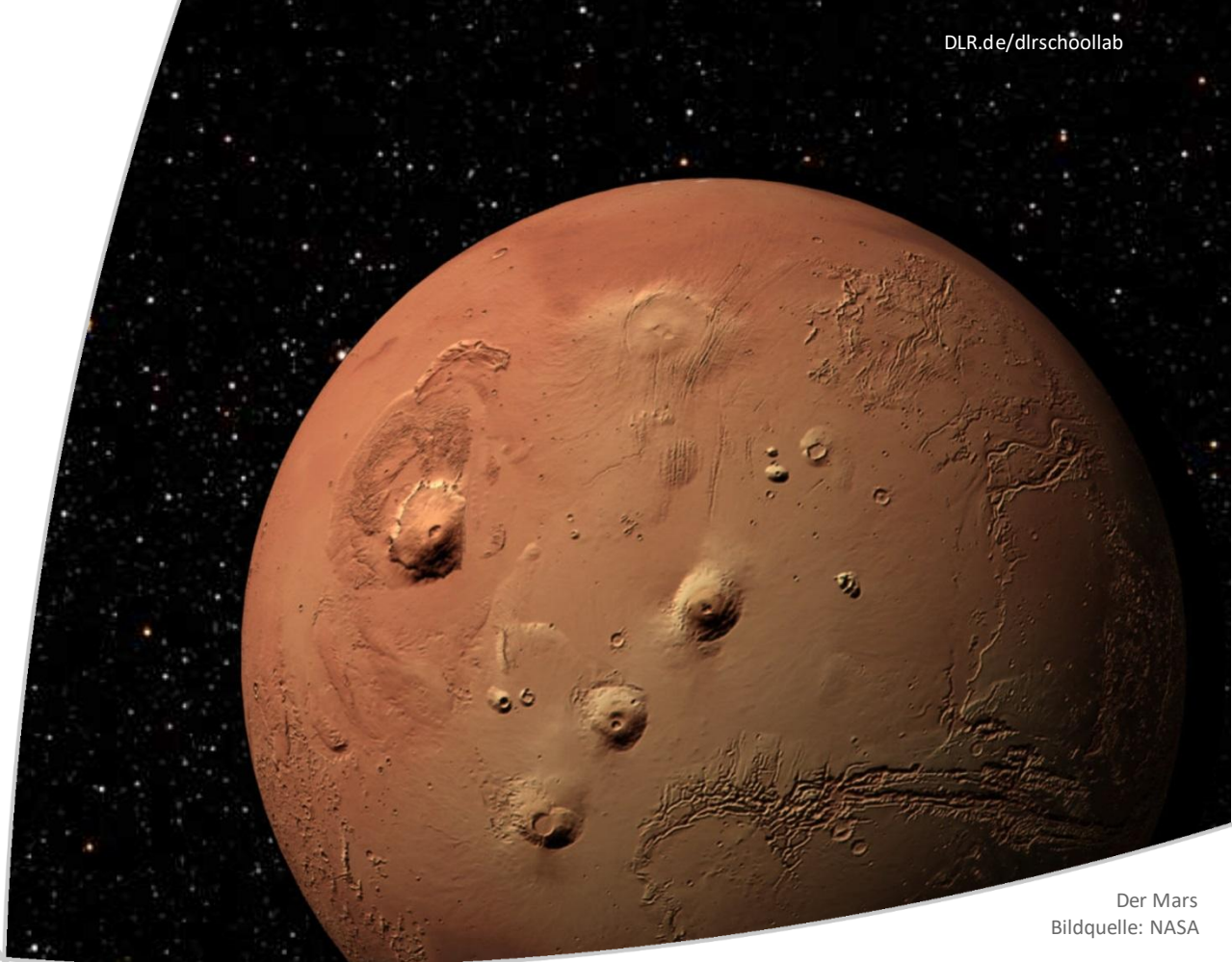




DLR_School_Lab

Hochschule Zittau/Görlitz



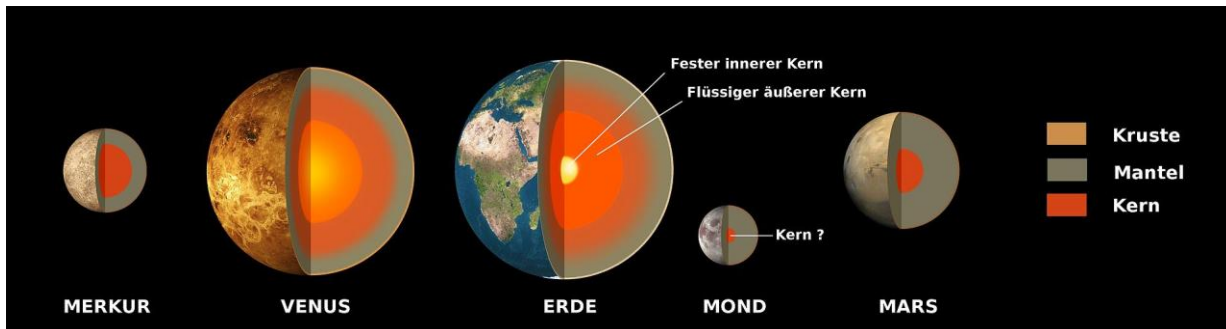
Der Mars
Bildquelle: NASA

Mars

Wir schreiben das Jahr 2051. Über acht Monate nach dem Start von seiner Mondbasis und nach einer Reise von 75 Millionen km befindet sich das Raumschiff AQVILA M1 der Internationalen Raumfahrtagentur auf dem Landeanflug zum Mars. In wenigen Stunden wird der erste Mensch seinen Fuß auf einen fremden Planeten setzen ...

Ob es wirklich in etwa 25 Jahren eine astronautische Marsmission geben wird? Man wird sehen. Doch auch ohne dort gewesen zu sein, wissen wir schon ziemlich genau, wie es auf dem Mars aussieht. Seit die Sonde Mariner IV im Jahre 1964 in rund 10.000 km Entfernung am Mars vorbeiflog, haben weitere 31 Sonden Tausende von Bildern der Marsoberfläche geliefert. Zehnmal gelang es, immer größere Roboter sicher auf dem Mars zu landen. Zuletzt „Perseverance“ und „Zhurong“ im Februar und Mai 2021.

Mars



Aufbau der Gesteinsplaneten im Sonnensystem. Bildquelle NASA/Wikipedia

Die drei Planeten Mars, Erde, Venus haben eigentlich große Ähnlichkeiten: Es sind kleine Gesteinsplaneten, die sich mehr oder weniger innerhalb der habitablen Zone der Sonne befinden. Trotzdem herrschen auf ihnen