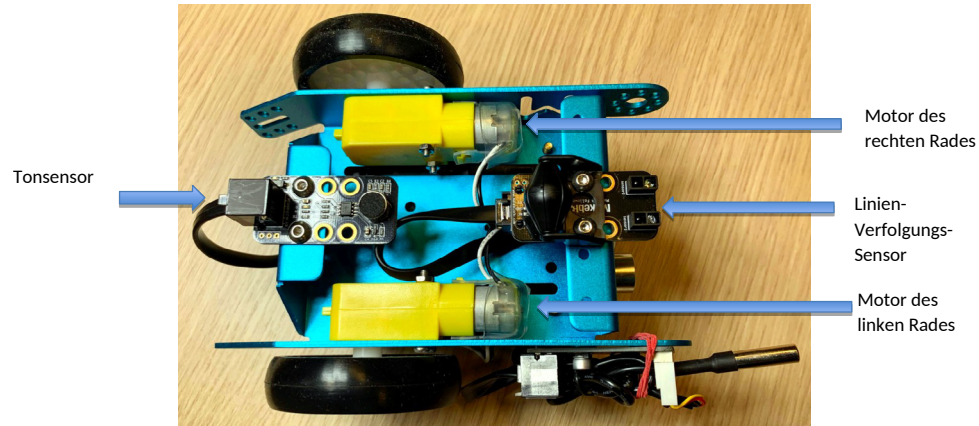
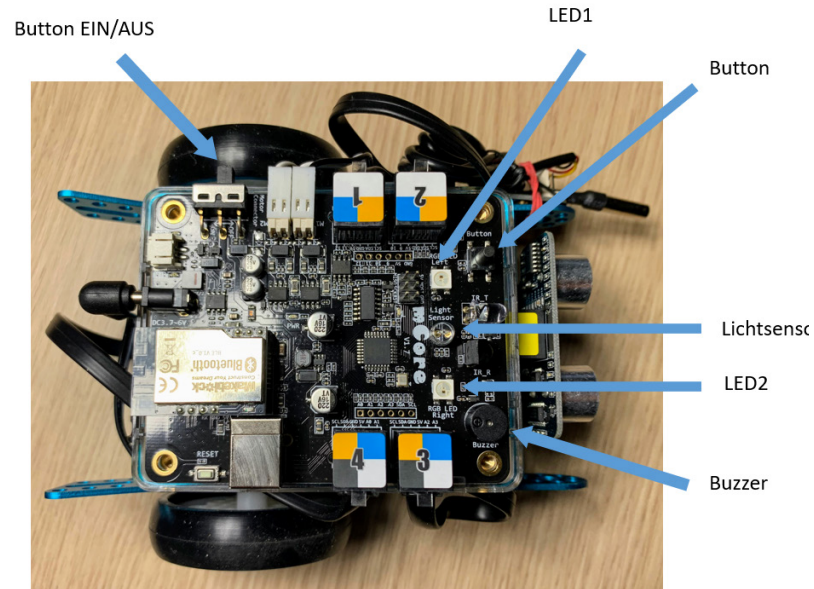


Ultraschallsensor zur Distanzmessung

Linien-Verfolgungs-Sensor.

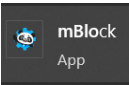
Temperatur





Vorstellung des Rovers mBot

Der Roboter mBot wird mit der Software mBlock programmiert. Diese Software kann in der PC-Version (auf Windows- oder Mac-Rechner) oder in der App-Version (für Android oder iOS) heruntergeladen werden. Alternativ kann auch die Web-Version der Software genutzt werden. Das ist besonders praktisch für die Hausaufgabe, die die Schüler*innen vor der Stunde erledigen müssen.

Anwendung der Programmier-Software	
1. Öffnen Sie das Programm mBlock.	
2. Wählen Sie oben links am Bildschirm Ihre Sprache, indem Sie auf folgenden Button klicken:	
3. Löschen Sie das Gerät CyberPi im Reiter „Geräte“ links, in dem Sie auf das Kreuzchen klicken	
4. Klicken Sie nun ebenfalls im Reiter „Geräte“ auf den Button „Hinzufügen“	
5. Wählen Sie den mBot und klicken Sie auf „OK“	

6. Beschreibung der Benutzeroberfläche

The screenshot shows the mBlock v5.3.0 interface. The top bar includes the 'makeblock | mBlock' logo, a 'Datei' menu, 'Bearbeiten' and 'Speichern' buttons, and a 'Veröffentlichen' button. On the right, there are links for 'Kurse', 'Tutorials', 'Rückmeldung', and a 'Python Editor' button. The main workspace is divided into three sections: a left sidebar, a middle block palette, and a right workspace.

Annotations and their locations:

- 1:** Points to the 'Aussehen' (Appearance) category in the block palette.
- 2:** Points to the 'LED Panel' block in the block palette.
- 3:** Points to the main workspace area.
- 4:** Points to the 'Geräte' (Devices) section in the left sidebar.
- 5:** Points to the 'Hintergrund' (Background) section in the left sidebar.
- 6:** Points to the 'Hochladen' (Upload) button in the bottom left.
- 7:** Points to the 'Verbinden' (Connect) button in the bottom left.
- 8:** Points to the context menu for the 'LED Panel' block in the workspace.

The workspace contains a script with several 'LED Panel' blocks. A red arrow points from the workspace to the text:

Feld, in das Sie Ihr Programm eingeben werden

The context menu for the 'LED Panel' block includes the following options:

- Duplizieren
- Kommentar hinzufügen
- Block löschen
- Exportieren dieses Skripts in bild
- Hilfe

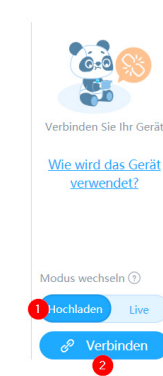
Um das Programm zu erstellen, müssen Sie nur die Elemente aus der Bibliothek in den Bereich zur Programmerstellung ziehen.

Achtung, manchmal müssen sie ganz genau platziert werden, damit sie dort bleiben.

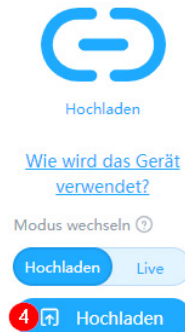
(1) Auswahlbereich aus einer Befehlsbibliothek	(5) Start/Stopp des Programms, wenn Sie ein Bild programmieren
(2) Auswahlbereich eines Befehls für Drag&Drop in den Bereich (3)	(6) Button, um Ihr Programm in den mBot hochzuladen
(3) Feld, in das Sie Ihr Programm eingeben werden	(7) Button, um sich mit dem mBot zu verbinden
(4) Testbereich, um ein Bild anstelle des mBot zu programmieren	(8) Um einen Befehl zu löschen, Rechtsklick -> Block löschen

Vorgehensweise, um das Programm an den mBot zu schicken:

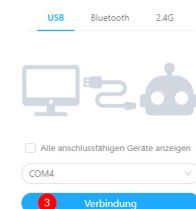
1. Stellen Sie den Roboter auf eine Unterlage und schließen Sie ihn an den Rechner an.
2. Prüfen Sie am Roboter, ob der Schalter auf „ON“ steht.
3. Vergewissern Sie sich, dass der Button „Hochladen“ aktiviert ist. (1)
4. Klicken Sie auf „Verbinden“. (2)



5. Wenn die Verbindung hergestellt ist, klicken Sie auf „Hochladen“. (4)



6. Klicken Sie in der folgenden Anzeige nochmals auf „Verbinden“. (3)



Darstellung der Marskarte



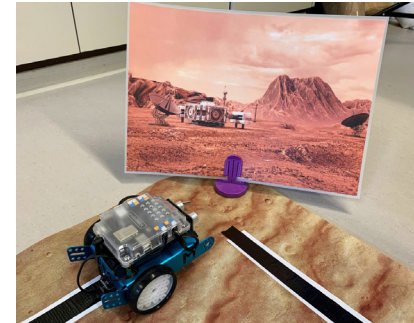
Die Karte ist ein echtes Satellitenbild, das im November 2018 von dem Satelliten [Mars Express der ESA](#) aufgenommen wurde.

