

Titan-Geographie für Einsteiger

In Bezug zu „Eine Landkarte für Titan“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 09/2020,
Zielgruppe: Unter- bis Mittelstufe, WIS-ID: 1421041

Christian Wolff

Der vorliegende Beitrag erklärt spezifische Oberflächenmerkmale des Saturnmondes Titan und enthält zudem einen Aufgabenpool zu topographischen und geologischen Besonderheiten - inklusive Übungen zum Gradnetz, zu Landschaftsformen und ihrer Entstehungsgeschichte sowie einen Blick in das Innere des Trabanten.

Die dargestellten Materialien sind sowohl im Astronomie- als auch im Erdkundeunterricht anwendbar.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Kleinkörper	Monde, Titan
Fächer- verknüpfung	Astro-Geographie	Landschaftsformen
Lehre allgemein	Kompetenzen (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation) Lehrformen, Unterrichtsmittel	werten Fachtext aus , ordnen Fachbegriffe zu , führen Vergleich zwischen Gradnetzen und Landschaftsformen auf Erde und Titan durch , Kartenarbeit mit Titankarte , recherchieren im Netz Einzelarbeit, Partnerarbeit, Stationsarbeit , Lerntheke Arbeitsblätter, Kreuzwörterrätsel , Schaubild von Titanaufbau geologische Karte von Titan

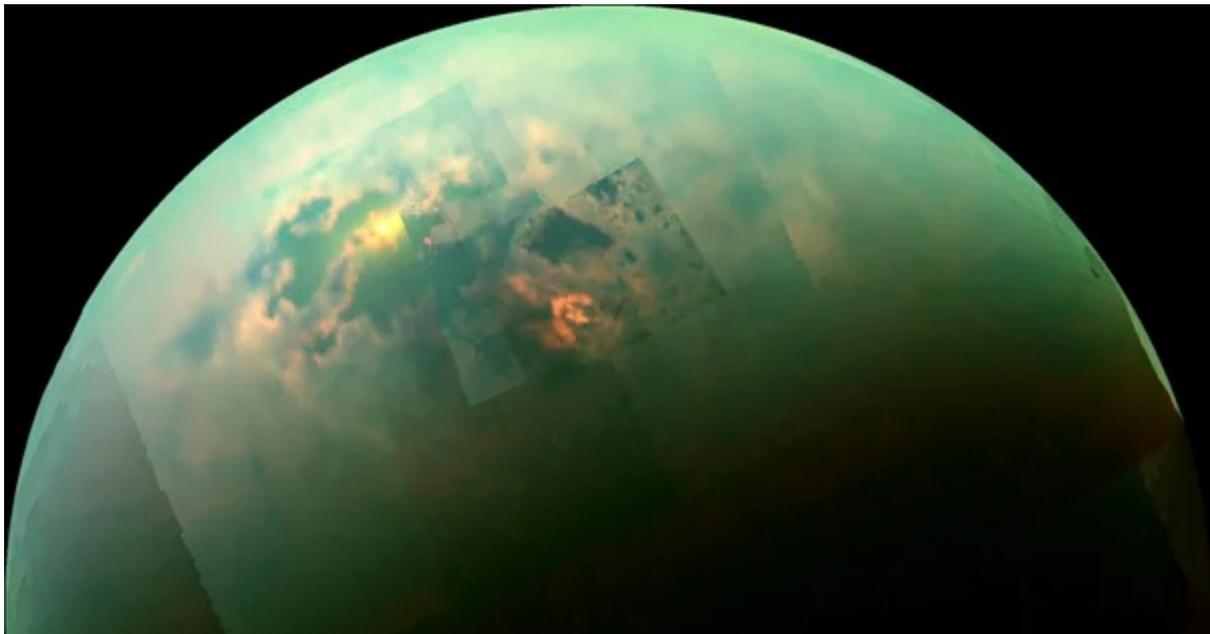


Abbildung 1: Saturnmond Titan. © NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/University of Idaho.

Saturnmond Titan – ein geographisch und geologisch interessanter Ort

Mit 5150 km Durchmesser ist Titan hinter Ganymed der zweitgrößte Mond unseres Sonnensystems und damit sogar größer als Merkur oder der Zwergplanet Pluto. Titans Oberflächentemperatur beträgt eisige -180° Celsius und er besitzt als einziger Mond eine dichte Atmosphäre, die zu ca. 95 % aus Stickstoff und zu etwa 5 % aus Methan (neben Spuren anderer Elemente) besteht.

Der Himmel auf Titan ist von Wolken aus Methan bedeckt, die aufgrund der geringeren Schwerkraft langsamer abregnen als auf der Erde und am Boden Methanflüsse und -seen bilden. Methan ist auf der Erde gasförmig, kommt auf Titan allerdings aufgrund der Kälte in flüssiger Form vor. Die Atmosphäre Titans ist so dicht, dass sich Oberflächenmerkmale wie z.B. Landschaftsformen nur mithilfe spezieller Kameras und Instrumente im Infrarot- oder Radarbereich sichtbar machen lassen. Die Raumsonde Cassini-Huygens lieferte hierzu zwischen den Jahren 2004 bis 2017 eine Unmenge an Daten, inkl. eines Fotos von der Oberfläche des Mondes (siehe Abb. 2 und 3).