sehr unterschiedliche Bedingungen. Ein Grund für diese Unterschiede sind die stark unterschiedlichen Mengen an Treibhausgasen auf diesen Planeten. Diesen Treibhauseffekt kleinerer mehratomiger Gase messen wir am Beispiel des Kohlenstoffdioxids im ersten Teil des Versuchs. Im zweiten Versuchsteil begeben sich die Schülerinnen und Schüler dank einer virtuellen Welt des Murray-Labs auf den Planeten selbst. Hier besteht ihre Hauptaufgabe in der Suche nach Geländeformationen, die die Anwesenheit von Wasser in vergangenen Zeiten nahelegen. Des Weiteren lernen sie die wichtigsten topologischen Merkmale des Planeten kennen.

Gesteinsplaneten im Sonnensystem

Alle Gesteinsplaneten des Sonnensystems (Merkur, Venus, Erde und Mars) sowie der Erdmond zeigen den Aufbau differenzierter Himmelskörper. Das komplette Material dieser Himmelskörper war ursprünglich aufgeschmolzen. Die dichten Metalle (Eisen, Nickel) sammelten sich dann im Kern der Himmelskörper, während die weniger dichten Gesteine in den äußeren

Schichten verblieben. Wie die geringe Gesamtdichte von etwa $3-4 \text{ g/cm}^3$ bei Mars und Erdmond zeigt, ist der Metallkern bei diesen Himmelskörpern deutlich weniger ausgebildet als bei den übrigen Planeten mit einer Gesamtdichte von jeweils etwa 5 g/cm^3 .