Sie ist in 9 Bereiche unterteilt, die bei der Beschreibung jeder Mission erwähnt werden:

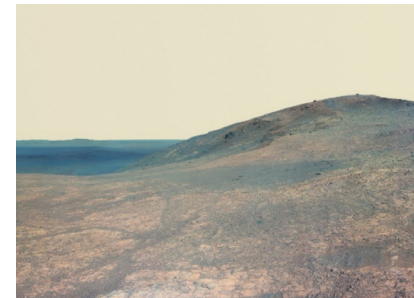


Aufbau

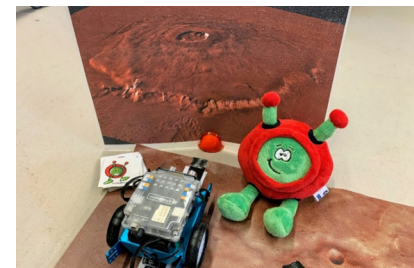
1. Stellen Sie das Foto der Marsbasis in die Ecke von Bereich 3.



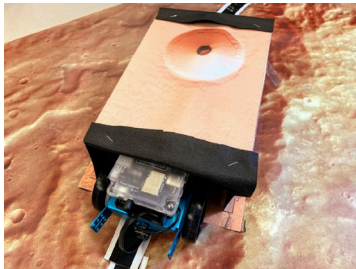
2. Stellen Sie das Foto der Marslandschaft gleich neben die Karte, neben den Bereich 6.



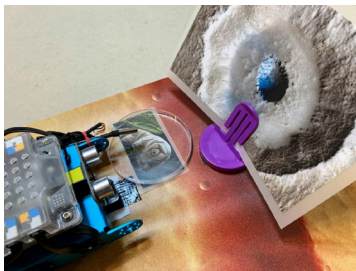
3. Stellen Sie das Bild des Olympus Mons senkrecht an das Ende der Strecke, unterhalb des Bereichs 9 der Karte. Platzieren Sie Paxi (das ESERO-Maskottchen) und die Paxi-Aufkleber neben den Olympus Mons.



- Legen Sie die Marshöhle auf Bereich 8, kleben Sie sie mit Klebeband an die Karte, platzieren Sie das Stück schwarze Strecke, das durch die Höhle läuft, und kleben Sie es ebenfalls an die Karte.



- Stellen Sie das Bild des Marskraters senkrecht an das Ende der Strecke in Bereich 1. Stellen Sie eine Wärmequelle links an die Strecke, gleich vor den Marskrater. Legen Sie das Bild des Bärtierchens unter die Wärmequelle und das Plüschbärtierchen neben die Wärmequelle.



Vorbereitung der Stunde

- Wir empfehlen dringend, die Lösungen zu den 4 Missionen zu lesen, zu verstehen und zu testen, bevor Sie die Stunde mit den Schüler*innen beginnen.
- Vergewissern Sie sich, dass sich eine Lithium-Batterie oder AA-Batterien im mBot befinden.
- Schließen Sie den Rover mithilfe des USB-Kabels an Ihren Rechner an.
- Drücken Sie den ON-Button.

Das erste eigene Programm lesen

Um sich mit dem Programm mBlock vertraut zu machen, müssen die Schüler*innen zu Hause eine erste Übung machen, um die Stunde vorzubereiten. Diese Übung kann in der Web-Version des Programms mBlock durchgeführt werden. Die SuS müssen also nichts installieren. Bitten Sie die SuS, folgendes zu tun:

- Im Menü Tutorials -> Beispielprogramme öffnen
- Die Szene -> Happy Panda wählen
- Auf „OK“ drücken

Vergewissern Sie sich, dass die SuS Folgendes verstanden haben:

- wie der Panda durch die Farbböcke gesteuert wird. Die Farbböcke sind die Befehle, die er befolgt. Die Böcke müssen nicht im Detail erklärt werden. Die Schüler*innen müssen selbst herausfinden, was sie mit jedem Block tun können.
- die Funktion der grünen Fahne und des roten Vierecks.

Dann werden die Schüler*innen gebeten, die chinesische Botschaft im Block „say“ zu ändern und zu zeigen, was dies bei der Ausführung des Programms ändert. Ermutigen Sie sie, mit dem Programm zu spielen und die Funktionen selbst herauszufinden.

Los geht's!

Die Stunde kann beginnen. Das Programmierspiel ist in 4 Missionen gegliedert, denen eine Herausforderung namens Pilottraining vorangeht. Die Missionen müssen gelöst werden, indem der mBot so programmiert wird, dass er seine speziellen Aufgaben ausführt.

Da dieses Modul für viele Schüler*innen den ersten Kontakt mit Scratch darstellt, müssen die SuS nicht jede Übung von Grund auf programmieren. Am Ende jeder Mission gibt es Dateien. Diese Dateien beinhalten einen Teil der Lösung. Die Schüler*innen müssen also nur die Datei ergänzen, um zur endgültigen Lösung zu gelangen. Hierzu müssen die SuS die Dateien auf ihrem Rechner speichern. Über die mBlock-Benutzeroberfläche müssen sie sie dann auf ihrem Rechner öffnen.

Natürlich können Sie in Klassen, die bereits Erfahrung mit Scratch haben, diese Dateien weglassen und die SuS die Missionen von Grund auf programmieren lassen.

Die Missionen sind so konzipiert, dass der Schwierigkeitsgrad ansteigt. Zunächst sollen die Schüler*innen sich auf die Werte der Variablen (Mission 1) konzentrieren, dann auf die Logik des Programms (Mission 2) und schließlich beide Aspekte zusammen betrachten (Mission 3 und Mission 4).

Das erste eigene Programm schreiben: Pilottraining

Bei dieser ersten Übung besteht die Aufgabe darin,

- den mBot auf dem Tisch geradeaus fahren zu lassen,
- den mBot mithilfe des Ultraschallsensors zu stoppen, sobald er sich in weniger als 10 cm Entfernung von einem Hindernis befindet. Das Hindernis kann die Hand des/der Schüler*in, ein Buch oder irgendein anderer Gegenstand sein.

Mission 1

Kontext:

Der Rover befindet sich in der Mitte der Karte, in einem ausgetrockneten Tal, und erhält den Befehl, zur Basis zurückzukehren, um mit einer neuen Mission beauftragt zu werden.

Mission:

Die Schüler*innen müssen zur Basis in Bereich 3 zurückkehren, indem sie mit dem Linien-Verfolgungs-Sensor der schwarzen Linie folgen.

In der Befehlsbibliothek „Fühlen“ gibt es **2 Blöcke**, die dem Linienverfolger zugeordnet sind:

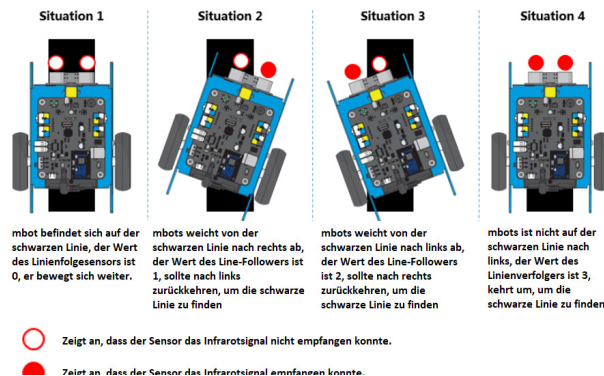
Linien-Verfolgungs-Sensor port2 ▾ gebe Wert

In diesem ersten Block wird eine Zahl zwischen 0 und 3 auf der Grundlage der folgenden Werte zurückgeben:

Sensor 1 (links)	Sensor 2 (rechts)	Rückgabewert
		0
		1
		2
		3

Ist Linien-Verfolgungs-Sensor port2 ▾ linke Seite ▾ auf schwarz ▾ gesetzt?

