

Hintergrundinformationen 2:

Lassen die gegebenen Standortfaktoren eine menschliche Besiedelung auf dem Mond zu?

Im Gegensatz zur Erde weist der Mond nur eine Scheinatmosphäre, die sogenannte Exosphäre, auf. Die Schwerebeschleunigung an der Mondoberfläche beträgt gerade einmal ein Sechstel (ca. 17 %) derjenigen an der Erdoberfläche. Diese Anziehungskraft ist viel zu gering, um leichtflüchtige Gase an den Mond zu binden und damit eine der Erde gleichende Atmosphäre zu schaffen. Nur einige Atome und Ionen von leichtflüchtigen Elementen umgeben den Mond in einer hauchdünnen Exosphäre. Sie gleicht nahezu einem perfekten Vakuum und entsteht durch den Einfluss des Sonnenwindes, wodurch lokale Magnetfelder für statisch aufgeladene Partikel sorgen, die trotz der nicht vorhandenen Atmosphäre in die Höhe aufsteigen können. Darin zu finden sind Helium aus dem Sonnenwind sowie Natrium- und Kaliumatome. Diese werden aus der den kompletten Mond umgebenen Schutt- und Staubschicht, dem Regolith, freigesetzt, wenn Partikel aus dem Sonnenwind auf der Mondoberfläche einschlagen. Zudem können in der Exosphäre Argon, Radon und Polonium nachgewiesen werden.

Der Mond ist ein extrem trockener Himmelskörper, allerdings kann aus den Satellitendaten mehrerer Raumsonden abgeleitet werden, dass sich an den permanent abgeschatteten Kratern am Nord- und Südpol im Mondboden große Mengen an Wassereis befinden. Außerdem lassen sich sehr geringe Mengen an Wassereis über die gesamte Mondoberfläche verteilt nachweisen. Diese sind durch Kometen und Eisasteroiden auf den Mond gelangt. Das Wasser liegt nur in geringen Mengen vor, da es auf dem Mond meist direkt durch die starke und ungeschützte Sonneneinstrahlung verdampft, selbst wenn es sich in der extrem kalten Mondnacht gebildet hat. Zudem verhält sich der Aggregatzustand von Wasser auf dem Mond deutlich anders als auf der Erde. Dies ist durch die stärker schwankenden Temperaturen auf dem Mond sowie durch den Druckunterschied zu begründen. Auf dem Mond liegt der Druck durch die nicht vorhandene Atmosphäre bei fast 0 bar (Vergleich Erde: ca. 1 bar). Dies hat zur Folge, dass Wasser auf dem Mond nur in festem oder gasförmigen Zustand vorliegt. Flüssiges Wasser kann sich bei annähernd 0 bar Druck nicht bilden, da der Siedepunkt von Wasser bei diesen Bedingungen zu stark abgesunken ist. Um flüssiges Wasser auf dem Mond zu gewinnen, müssten dementsprechend Temperatur und Druck angepasst werden (s. Abb. 1).

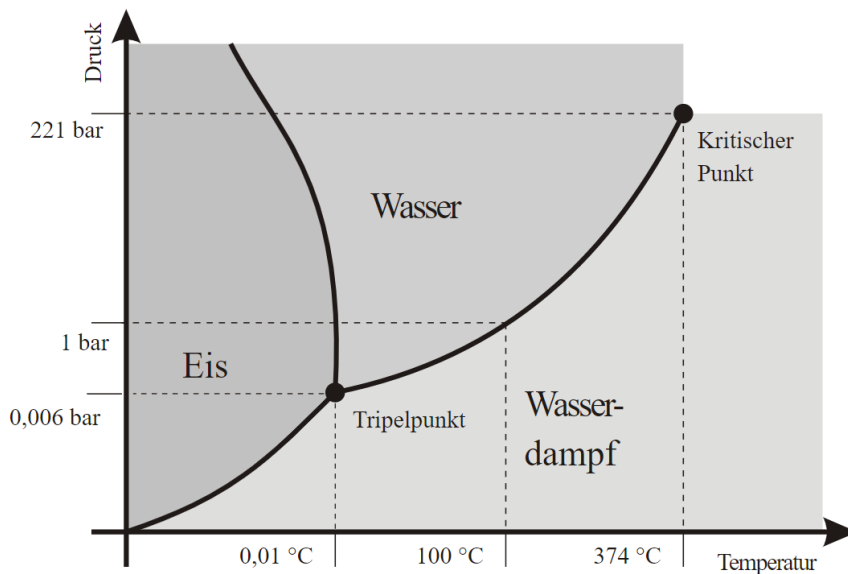


Abbildung 1: Aggregatzustände von Wasser unter verschiedenem Druck und Temperaturen