Trotz dieser relativen Ähnlichkeiten sind die Lebensbedingungen auf den Oberflächen der Planeten radikal verschieden, was vor allem an den unterschiedlichen Atmosphären der Planeten liegt. Auf der Venus herrscht am Boden ein etwa 90-mal größerer Luftdruck als auf der Erde. Hauptbestandteil der Atmosphäre ist Kohlenstoffdioxid, daneben existieren Wolken aus Schwefelsäure. Die Atmosphäre des Mars besteht ebenfalls zum Großteil aus Kohlenstoffdioxid, allerdings beträgt der Luftdruck dort nur etwa ein Hundertstel des Drucks auf der Erde.

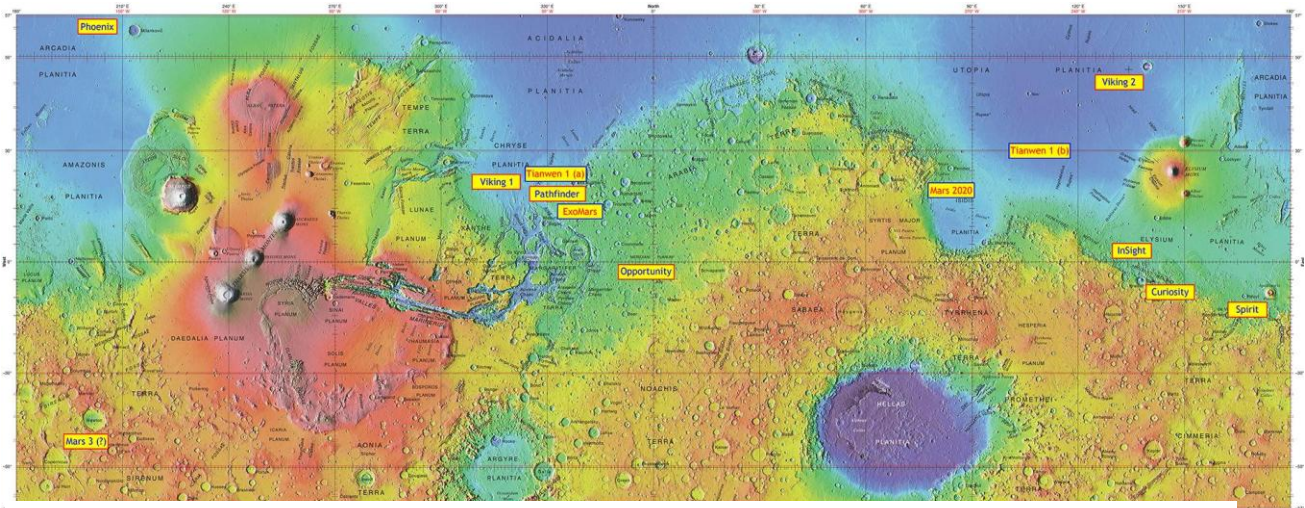
Der Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt wird von kleinen Molekülen wie Wasser, Methan oder Kohlenstoffdioxid verursacht, die Infrarotstrahlung absorbieren können und die die absorbierte Energie nach kurzer Zeit wieder als Infrarotstrahlung abgeben. Dies verändert die Strahlungsbilanz eines Planeten – und zwar vor allem, weil die Energie der Infrarotstrahlung vom Molekül aus in alle Richtungen abgegeben wird.