Der zweite Block gibt „true“ oder „false“ zurück.



Programmierung:

Die Schüler*innen müssen die Übung zum Ergänzen herunterladen:

https://drive.google.com/file/d/19URJN5clCsL050_mEGmUU76QlgQyjlw-/view?usp=sharing

Wichtiger Hinweis: Im Allgemeinen tendieren Schüler*innen bei der Linienverfolgung intuitiv dazu, diese Befehle mit Zeitangaben zu programmieren, um nach links oder rechts zu drehen, was die Linienverfolgung sehr schwierig macht, da der Begriff „Zeit“ von der Motorleistung zu diesem Zeitpunkt abhängt. Außerdem haben wir festgestellt, dass Schüler*innen, und auch Erwachsene, die Länge einer Sekunde unterschätzen.

Anstatt dies also so zu programmieren:

wenn Linien-Verfolgungs-Sensor port2 ▾ gebe Wert = 1 , dann
nach links drehen mit 50 % Leistung für 1 Sek.

ist es viel sicherer, die Reaktionszeit des Linien-Verfolgungs-Sensors zu nutzen und die Motorleistung zu bremsen:

wenn Linien-Verfolgungs-Sensor port2 ▾ gebe Wert = 1 , dann
linkes Rad dreht mit 10 % der Leistung, rechtes Rad mit 50 %

Beim Befehl „Rückwärts fahren“ ist man leider gezwungen, mit Sekunden zu arbeiten. Achten Sie genau darauf, dass die SuS nicht mit zu hohen Zeitangaben arbeiten (nicht mehr als eine Sekunde).

Computer Mission Controller/IT Mission Control: Damit die Schüler*innen aus ihren Fehlern lernen, also aus falschen Einschätzungen und Programmierungen, müssen diese Lernschritte durch Versuch und Irrtum dokumentiert werden. Die Schüler*innen erhalten daher die Aufgabe, in mBlock Kommentare zum Coding und zu den Gründen, warum das Coding so oder anders erfolgte, zu notieren. Um eine Codezeile zu kommentieren, klickt man mit der rechten Maustaste auf die Codezeile und dann auf „Kommentar hinzufügen“ (siehe Beschreibung der Benutzeroberfläche oben).

Mission 2

Kontext:

Der Rover ist zur Basis zurückgekehrt und erhält den Befehl, den Versuch zu unternehmen, Leben auf dem Mars zu finden.

Der Satellit ExoMars hat potenziell interessante Stellen gefunden und die entsprechenden GPS-Daten dieser Stellen angegeben.

Die Basis hat außerdem einen Notruf von Paxi empfangen, der technische Probleme mit seinem Raumfahrzeug in der Nähe des Olympus Mons, dem höchsten Berg auf dem Mars, hat.

Die Schüler*innen müssen zunächst Paxi retten, der sich für unsere Mission als sehr hilfreich erweisen wird, da er die Marslandschaften gut kennt.

Mission:

Die Schüler*innen müssen

- der schwarzen Linie von Bereich 3 zu Bereich 9 folgen,
- mithilfe des Ultraschallsensors vor dem Olympus Mons anhalten,
- mit den LED-Leuchten des mBot ein Lichtsignal erzeugen, um Paxi über ihre Ankunft zu informieren,
- „Paxi an Bord nehmen“, indem der/die Schüler*in einen Paxi-Aufkleber erhält.

Programmierung:

Die Schüler*innen müssen die [Übung zum Ergänzen](https://drive.google.com/file/d/19TXcB3dyFwFN0wUmda3ZEWG0WK20uFK/view?usp=sharing) herunterladen:
<https://drive.google.com/file/d/19TXcB3dyFwFN0wUmda3ZEWG0WK20uFK/view?usp=sharing>

Computer Mission Controller/IT Mission Control: Die Schüler*innen sollen ihre Codezeilen in mBlock kommentieren.

Mission 3

Kontext:

Der Satellit ExoMars hat die Position einer Marshöhle angegeben, die erforscht werden soll und Leben enthalten könnte. Die Schüler*innen müssen in die Höhle hinabsteigen und sie scannen.

Mission:

Die Schüler*innen müssen

- der schwarzen Linie von Bereich 9 zu Bereich 8 folgen,
- im Inneren der Höhle anhalten, wenn der Lichtsensor eine geringe Lichtstärke ermittelt,
- ein Tonsignal erzeugen, das einen Laserstrahl simuliert, der das Innere der Höhle scannt.

Programmierung:

Die Schüler*innen müssen die [Übung zum Ergänzen](https://drive.google.com/file/d/19TTVN_k1Y4e6DVhRrDgSpAw_A_8Hp1Ue/view?usp=sharing) herunterladen:
https://drive.google.com/file/d/19TTVN_k1Y4e6DVhRrDgSpAw_A_8Hp1Ue/view?usp=sharing

Computer Mission Controller/IT Mission Control: Die Schüler*innen sollen ihre Codezeilen im mBlock kommentieren.

Mission 4

Kontext:

Die Schüler*innen haben kein Leben in der Marshöhle gefunden, aber es gibt noch einen anderen vielversprechenden Ort.

Plötzlich hört man das Geräusch eines Meteoriten, der in der Nähe der Höhle einschlägt. Die SuS müssen sich zur Einschlagstelle begeben, um Spuren von Leben zu suchen.

Mission:

Man simuliert einen Meteoriteneinschlag, indem man in die Hände klatscht. Mithilfe des Tonsensors muss der mBot

- das Geräusch des Meteoriteneinschlags abwarten,
- vor der Stelle des Meteoriteneinschlags anhalten,
- die Temperatur messen, um eine Heißwasserquelle mit über 30°C zu finden, die Leben enthält,
- eine auf dem mBot komponierte „Siegeshymne“ abspielen, wenn die Temperatur über 30°C liegt!

Programmierung:

Die Schüler*innen müssen die [Übung zum Ergänzen](https://drive.google.com/file/d/19Rp5qXX6illeKTe5U5OoUm25J9RfGaWq/view?usp=sharing) herunterladen:
<https://drive.google.com/file/d/19Rp5qXX6illeKTe5U5OoUm25J9RfGaWq/view?usp=sharing>

Wichtige Hinweise:

Bereiten Sie die Wärmequelle vor, kurz bevor sie mit dieser Mission beginnen.

Computer Mission Controller/IT Mission Control: Die Schüler*innen sollen ihre Codezeilen in mBlock kommentieren.

M2 | Anweisungen für Schüler*innen (Hausaufgabe)

Lies dein erstes Programm (Hausaufgabe)

- Öffne im Tutorials-Menü die Beispielprogramme
- Wähle die Szene -> Happy Panda
- Drück auf „OK“

Bearbeite folgende Aufgaben:

- Die Farbböcke geben dem Panda Anweisungen. Versuche herauszufinden, was du mit jedem Block tun kannst.
- Gib an, welche Aktion beim Panda durch welchen Farblock des Programms ausgelöst wird und notiere sie in einer Liste. Bringe diese Liste zur nächsten Stunde mit.
- Versuche zu verstehen, welche Funktion die grüne Fahne und das rote Quadrat haben.
- Ändere die chinesische Botschaft im Block „say“ und notiere, was das bei der Ausführung des Programms ändert.

M3 | Anweisungen für Schüler*innen: die Missionen

Das erste eigene Programm schreiben: Pilottraining

Hier also eure erste Übung:

- Lasst den mBot auf dem Tisch geradeaus fahren.
- Stoppt den mBot mithilfe des Ultraschallsensors, sobald er sich in weniger als 10 cm Entfernung von einem Hindernis befindet. Das Hindernis kann zum Beispiel eure Hand sein.