Die Temperaturen schwanken auf dem Mond durch die extrem dünne Exosphäre sehr viel stärker als auf der Erde. Die Oberflächentemperatur schwankt dabei ca. zwischen minimal -160 °C und maximal 130 °C . Aufgrund dessen ist an Leben ohne dementsprechenden Schutz vor der extremen Sonneneinstrahlung und den gegebenen Temperaturen nicht zu denken. Durch die nicht vorhandene Atmosphäre weist der Mond zudem keine Lufttemperatur, sondern nur eine Oberflächentemperatur auf.

Der Mond bietet allerdings ein im Vergleich zur Erde höheres Potential für die Nutzung von Solarenergie. Speziell für zukünftige Forschungsmissionen und für stationäre Aufenthalte auf dem Mond könnte die Energieversorgung mit Hilfe von Solarenergie ein Meilenstein für eine energietechnische Autarkie auf dem Mond sein.

Bezüglich der Topographie des Mondes, welche ebenfalls zu den harten Standortfaktoren zählt, haben sich bis heute auf der erdabgewandten Seite Hochebenen, sog. Terra-Gebiete und auf der erd zugewandten Seite Mare/Maria ausgebildet. Terra-Gebiete sind sehr dicht mit Kratern verschiedenster Größe bedeckt, während Mare-Ebenen ärmer an Kratern sind. Zudem liegen die Mare-Ebenen meistens deutlich tiefer als die angrenzenden Terra-Gebiete. Alle Maregebiete sind vulkanischen Ursprungs und finden sich hauptsächlich auf der erd zugewandten Seite. Sie sind jünger als die Hochländer und bestehen aus Lava, die die aus Asteroiden- und Kometeneinschlägen entstandenen Becken gefüllt hat. Auf Abbildung 2 kann die Topographie des Mondes mit den verschiedenen Höhendaten der erd zugewandten und der erdabgewandten Seite eingesehen werden.

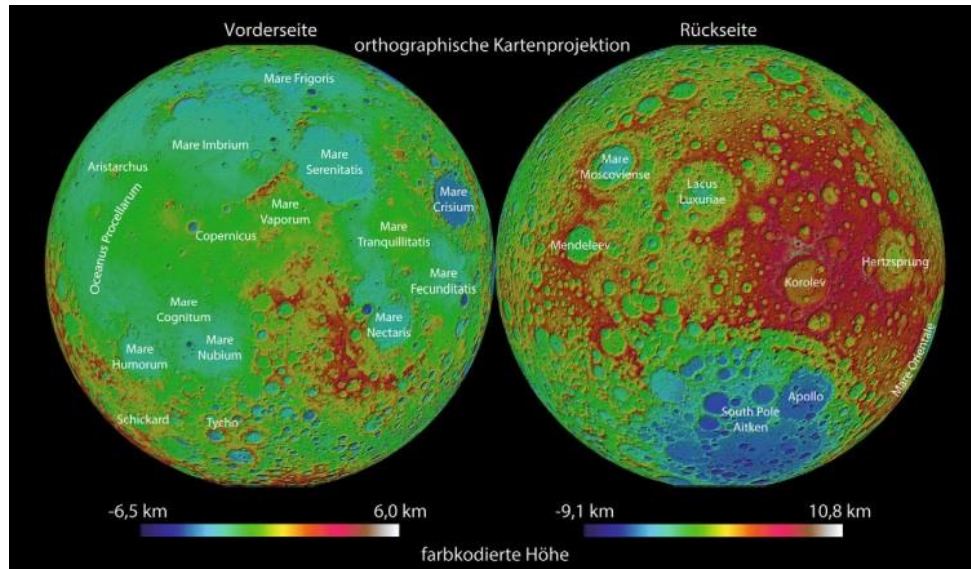


Abbildung 2: Höhenkarte des Mondes

Die Fallbeschleunigung liegt auf dem Mond bei $1,62 \text{ m/s}^2$ und ist damit im Vergleich zur Erde ($9,81 \text{ m/s}^2$) sechsmal geringer. Dies ist durch die geringere Masse und die damit einhergehende schwächere Gravitationskraft des Mondes zu begründen.