Die Strahlungsbilanz eines Planeten besteht zunächst aus einer großen Menge an Sonnenlicht im sichtbaren Bereich, das auf den Planeten eingestrahlt wird. Auf der Oberfläche des Planeten wird ein Teil dieses Lichts in den Weltraum reflektiert, ein weiterer Teil wird absorbiert und erwärmt dabei die Oberfläche. Diese erwärmte Oberfläche strahlt einen Teil ihrer Wärmeenergie als Infrarotstrahlung ab. Diese Strahlung – und damit der entsprechende Energiebetrag – würde ohne Treibhauseffekt in den Weltraum zurückstrahlen. Moleküle wie Wasser, Methan oder Kohlenstoffdioxid absorbieren nun diese Strahlung und geben sie wieder in alle Richtungen ab. Ein großer Teil der Infrarotstrahlung dieser Moleküle wird also wieder in Richtung Planetenoberfläche abgegeben und verstärkt dort die Erwärmung dieser Oberfläche. Selbst der Teil, der in Richtung des Weltraums abgegeben wird, kann noch ein weiteres Mal von einem Molekül absorbiert und eventuell in Richtung Planetenoberfläche abgegeben werden. Insgesamt führt dieser Effekt also zu einer stärkeren Erwärmung der Planetenoberfläche als ohne die Treibhausgase.

Die mittlere Oberflächentemperatur auf der Erde liegt zwischen $+14$ und $+15$ Grad Celsius, ohne den dargestellten natürlichen Treibhauseffekt läge sie bei -18 Grad Celsius. Der Mars hat insgesamt eine sehr dünne Atmosphäre, in der vor allem

Mars



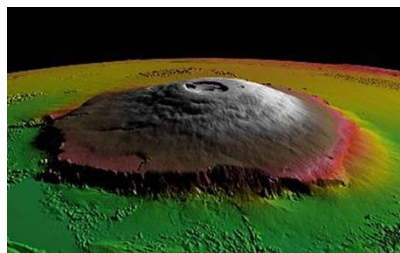
Topographische Karte des Mars. Bildquelle NASA/Wikipedia

Wasserdampf als Treibhausgas fehlt. Die mittlere Temperatur liegt deswegen bei -63 Grad Celsius, wobei sie tagsüber unter idealen Bedingungen auf $+20$ Grad Celsius steigen kann. Die Venus schließlich mit ihrer außerordentlich dicken Kohlenstoffdioxid-Atmosphäre hat eine mittlere Temperatur von etwa 450 Grad Celsius.

Da der Treibhauseffekt von so wichtiger Bedeutung ist, wollen wir ihn in diesem Versuch nachstellen. Dabei wird die Temperaturentwicklung in zwei großen 1-Liter-Versuchskolben mit Hilfe von Thermosensoren verfolgt. Beide Versuchskolben werden mit etwa 100 Milliliter Essigsäure befüllt, bei einem der beiden Kolben wird zusätzlich Calciumcarbonat zugegeben. Dadurch entsteht in diesem Kolben Kohlenstoffdioxid in wesentlich größerer Menge verglichen mit normaler Raumluft. Die Versuchskolben werden anschließend moderat auf Heizplatten erwärmt, wobei die Temperaturen der Heizplatten mit einer Infrarotkamera kontrolliert wird. Die Temperaturmessung im Gasraum der Versuchskolben zeigt, dass die Temperatur im Kolben mit Kohlenstoffdioxid während des Erwärmens stärker ansteigt und nach dem Ausschalten der Wärmeplatte langsamer abfällt.

Topographische Merkmale des Planeten Mars

Das wichtigste Merkmal des Mars ist die schroffe Teilung des Planeten in eine tiefliegende, flache Nordhemisphäre mit junger, kraterarmer Oberfläche und eine wesentlich bergigere, höherliegende Südhemisphäre mit einer alten, kraterreichen Oberfläche. Neben dieser Zweiteilung, deren genaue Ursache noch nicht geklärt ist, gibt es zusätzlich auf der Nordhalbkugel bzw. an deren Rand große flache Becken (Chryse Planitia, Hellas Planitia), deren Bildung eindeutig auf den



Olympus Mons ist der höchste Vulkan in unserem Sonnensystem. (Falschfarbenbild, die Farben zeigen die Höhenlinien an.)