Missionen

IT Mission Control : Übernimmt die IT Mission Control: Wenn der Rover den gegebenen Befehl nicht ausführt und zum Beispiel einen Unfall verursacht, ist die Mission gescheitert. Dann ist es wichtig, dass ihr die Fehler analysiert, um den Code zu verbessern. Deshalb erstellt die IT Mission Control Kommentare zu den Codes in mBlock (Klick mit der rechten Maustaste --> Kommentar hinzufügen).

Mission 1

Kontext:

Der Rover befindet sich in der Mitte der Karte, in einem ausgetrockneten Tal, und erhält den Befehl, zur Basis zurückzukehren, um mit einer neuen Mission beauftragt zu werden.

Mission:

Kehrt zur Basis in Bereich 3 zurück, indem ihr mit dem Linien-Verfolgungs-Sensor der schwarzen Linie folgt.

Hilfe:

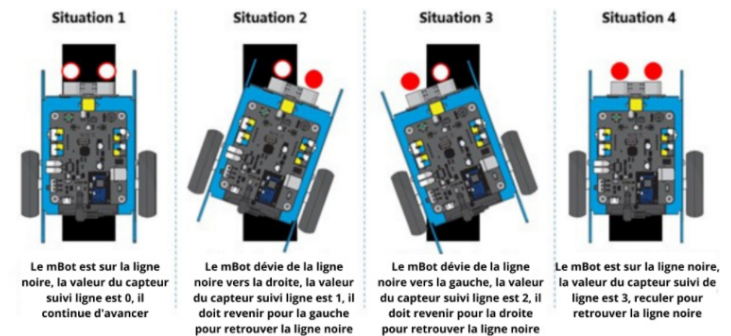
In der Befehlsbibliothek „Fühlen“ gibt es **2 Blöcke**, die dem Linienverfolger zugeordnet sind: Dieser erste Block wird eine Zahl zwischen 0 und 3 auf der Grundlage der folgenden Werte zurückgeben:

🔍 afficher la valeur du capteur suivi ligne port : 2 ▼

Sensor 1 (links)	Sensor 2 (rechts)	Rückgabewert
		0
		1
		2
		3

🔍 le capteur de suiveur de ligne port : 2 ▼ détecte : noir ▼ côté gauche ▼ ?

Der zweite Block gibt „richtig“ oder „falsch“ zurück.



- Indique que le capteur ne peut pas recevoir le signal infrarouge
- Indique que le capteur peut recevoir le signal infrarouge

Programmierung:

Übung zum Ergänzen herunterladen:

https://drive.google.com/file/d/19URJN5clCsL050_mEGmUU76QlgQyjlw-/view?usp=sharing

Mission 2**Kontext:**

Der Rover ist zur Basis zurückgekehrt und erhält den Befehl, den Versuch zu unternehmen, **Leben auf dem Mars zu finden!**

Der Satellit ExoMars hat potenziell interessante Stellen gefunden und die entsprechenden GPS-Daten dieser Stellen angegeben.

Die Basis hat außerdem einen Notruf von Paxi empfangen, der technische Probleme mit seinem Raumfahrzeug in der Nähe des Olympus Mons, dem höchsten Berg auf dem Mars, hat.

Ihr müsst zunächst **Paxi retten**, der sich für unsere Mission als sehr hilfreich erweisen wird, da er die Marslandschaften gut kennt.

Mission:

- Folgt der schwarzen Linie von Bereich 3 zu Bereich 9.
- Haltet mithilfe des Ultraschall-Sensors vor dem Olympus Mons an.
- Erzeugt mit den LED-Leuchten des mBot ein Lichtsignal, um Paxi (das ESERO-Maskottchen) über eure Ankunft zu informieren.
- „Nehmt Paxi an Bord“, indem ihr einen Paxi-Aufkleber nehmt.

Programmierung:

Übung zum Ergänzen herunterladen:

<https://drive.google.com/file/d/19TXcB3dyFwFN0wUumda3ZEWG0WK20uFK/view?usp=sharing>

Mission 3**Kontext:**

Der Satellit ExoMars hat die Position einer Marshöhle angegeben, die erforscht werden soll und Leben enthalten könnte. Ihr müsst in die Höhle hinabsteigen und sie scannen.

Mission:

- Folgt der schwarzen Linie von Bereich 9 zu Bereich 8.
- Haltet im Inneren der Höhle an, wenn der Lichtsensor eine geringe Lichtstärke ermittelt.

- Erzeugt ein Tonsignal, das einen Laserstrahl simuliert, der das Innere der Höhle scannt.

Programmierung:

Übung zum Ergänzen herunterladen:

https://drive.google.com/file/d/19TTVN_k1Y4e6DVhRrDgSpAw_A_8Hp1Ue/view?usp=sharing

Mission 4**Kontext:**

Ihr habt kein Leben in der Marshöhle gefunden, aber es gibt noch einen anderen vielversprechenden Ort.

Plötzlich hört man das Geräusch eines Meteoriten, der in der Nähe der Höhle einschlägt. Ihr müsst euch zur Einschlagstelle begeben, um Spuren von Leben zu suchen.

Mission:

- Simuliert den Meteoriteneinschlag, indem ihr in die Hände klatscht.
- Wartet das Geräusch des Meteoriteneinschlags (simuliert durch eure Hände) mithilfe des Tonsensors des mBot ab.
- Haltet vor der Stelle des Meteoriteneinschlags an.
- Messt die Temperatur, um eine Heißwasserquelle mit über 30°C zu finden, die Leben enthält.
- Spielt eine auf dem mBot komponierte „Siegeshymne“ ab, wenn die Temperatur über 30°C liegt!

Programmierung:

Übung zum Ergänzen herunterladen:

<https://drive.google.com/file/d/19Rp5qXX6illeKTe5U5OoUm25J9RfGaWq/view?usp=sharing>

4.4 Fächerübergreifende Ideen

Vie et Société

Das Modul kann mit dem Fach „Vie et Société“ kombiniert werden. Vor allem die Frage „Wo beginnt menschliches Leben“, die zum Thema „Mensch, Natur und Technik“ gehört, kann angeschnitten werden, wenn besprochen wird, was Leben ausmacht. Hierzu verweisen wir auf [4.6. Mehr zum Thema](#), wo die Frage „Was ist Leben“ aus wissenschaftlicher und philosophischer Sicht diskutiert wird.

4.5 Evaluationsmöglichkeiten

→ Ein kleines Programm vom Anfang bis zum Ende schreiben

Nachdem die Schüler*innen sich mit der Funktion der Codeblöcke und ihrer gezielten Anwendung über den mBot vertraut gemacht haben, kann eine (Selbst-)Bewertung erfolgen, in der die SuS aufgefordert werden, selbst ein Programm zu schreiben, das ihrer eigenen Zielsetzung entspricht, oder ein Programm zu schreiben, für das sie eine Aufgabe, aber kein gegebenes Code-Muster haben.

Es werden zwei unterschiedliche Aufgaben angeboten: eine mit Programmierung des mBot und eine Programmierung ohne mBot. Die Programmieraufgabe des mBot ist komplizierter, die Programmieraufgabe ohne mBot etwas einfacher.

Eine Mission für den mBot

Die Schüler*innen sollen selbst über eine Mission für den mBot nachdenken und schriftlich die Abfolge der verschiedenen Prozesse festhalten, die der Roboter hierzu ausführen muss. Dann müssen die verschiedenen Arbeitsschritte im Programm mBlock mithilfe der bereits zur Verfügung stehenden Code-Blöcke erstellt werden. Zur Lösung dieser Aufgabe ist es hilfreich, wenn die Schüler*innen ihre kommentierten Aufzeichnungen der ersten Missionen nutzen, um die Funktion der verschiedenen Codes nachzulesen.