Ein Tag dauert auf dem Mond im Vergleich zur Erde nicht 24 Stunden, sondern 29,53 Tage, also eine exakte Erdumkreisung. Dies ist durch die synchronisierte Umlaufbahn zu begründen, da die Eigenrotation des Mondes durch die Gravitationskraft der Erde bereits früh nach der Entstehung des Mondes ausgebremst wurde. Der Mond befindet sich seitdem in einer erdgebundenen Rotation, wodurch von der Erde immer dieselbe Seite des Mondes zu sehen ist.

Für die Besiedlung des Mondes sind jedoch noch weitere Aspekte zu berücksichtigen, wie z.B. die kosmische Strahlung, der fehlende Sauerstoff bzw. die Atemluft oder die Auswirkungen der Schwerelosigkeit. Da der Mond sich außerhalb des schützenden Erdmagnetfelds befindet, ist die Strahlenbelastung für den Menschen sehr hoch, sodass sie ein gesundheitliches Risiko darstellt. Hierfür müssen entsprechende Schutzmaßnahmen getroffen werden. Laut Jaumann ließe sich ein Schutz vor Strahlung durch das Isolieren der Mondbasis mit Regolith erreichen. Durch vorhandenes Wasser auf dem Mond ließe sich darüber hinaus das Problem des fehlenden Sauerstoffs lösen, denn der Transport von Sauerstoff wäre nicht nur sehr aufwendig, sondern auch teuer. Durch Elektrolyse ließe sich leicht Wasserstoff und Sauerstoff gewinnen, das als Raketentreibstoff genutzt werden könnte. Allerdings funktioniert die Elektrolyse auf dem Mond schlechter als auf der Erde. Grund dafür ist die sehr geringe Schwerkraft. Das britische Unternehmen Metalysis arbeitet außerdem derzeit

an einer Lösung, um Sauerstoff aus Mondgestein zu gewinnen. Zuletzt müssen die physischen Folgen der Schwerelosigkeit berücksichtigt werden. So ist nach einem längeren Aufenthalt auf dem Mond mit bspw. Muskel- und Knochenschwund oder Auswirkungen auf das Sehvermögen zu rechnen.

Quellen:

Jaumann, R.; Köhler, U.; Sohl, F.; Tirsch, D.; Pieth, S. (2018): Expedition zu fremden Welten. 20 Milliarden Kilometer durch das Sonnensystem. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Springer-Verlag GmbH Deutschland. Berlin.

<https://www.die-debatte.org/weltraumnutzung-zurueckkehren-um-zu-bleiben/>

Wanner, C. (2021): Diese Idee soll Leben auf dem Mond ermöglichen. In: WELT, 11.01.2021, URL: <https://www.welt.de/wirtschaft/article224112990/Wunderstoff-Mondstaub-Ermoeeglicht-er-bald-schon-menschliches-Leben.html> [20.12.2022].

<https://www.spektrum.de/news/warum-elektrolyse-auf-dem-mond-schlechter-funktioniert/1984495#:~:text=Auf%20Mond%20oder%20Mars%20funktioniert,nur%20schwer%20zu%20vermeiden%20der%20Effekt.&text=Um%20eine%20permanente%20Kolonie%20auf,zu%20errichten%20C%20braucht%20man%20Sauerstoff> [20.12.2022].

<https://www.nationalgeographic.de/wissenschaft/2018/10/weltraumreisen-veraendern-das-menschliche-gehirn#:~:text=Die%20Schwerkraft%20der%20Erde%20sorgt,werden%20und%20einfacher%20brechen%20k%C3%B6nnen> [20.12.2022].