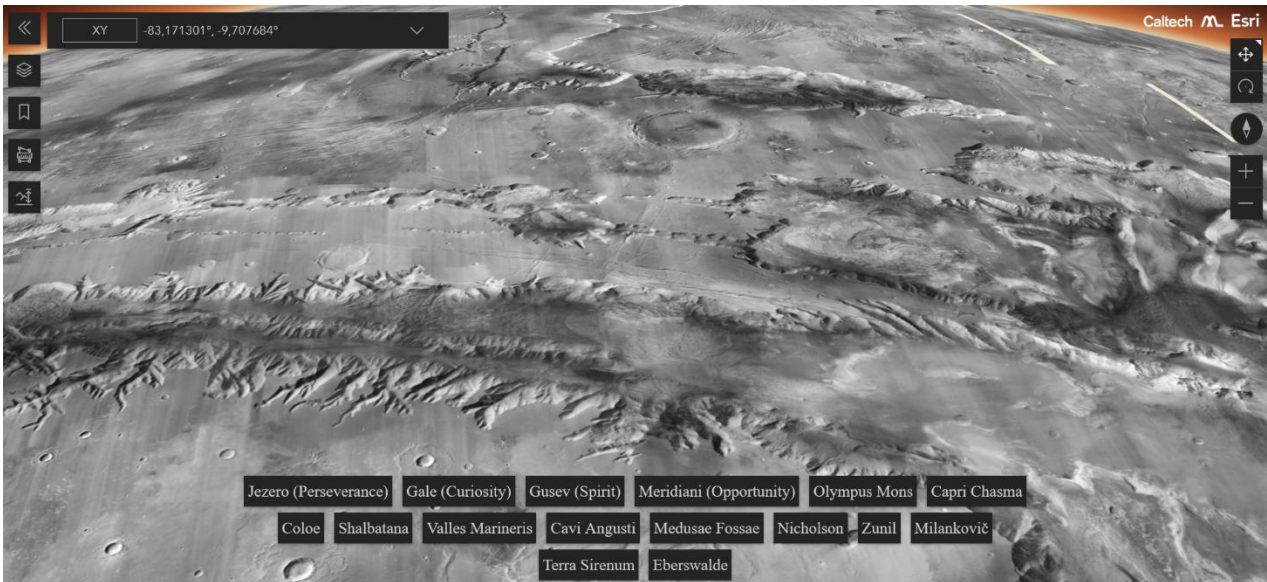
Einschlag großer Asteroiden zurückgeht. Generell ist der Mars ein Planet der Superlative: Er besitzt den größten Vulkan des Sonnensystems (Olympus Mons) und das tiefste Grabensystem (Valles Marineris). Auf dem Mars-Globus liegen die genannten Merkmale (Olympus Mons, und Valles Marineris) direkt gegenüber dem

Einschlagbecken Hellas Planitia, weswegen hier bisweilen über einen Zusammenhang spekuliert wird.

Merkmale der Prägung der Planetenoberfläche durch Wasser

Die riesigen Vulkane der Tharsis-Region, das Valles Marineris und die riesigen Einschlagbecken auf dem Mars erscheinen uns hier auf der Erde eher fremd. Andere, etwas kleinere Geländeformationen wirken dagegen vertraut. Die Rede ist von Geländeformationen, die durch fließendes Wasser erzeugt wurden. Auf der Erde unterscheidet man hier Formationen, bei denen Wasser erosiv gewirkt hat (Flusstäler, Schluchten) von den Ablagerungszonen wie Flussunterläufen und Flussdeltas. Ganz andere Formationen entstehen, wenn an Stelle von flüssigem Wasser Eis bewegt wird. Im Abtragungsgebiet entstehen dann runde Trogtäler, im Ablagerungsgebiet verschiedene Formen von Moränen. All diese Formationen lassen sich in ähnlicher Form auch auf dem Mars finden.