Dann können sie zusammen im Klassenplenum herausfinden, ob der geschriebene Code der Zielsetzung für die Mission entspricht.

2) Eine Mission für Paxi (kann auch Hausaufgabe sein)

Bei dieser Arbeit geben die Schüler*innen einem Bild, zum Beispiel dem [Bild von Paxi](#) oder einem anderen Bild, das sie auswählen, eine Reihe von Befehlen.



Vorbereitung:

1. Ladet das Bild von Paxi auf euren Rechner.
2. Öffnet das Programm „mBlock“.
3. Löscht im Reiter „Figuren“ links das Bild des Pandas.
4. Klickt, noch immer im Reiter Figuren, auf den Button „Hinzufügen“, dann auf „Hochladen“ und ladet das Bild von Paxi hoch, das ihr zuvor gespeichert habt.
5. Klickt auf „OK“.
6. Verringert im Reiter „Figuren“ die Größe des Bildes von Paxi von 100 auf 30.

Übung

Ein neues Programm erstellen, in dem Paxi dem Mauszeiger auf unbestimmte Zeit folgt, ohne ihn jemals zu berühren.

4.6 Mehr zum Thema**01** | Auf Entdeckungsreise zum Mars

Seit den 60er Jahren unternehmen die Menschen Forschungsmissionen zum Mars. Die NASA-Sonde Mariner 4 wurde am 28. November 1964 gestartet und war die erste, die den Mars am 14. Juli 1965 überflog. Bis heute haben vier Weltraumorganisationen erfolgreich Missionen zur Erforschung des roten Planeten durchgeführt: die NASA (National Aeronautics and Space Administration), die ISRO (Indian Space Research Organisation), das Raumfahrtprogramm der Sowjetunion und Russlands und die ESA (European Space Agency).

In den 60er Jahren und zu Beginn der 70er Jahre wurden mehrere Sonden losgeschickt, die den Mars überfliegen sollten. Die erfolgreichste Mission war die der Sonde Mariner 9 der NASA, die Ende 1971 gestartet wurde. Mariner 9 befand sich fast ein Jahr lang im Orbit des Mars und konnte mehr als 7.000 Fotos vom Mars aufnehmen, was unsere Wahrnehmung dieses Planeten drastisch verändert hat.

1975 schließlich schickte die NASA zwei Paare Orbiter und Landesonden los. Ein Orbiter ist eine Raumsonde, die in die Umlaufbahn eines Himmelskörpers eintritt, wohingegen eine Landesonde ein Raumfahrzeug bezeichnet, das auf der Oberfläche eines Himmelskörpers aufsetzt. Viking 1 und Viking 2 setzten auf dem Mars auf und verblieben dort für mehrere Jahre. Leider fanden sie keine deutlichen Anzeichen für Leben auf dem Mars.

Ende der 90er Jahre erstellte der Orbiter Mars Global Surveyor der NASA eine vollständige Karte des Mars vom Nordpol bis zum Südpol. Fast gleichzeitig startete die NASA den Mars Pathfinder, der aus einer Landesonde und einem Rover, dem berühmten Sojourner, bestand. Er war der erste Rover, der außerhalb der Erde und des Mondes operierte. Ein Rover ist ein motorgetriebenes Fahrzeug zur Fortbewegung auf der Oberfläche eines Planeten oder eines Mondes (im Gegensatz zu einer Landesonde, die sich nicht fortbewegt, sobald sie auf einem Gestirn gelandet ist). Eine vollständige Übersicht der verschiedenen Raumfahrzeuge befindet sich auf dieser Seite der NASA: https://www.nasa.gov/audience/forstudents/postsecondary/features/F_Spacecraft_Classification.html

Der Orbiter Mars Odyssey, der sich noch immer in der Umlaufbahn des Mars befindet, wurde 2001 von der NASA gestartet. 2003 schickte die ESA eine Mission mit einem Orbiter und einer Landesonde, nämlich Mars Express und Beagle, zum Mars. Die Landesonde ging unglücklicherweise während der Landung verloren, aber der Orbiter ist noch immer in seiner Mission unterwegs.

2004 schickte die NASA zwei weitere Rover auf den Mars, Spirit und Opportunity. Spirit ging 2010 in einer Sanddüne zu Bruch, während Opportunity bis 2018 weiter in Betrieb war, bis er sich während eines Sandsturms abschaltete.

2006 wurde ein anderer Orbiter der NASA, der Mars Renaissance Orbiter, in die Umlaufbahn gebracht und schickt uns seither mehr Daten über den Mars als alle anderen Missionen zusammen. Ein Jahr später schickte die NASA Mars Phoenix, eine andere stationäre Landesonde. Leider verlor die NASA nach einigen Monaten den Kontakt zu ihr und erklärte sie 2010 für tot.

Ein neuer Rover der NASA, stärker als alle anderen, Curiosity, landete 2012 auf dem Mars. Das Design von Curiosity inspirierte die Entwicklung des Rovers Perseverance, der im Februar 2021 auf dem Mars landete. Eine der Hauptmissionen von Perseverance ist die Entnahme von Bodenproben des Mars. Diese Proben sollen 2031 in einer gemeinsamen Mission der NASA und der ESA zur Erde zurückkehren. Die letzten Neuigkeiten von Perseverance sind auf folgender Seite: <https://mars.nasa.gov/mars2020/> zu finden.

Schließlich sollten wir die Mission ExoMars nicht vergessen, ein Gemeinschaftsprojekt der ESA und der russischen Raumfahrtbehörde Roscosmos. Die Mission beinhaltet eine Landesonde namens Schiaparelli, die 2016 zum Mars geschickt wurde, aber bei der Landung zu Bruch ging, und einen Orbiter namens Trace Gas Orbiter, der im gleichen Jahr losgeschickt wurde und noch immer unterwegs ist. Im Rahmen der gleichen Mission sollte ein Rover namens Rosalind Franklin noch dieses Jahr (2022) zum Mars geschickt werden. Der Name verweist auf die britische Wissenschaftlerin, die hinter der Entdeckung der DNA-Struktur steht. Für die ESA sind Forschung und Wissenschaft zentrale Aspekte des Menschseins. Daran soll die Namenspatenschaft erinnern. (ESA, 2019a). Leider musste die ESA die Mission ExoMars angesichts der aktuellen Situation vollständig streichen (Science.lu, 2022).

Erwähnt sei, dass andere Länder ebenfalls Mars-Missionen entwickeln:

- die indische Mission Mars Orbiter Mission gelangte 2016 in die Umlaufbahn,
- die Mission Hope Probe der Arabischen Emirate wurde 2020 zum Mars geschickt,
- die chinesische Mission Tianwen-1 erreichte die Umlaufbahn und den Mars 2021,
- die japanische Mission Mars Moons Exploration Mission ist für 2024 geplant.

Abschließend bleibt anzumerken, dass diese Zusammenfassung den Eindruck hinterlässt, dass die Erforschung des Mars voller erfolgreicher Missionen ist, wohingegen es neben diesen oben genannten geglückten Missionen zahlreiche gescheiterte Unternehmungen gab. Eine Zusammenfassung aller Missionen befindet sich auf (Space.com, n.d.). Dies macht deutlich, wie wissenschaftliche Forschung funktioniert: die Geschichte verzeichnet oft nur die Erfolge, wohingegen in Wirklichkeit jeder Entdeckung, jeder Erfindung oder jedem wissenschaftlichen Durchbruch immer zahlreiche Fehlversuche vorangehen, die nicht erwähnt werden und dann in Vergessenheit geraten.

02 | Warum den Mars erforschen?

Natürlich liegen die Erforschung des Universums und die Herausforderung, immer weiterzugehen, schon immer im Interesse des Menschen. Die rein wissenschaftlichen Gründe für die Erforschung des Mars sind folgende:

- nach Leben auf dem Mars suchen,
- Klima und Geologie des roten Planeten bestimmen,
- das Terrain für eine zukünftige bemannte Erforschung vorbereiten.

Erkunden, ob es Leben außerhalb der Erde gibt, ist ein fundamentaler Wunsch. Da der Mars der Planet ist, der unserer Erde am ähnlichsten ist, ist er ein besonders guter Ort, um diese Frage zu untersuchen. Das Verständnis der Mars-Geologie ist wichtig, um die Geschichte des Planeten zu verstehen. Die Erforschung der Atmosphäre auf dem Mars kann dazu beitragen, die Entwicklung dieser Atmosphäre zu verstehen und herauszufinden, warum der Mars heute viel weniger Atmosphäre hat als die Erde. Langfristig sollen diese Studien zu einem besseren Verständnis unserer Erde und der anderen Planeten des Sonnensystems beitragen.

Schließlich ist eines der obersten Ziele die bemannte Erforschung. Um das Terrain vorzubereiten, müssen vorab die Risiken untersucht werden. Darum erkunden und kategorisieren Roboter die Oberfläche des Mars.

Im folgenden Video erklärt der Weltraumwissenschaftler Joel Levine sehr schön, warum die Mars-Missionen in wissenschaftlicher Hinsicht wichtig sind:

Why we need
to go back to Mars



03 | Gibt es Leben auf dem Mars?

Das Video gehört zu einer Folge von acht Vorträgen über den Mars (TED, n.d.). Die aufregendste Frage aller Mars-Missionen ist wahrscheinlich, ob es Leben auf dem Mars gibt, in fossiler Form oder sogar lebend.

Ein Tag auf dem Mars entspricht etwa 24 Stunden auf der Erde, und der Planet hat eine entsprechende Neigung, sodass es Jahreszeiten auf dem Mars gibt und sogar Klimazonen, die mehr oder weniger den unseren entsprechen. Viele Hinweise zeigen, dass der Mars unserem Planeten früher noch viel ähnlicher war. Die Fotos und Daten, die wir von den verschiedenen Orbitern und Raumsonden erhalten, die den Mars untersuchen, weisen darauf hin, dass, obwohl der Mars heute ein trockener Planet ist, in der Vergangenheit Wasser auf dem Mars floss. Wer „Wasser“ sagt, sagt „Leben“, denn Wasser ist das Grundelement, das für die Entstehung von Leben erforderlich ist.

Die ersten Sonden, Viking 1 und Viking 2, die in den 70er Jahren auf dem Mars aufsetzten, fanden kein Leben auf dem Mars. Das ist aber noch lange kein Beweis dafür, dass es dort kein Leben gibt. Vielmehr gibt uns die Entdeckung von Mikroben auf dem Grund von Eisseen

in der Antarktis durch die NASA Hoffnung, Leben auf dem Mars zu finden, da das Klima in der Antarktis dem ähnelt, das heute auf dem Mars herrscht. Auf der Erde wurden Mikroben auch in Sedimentgestein in über 1.000 Metern Tiefe unter der Erdoberfläche gefunden, aber auch in Salzablagerungen und Tiefseekaminen (Alonso & Szostak, 2019). Diese Entdeckungen weisen darauf hin, dass unsere Roboter vielleicht einfach noch nicht an den richtigen Stellen auf dem Mars gesucht haben.

Die Mission Viking hatte tatsächlich vier verschiedene Experimente durchgeführt, um zu sehen, ob es Bakterien im Marsboden gab. Damals schienen die Ergebnisse der Experimente die Möglichkeit, dass Leben vorhanden sei, auszuschließen. Heute, fast 40 Jahre später, haben die Wissenschaftler*innen Erklärungen für das Scheitern der Experimente von Viking, und die Jagd nach dem Leben auf dem Mars geht weiter.

Heute haben die Wissenschaftler*innen auch viel raffiniertere und vielseitigere Techniken entwickelt, um das Vorhandensein von (vergangenem) Leben nachzuweisen. Die bekannteste basiert auf dem Nachweis von DNA und der DNA-Sequenzierung. Aber diese Methode birgt ein großes Problem: selbst wenn jegliches Leben auf der Erde eine DNA aufweist, ist nicht klar, ob außerirdisches Leben auch eine DNA besitzt. Noch gezieltere Forschungen gehen bei der Suche nach außerirdischem Leben übrigens von verschiedenen Arten von Proteinen und Aminosäuren aus (McKay & Parro Garcia, 2014).

Der Rover Curiosity der NASA und der zukünftige Rover Rosalind Franklin sind mit Messinstrumenten ausgestattet, um auf der Suche nach vergangenem oder aktuellem Leben neue Versuche auf der Grundlage dieser neuen Technologien durchzuführen. Ein wichtiger Aspekt ist die strategische Wahl des Landepunkts dieser Rover.

Abschließend sei erwähnt, dass eine andere Methode für die Suche nach Leben der Nachweis von Biosignatur-Gas in der Atmosphäre von Planeten und Exoplaneten ist. Das ist eine der Missionen des neuen James Webb Space Telescope (Wolchover, 2021).

Fermi-Paradoxon: Wo sind sie?

Die Frage, ob es im Universum außerhalb unserer Erde Leben gibt, wird Fermi-Paradoxon genannt. 1950 frühstückte der Physiker Enrico Fermi (Nobelpreis 1938) mit Kollegen in Los Alamos, und sie diskutierten über einen Comic über Außerirdische, der im New Yorker erschien, als Fermi plötzlich sagte: „Wo sind sie?“. Die Kollegen verstanden sofort, dass Fermi sich darauf bezog, dass die Sonne ein eher junger Stern unserer Galaxie ist, und dass weiter entwickelte Zivilisationen als die unsere in älteren Planetensystemen hätten erscheinen und unsere Galaxie in der einen oder anderen Weise besiedeln müssen, sodass sie sich uns gezeigt hätten. Halten wir dennoch fest, dass Fermi höchstwahrscheinlich nicht an der Existenz anderer Zivilisationen zweifelte. Wahrscheinlichere Erklärungen des Paradoxons sind, dass Reisen zwischen Sternen schlicht nicht möglich sind, dass die Reise den Aufwand nicht lohnt oder dass die Zivilisationen nicht lange genug überleben, um die erforderlichen Technologien zu entwickeln (Gray, 2015).

04 | Was ist Leben?

In den obigen Absätzen haben wir gesehen, dass eines der Probleme bei der Suche nach außerirdischem Leben die Tatsache ist, dass man nicht weiß, wie Leben außerhalb unseres Planeten Erde aussehen könnte. Diese Frage ist nur die Oberfläche einer viel tiefer gehenden Frage: Was ist Leben? Diese eher philosophische Frage scheint einfach, wir sind zurzeit aber selbst aus rein wissenschaftlicher Sicht weit davon entfernt, eine klare Antwort zu haben.

Auf den ersten Blick erscheint es uns einfach zu entscheiden, ob eine Sache lebendig ist oder nicht. Aber die Welt ist voller Beispiele, die sich im Grenzbereich befinden und die gemäß einer bestimmten Definition lebendig sind, wohingegen sie es gemäß einer anderen nicht sind. Im Alltag scheint das kein großes Problem zu sein. In der Wissenschaft allerdings eine Katastrophe, wie der Mikrobiologe Radu Popa der NASA erklärt: „Das ist inakzeptabel für jegliche Wissenschaft. [...] Eine Wissenschaft, in der der wichtigste Gegenstand keine Definition hat? Das ist absolut inakzeptabel. Wie wollen wir darüber diskutieren, wenn Sie denken, dass die Definition des Lebens etwas mit der DNA zu tun hat, und ich denke, dass sie etwas mit dynamischen Systemen zu tun hat? Wir können kein Leben auf dem Mars finden, weil wir uns nicht über die Frage einigen können, was Leben ist.“ (Zimmer, 2021).