Mars



Das Programm des Bruce Murray Laboratory for Planetary Visualization mit einem Ausschnitt der Valles Marineris. Bildquelle Bruce Murray Laboratory for Planetary Visualization, NASA.

Für den Mars gibt es, ähnlich wie bei Google Earth, die Möglichkeit die Planetenoberfläche virtuell zu erkunden (<https://murray-lab.caltech.edu/CTX/V01/SceneView/MurrayLabCTXmosaic.html>). Das entsprechende Computerprogramm wurde vom Bruce Murray Laboratory for Planetary Visualization am California Institute of Technology erstellt. Die für die Visualisierung verwendeten Bilder wurden von der Context (CTX)-Kamera des Mars Reconnaissance Orbiter geliefert. Das gesamte Mosaik umfasst 5,7 Trillionen Pixel bei einer Auflösung von 5 m/Pixel. Die Schülerinnen und Schüler sollen mithilfe dieses Programms Hinweise für die Existenz flüssigen Wassers in früheren Zeiten auf dem Mars suchen, die Größe der entsprechenden Geländeformationen vermessen und eine dieser Geländeformationen in einem Sandkasten nachbauen.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 30 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Aachen, Aachen-Merzbrück, Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Cochstedt, Cottbus, Dresden, Geesthacht, Göttingen, Hamburg, Hannover, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Rheinbach, Stade, St. Augustin, Stuttgart, Trauen, Ulm, Weilheim und Zittau beschäftigt das DLR circa 11 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält darüber hinaus Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

DLR Zittau

Am DLR-Standort Zittau erweitert das DLR mit dem neuen Institut für CO₂-arme Industrieprozesse seine Kompetenzen in der Energieforschung. Ziel ist, durch Dekarbonisierung energieintensiver Industriebereiche und die nachhaltige Stromerzeugung und –speicherung, die CO₂- und Schadstoffemissionen von Industrie und Kraftwerken deutlich zu reduzieren.

Hochschule Zittau/Görlitz

Seit 1992 gibt es die Hochschule Zittau/Görlitz in der Dreiländerregion Deutschland – Polen – Tschechien. Wie kaum eine andere Hochschule steht sie für Aufbruch und Wandel. Durch ihre Lage ist die HSZG Brücke zwischen Mittel- und Osteuropa. Das Thema Energie trägt sie seit der Gründung in ihren Genen. Und die Transformation von Wirtschaft, Arbeit und Gesellschaft ist in Deutschland kaum besser zu erforschen als in der Oberlausitz. Im Herzen Europas forschen Studierende an Lösungen für die Zukunft. Sie finden perfekte Bedingungen: Erstklassige Betreuungsquote, kein Gedränge im Hörsaal, moderne Labore und technische Ausstattungen, spannende Forschungsprojekte und Praktika, internationaler Austausch, kurze Wege, bezahlbare Mieten und eine liebenswerte Region. Hier können sich Studierende wohlfühlen und verwirklichen. Sie forschen an hochaktuellen Themen und verbessern gut gerüstet unsere Welt.

Damit die Hochschule fit für die Zukunft bleibt, entwickelt sie sich stetig weiter. Green Engineering, Gesundheitscampus und der Fort- und Weiterbildungscampus sind nur drei Schlagworte im umfangreichen University-for-Future-Prozess. An der Gestaltung der „Hochschule der Zukunft“ beteiligen sich die Studierenden und Lehrenden ebenso wie unsere rund 500 Beschäftigten.



**Hochschule
Zittau/Görlitz**
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

Hinweise zum Experiment:

Alter: 15 bis 18 Jahre
Gruppengröße: 5 bis 6
Dauer: 60 Minuten
Inhaltlicher Bezug: Weltraum

DLR_School_Lab Hochschule Zittau/Görlitz
Äußere Oybiner Straße 14/16
02763 Zittau

Leitung: Thomas Fester
Telefon: 03583 612-4788
dlr-school-lab@hszg.de

DLR.de/dlrschoollab