Eine Definition des Lebens zu finden, die alle zufrieden stellt, erweist sich als äußerst kompliziert. Das versuchte der Molekularbiologe Edward Trifonov 2011. Er überprüfte 123 verbreitete Definitionen des Lebens und versuchte, hier eine gemeinsame Unterdefinition zu sehen. Das abschließende Ergebnis war, dass das Leben eine „Selbstreproduktion mit Variation“ sei. Allerdings wurde diese Definition schnell verworfen: ein Computervirus reproduziert sich selbst mit Variation, aber niemand würde sagen, dass er lebendig ist.

Genau hier versuchen die Philosophen eine Antwort zu finden, indem sie verschiedene Stimmen aufgreifen. Eine Strömung der Philosophie vertritt das Prinzip des Operationalismus: Die Idee ist, dass es nicht unbedingt notwendig ist, eine allgemeingültige Definition dafür zu finden, was Leben ist, sondern dass jeder wissenschaftliche Forschungsbereich mit der Definition arbeitet, die für ihn am besten passt. So unterscheidet sich die Definition, die die NASA verwendet, um nach Leben außerhalb unseres Planeten zu suchen, von der, die Mediziner nutzen, um zwischen lebendig und tot zu unterscheiden. Aber das macht nichts, denn das Wesentliche ist, dass die Definition für den eigenen Forschungsbereich funktioniert.

Eine andere Strömung geht eher in die Richtung der Familienähnlichkeit, die einen philosophischen Gedanken darstellt, nach dem man Dinge in verschiedene Gruppen einteilt, wobei die Dinge in einer Gruppe durch Ähnlichkeiten miteinander verbunden sein können, ohne dass sie alle eine gemeinsame Ähnlichkeit teilen müssten. Nehmen wir ein Beispiel, um diesen Gedanken zu veranschaulichen: Wenn man einen Menschen bittet, eine Definition des Wortes „Spiel“ zu nennen, wird ihm das wahrscheinlich nicht gelingen. Ein Spiel kann man zu zweit spielen, zu mehreren oder sogar allein. Ein Spiel kann einen Gewinner und einen Verlierer haben, muss aber nicht zwingend diesem Kriterium entsprechen. Ein Spiel kann für Kinder sein, es gibt aber auch Spiele für Erwachsene. Eine klare und eindeutige Definition des Begriffes „Spiel“ zu finden, ist also allem Anschein nach nicht einfach. Wenn man uns dahingegen bittet, unter vielen Dingen die Dinge zu identifizieren, die Spiele sind, haben wir

vermutlich kein Problem, dies zu tun. Wir können ein Spiel intuitiv erkennen, ohne eine genaue Definition dafür zu haben. Ein Spiel entspricht einer gewissen Anzahl von Kriterien aus einer Liste von Kriterien, ohne aber zwingend alle zu erfüllen. Und wenn es bei dem Begriff „Leben“ ähnlich wäre? In (Abbott & Persson, 2021) klassifizierten Forscher der Universität Lund eine lange Liste von Dingen in verschiedene Kategorien, in der Hoffnung, die Kategorie zu finden, die Leben definiert. Sie versuchten, eine Liste mit Eigenschaften zu erstellen, die mit dem Leben assoziiert werden, ohne dass jedes lebende Ding zwingend all diesen Kriterien entspricht. Leider birgt auch dieser Ansatz ein Problem. Eine der Eigenschaften lebender Dinge war die Ordnung (Lebewesen haben koordinierte und organisierte Strukturen), wie bei Schneeflocken (die man dennoch nicht als Lebewesen bezeichnen würde). Eine andere Eigenschaft war die DNA. Aber rote Blutkörperchen haben keine DNA, wohingegen man sie gerne in die Kategorie Lebewesen einordnen würde.

Eine Kategorie von Organismen hat die Frage, was Leben ist, wirklich verändert: Extremophile. Extremophile sind Organismen, deren normale Lebensbedingungen für die meisten anderen Organismen tödlich sind. Ein bekanntes Beispiel für Extremophile ist das Bärtierchen.

Das Bärtierchen, der niedrigste extremophile Organismus

Das Bärtierchen, auch Wasserbär genannt, ist ein Organismus von einem halben Millimeter Länge (gerade noch mit dem bloßen Auge zu erkennen), der praktisch überall auf dem Planeten lebt. Er findet sich in Salz- oder Süßwasser sowie auf der Erde an feuchten Stellen wie im Moos im Wald. Das Bärtierchen wird oft als der Champion der Extreme bezeichnet, weil es unter feindlichsten Bedingungen überleben kann: Es übersteht Temperaturen von -272 bis 150°C und Druck von bis zu 6.000 bar. Es kann auch UV- und Röntgenstrahlen ausgesetzt werden. Es überlebt Nahrungs- und Wasserentzug und kann sich in einen Zustand der Stase versetzen, und dies für mehr als zehn Jahre. Sobald der Stase-Zustand beendet ist, kann es seinen Stoffwechsel reaktivieren.

Während des Experimentes TARDIS (Tardigrades in Space) schickten Forscher*innen der ESA im Jahr 2007 3.000 Bärtierchen auf eine zwölf-tägige Raumfahrtmission. „Unsere wichtigste Entdeckung ist, dass das Vakuum des Weltalls, das zu einer extremen Dehydrierung und kosmischer Strahlung führt, für die Wasserbären keinerlei Problem darstellte“, erklärt der Projektleiter von TARDIS (ESA, 2008). Kürzlich wurden Bärtierchen durch die ESA für längere Zeit in den Raum außerhalb der internationalen Raumstation (ISS) gebracht und sie überlebten das Vakuum des Alls, extreme Temperaturen und Solarstrahlung. Zuvor waren die Wissenschaftler überzeugt, dass die Bedingungen mit keinerlei Leben kompatibel seien (ESA, n.d.b.) Wir weisen auch auf die Aktivität „Weltraumbären“ von ESERO Luxemburg hin.

Meet the tardigrade,
the toughest animal on Earth



Einen radikaleren Ansatz vertritt Carole Cleland, eine Philosophin der Universität von Colorado. Viele Jahre lang beobachtete, kooperierte und diskutierte sie mit zahlreichen Forscher*innen verschiedener Bereiche und verschiedener Institutionen (unter anderem die NASA), die alle gemeinsam hatten, dass ihre Forschung sich um das Thema Leben drehte. Das Ergebnis ist eine Reihe wissenschaftlicher Artikel in einem Buch (Cleland, 2019). Ihre Schlussfolgerung ist, dass die Wissenschaftler*innen einfach aufhören müssten, eine Definition des Lebens zu suchen, denn das Leben sei einer dieser Begriffe, die nicht definierbar sind. Nach Cleland „möchten wir letztlich nicht wissen, was das Wort Leben für uns bedeutet, sondern wir möchten wissen, was Leben ist“.

Für einen umfassenden Überblick über die wissenschaftliche und philosophische Diskussion über das Leben verweisen wir auf (Zimmer, 2021a) oder (Zimmer 2021b).

05 | Die Bedeutung der Roboter (und der digitalen Wissenschaften) für die Mars-Missionen

Roboter zum Mars zu schicken, bietet zahlreiche Vorteile. Zunächst ist es viel leichter, die Sicherheit eines Roboters zu gewährleisten als die eines Menschen. Als die Menschen es nicht besser wussten, schickten sie Tiere wie Hunde oder Affen auf Weltraummission, um alles zu erforschen, was ein menschliches Wesen benötigt. Heute wissen wir, dass es für den Menschen sehr gefährlich sein kann, im Weltall weiter als die ISS (International Space Station) zu gehen. Außerdem sind Robotermissionen immer kostengünstiger als eine bemannte Mission (wenn sie auch deutlich weniger spektakulär sind). In organisatorischer Hinsicht sind Roboter weniger verletzlich als Menschen und können in viel feindlicherer Umgebung operieren. Schließlich gibt es viele Aufgaben, die ein Roboter besser ausführen kann als ein Mensch.

Dennoch können diese Roboter, wie wir in diesem Modul gesehen haben, nicht direkt von der Erde aus programmiert werden, da ein Signal von der Erde aus zu lange brauchen würde (etwa 20 Minuten), um den Weg zwischen Erde und Mars zurückzulegen. Daher müssen diese Roboter im Voraus programmiert werden und dann selbstständig funktionieren.

Die Roboter auf dem Mars sammeln viele Informationen, die sie zur Erde senden sollen. Dies stellt einen ziemlich konsistenten Datenstrom dar, der momentan nicht im Weltraum verarbeitet werden kann und in Form von Rohdaten gesendet werden muss. Außerdem verfügen diese Marsroboter nicht über Labore, wie es sie hier auf der Erde gibt. Außerhalb der ISS kann man im All heute nur Rechner nutzen, deren Leistung in etwa der entspricht, die wir auf der Erde vor 20 Jahren hatten. „Ohne den Schutz des Erdmagnetfeldes oder der Abschirmung

der ISS“, erklärt Professor Marcus Völz, Forscher am SnT (Interdisciplinary Centre for Security, Reliability and Trust) der Universität Luxemburg, „würden die Computer, die wir auf der Erde benutzen, ganz viele Fehler machen und schließlich Aufgrund der Strahlung im Weltall durchbrennen. Aber wir brauchen die Rechenleistung, spätestens wenn wir die Rohstoffe von Asteroiden mithilfe von Roboterschwärmen bergen wollen.“ Darum investiert die Forschung in die Entwicklung von „Supercomputern“, die in der Lage sein werden, im Weltraum zu existieren und Rohdaten direkt vor Ort zu verarbeiten, um dann nur die verwertbaren Daten zu senden.

„Natürlich müssen wir die Roboter und Supercomputer nicht nur sicher gegenüber natürlichen Fehlerquellen machen“, fährt Professor Völz fort, „sondern auch vor Sabotage schützen. Am besten geht das, wenn der Roboter, wie Schüler*innen manchmal in der Schule, Fehler machen darf, ohne dass etwas schlimmes dabei passiert (z.B.: indem andere Schüler*innen Schüler*innen und andere Roboter dem Roboter helfen).“.

Da die Astronaut*innen jetzt auf der ISS sind, und da sie bald auf dem Mond sein werden und eines Tages auf dem Mars, und da wir nicht alle Astronaut*innen in Informatik ausbilden können, müssen diese Supercomputer möglichst autonom sein. Und hier kommt künstliche Intelligenz ins Spiel.

Künstliche Intelligenz wird auch bei Robotern eine immer wichtigere Rolle spielen. Die Europäische Raumfahrtbehörde (ESA) und die National Aeronautics and Space Administration (NASA) planen, 2026 einen Rover auf den Mars zu schicken mit der Mission, Röhren mit Bodenproben vom Mars aufzunehmen. Diese Röhren werden vorab vom Rover Perseverance am Boden abgesetzt (siehe unten). Der neue Rover wird Fetch heißen (vom Englischen „to fetch“, was „holen“ bedeutet). Er muss in der Lage sein, sich so selbstständig wie möglich zu fortzubewegen, die Röhren zu finden und sie aufzunehmen. Dazu wird der Rover Fetch Techniken künstlicher Intelligenz und Bilderkennungstechniken nutzen, um die am Boden abgesetzten Röhren selbstständig zu finden (ESA, 2020).

Die Universität Luxemburg und das SNT forschen in all diesen Bereichen: Fehlertoleranz, künstliche Intelligenz bei Robotern und vieles mehr.

Referenzen

- Abbott, Jessica K. & Persson, Eric. (2021). The problem of defining life: a case study using family resemblance. [Preprint]
- Alonso, Ricardo. & Szostak, Jack W. (2019). The Origin of Life on Earth. Scientific American, September 2019
- Cleland, Carol. (2019). *The Quest for a Universal Theory of Life: Searching for Life As We Don't Know It* (Cambridge Astrobiology). Cambridge: Cambridge University Press.
- European Space Agency, ESA. (2008). Tiny animals survive exposure to space. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Research/Tiny_animals_survive_exposure_to_space
- European Space Agency, ESA. (2019). Missions to Mars. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/05/Missions_to_Mars
- European Space Agency, ESA. (2019a). ESA's Mars rover has a name: Rosalind Franklin. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/ExoMars/ESA_s_Mars_rover_has_a_name_Rosalind_Franklin
- European Space Agency, ESA. (2020). Sample Fetch Rover for Mars Sample Return campaign. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/02/Sample_Fetch_Rover_for_Mars_Sample_Return_campaign
- European Space Agency, ESA. (n.d.). Exploring Mars. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/Mars
- European Space Agency, ESA. (n.d.a). Exposure to space and Mars. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Blue_dot/Exposure_to_space_and_Mars
- Gray, Robert H. (2015). The fermi paradox is neither Fermi's nor a paradox. Astrobiology, 2015 Mar;15(3):195-9.
- McKay, Christopher P. & Parro García, Victor. (2014). How to Search for Life on Mars. Scientific American, June 2014
- Science.lu. (2022). ESA stoppt gemeinsame Mars-Mission mit Russland. <https://science.lu/de/esa-stoppt-gemeinsame-mars-mission-mit-russland>
- Space.com (n.d.). Mars missions: A brief history. <https://www.space.com/13558-historic-mars-missions.html>
- TED (n.d.). What's the big deal about Mars. https://www.ted.com/playlists/414/what_s_the_big_deal_about_mars
- Wolchover, Natalie. (2021). The Webb Space Telescope Will Rewrite Cosmic History. If it Works. Quantamagazine. <https://www.quantamagazine.org/why-nasas-james-webb-space-telescope-matters-so-much-20211203/>
- Zimmer, Carl. (2021). What is Life? The Vast Diversity defies easy Definition. Quantamagazine. <https://www.quantamagazine.org/what-is-life-its-vast-diversity-defies-easy-definition-20210309/>
- Zimmer, Carl. (2021a). Life's Edge. The Search for what it means to be alive. New York, NY : Dutton.

4.7 Wissenschaftler*innen kommen zu Wort: Interview mit Dr. Miguel Olivares-Mendez

Miguel Olivares-Mendez ist außerordentlicher Professor am Interdisciplinary Centre for Security, Reliability and Trust (SnT) der Universität Luxemburg. Er leitet den Fachbereich Space Robotics.

Er erhielt sein Diplom als Softwareingenieur 2006 an der Universität Málaga (UMA) in Spanien, machte 2009 seinen Master in Robotik und Automatisierung und promovierte 2013 in Robotik und Automatisierung an der Fakultät für Industrietechnik der Technischen Universität Madrid (UPM) in Spanien. Er wurde von der European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT) mit dem Preis für die beste Dissertation 2013 ausgezeichnet. Im Mai 2013 kam er als wissenschaftlicher Mitarbeiter zur Forschungsgruppe über Automatisierung und Robotik am SnT der Universität Luxemburg. Im Dezember 2016 wurde er dort zum Hauptverantwortlichen der Forschungstätigkeiten über mobile Robotik. 2019 wurde er zum Professor für Weltraum-Robotik der Universität Luxemburg ernannt und gründete 2020 die Forschungsgruppe Space Robotics (SpaceR) am SnT. Zurzeit zählt die Gruppe SpaceR 22 Mitglieder und hat mehr als 3,5 Millionen Euro für finanzierte Projekte und industrielle Kooperationen eingeworben. Im Laufe seiner ersten eineinhalb Jahre an der Spitze der Gruppe SpaceR hat Miguel Olivares-Mendez zwei weltraumbezogene Installationen entwickelt, konstruiert und montiert: LunaLab und Zero-G Lab.

Luna Lab