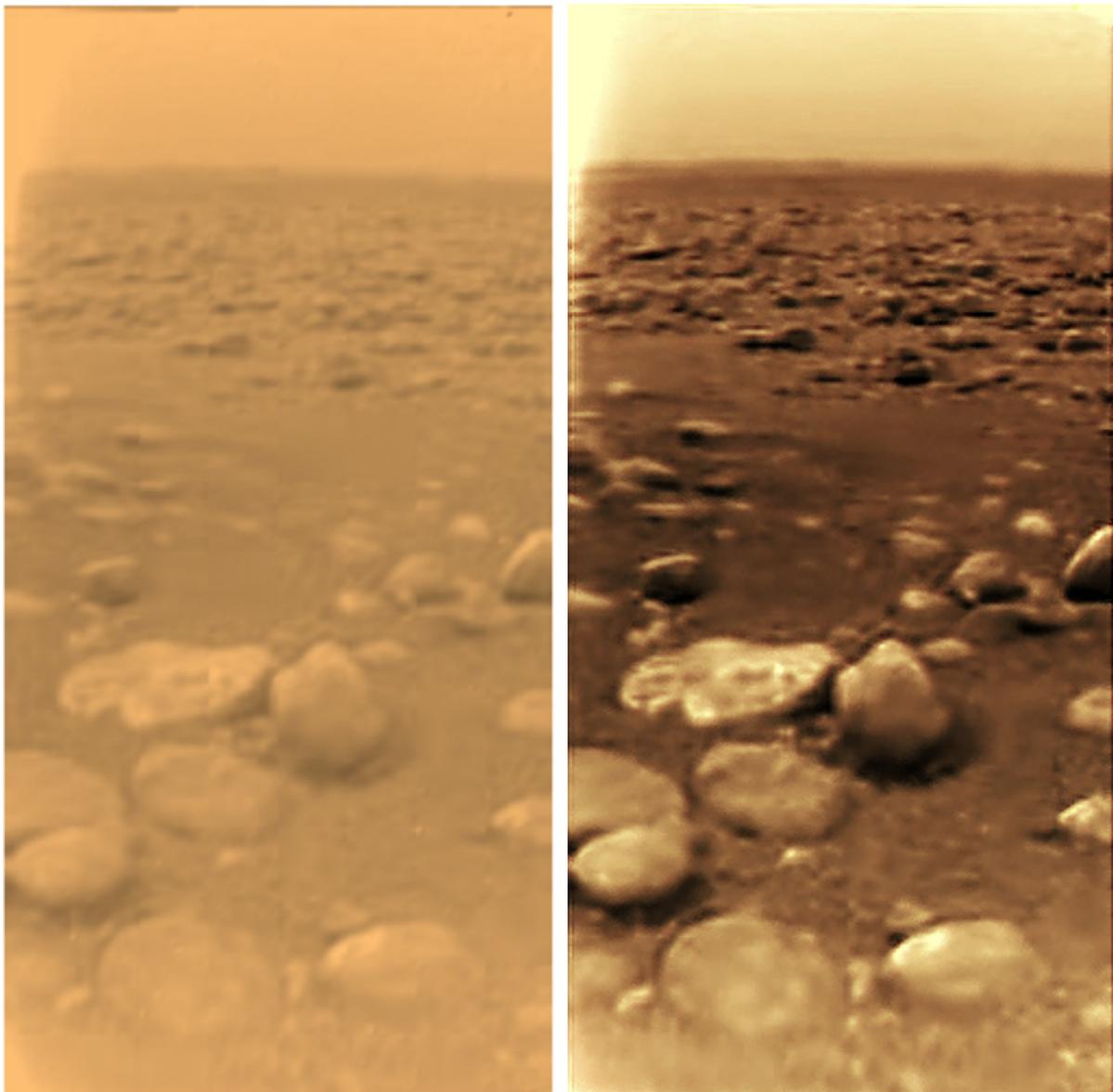


Abbildung 2 (links): Originalfoto des Landeplatzes des Landers Huygens. © ESA/NASA/JPL/University of Arizona
Abbildung 3 (rechts): Gleiches Foto, kontrastverstärkt © ESA/NASA/JPL/University of Arizona.

Neuere Auswertungen dieser Daten machten es möglich, eine erste geologische Karte des Mondes zu erstellen. Hierbei werden sechs verschiedene **Landschaftsformen** deutlich:

Seen, Dünen, Eishügel, Krater, Ebenen und Labyrinth.

Anhand des SuW-Artikels „Eine Landkarte des Titan“, der im Folgenden eingebettet vorliegt, sollen die Schülerinnen und Schüler den Text zunächst aufmerksam lesen und wahlweise Aufgabe 1 (**Fragenkatalog**) oder Aufgabe 2 (**Kreuzworträtsel**) bearbeiten. Mit Hilfe der Karte (Abb. 4, Seite 7) können anschließend die Aufgaben 3-9 bearbeitet werden. Hierfür eignet sich auch eine **Lerntheke bzw. ein Stationslauf**. Die Aufgabe 9 liegt auch in differenzierter Form (Aufgabe 9 und 9a) vor. Aufgabe 10 dient als erster Einstieg in das Innenleben des Mondes bzw. als Diskussionsgrundlage hierfür. Hieran anschließend lassen sich Fragen nach der Genese des globalen subterranean Ozeans sowie zur Möglichkeit der Entstehung einfacher Lebensformen entwickeln.

Übersicht der einzelnen Aufgaben:

1	Fragenkatalog zum SuW-Artikel „Eine Landkarte für Titan“
2	Kreuzworträtsel zum SuW-Artikel „Eine Landkarte für Titan“
3	Übung zum Gradnetz - Orte anhand von Koordinaten finden, Landschaftsform erkennen
4	Übung zum Gradnetz - Koordinaten einzelner Orte bestimmen
5	Vergleich zwischen Titan und der Erde - Plenumsdiskussion
6	Internetrechercheauftrag – Schüler/innenvortrag
7	Internetrechercheauftrag „Nord-Südpolregion“
8	Zuordnung „Begriff – Landschaftsform“
9	Zuordnung „Landschaftsformen Titan – Erde“
9a	Zuordnung „Landschaftsformen Titan – Erde“ (differenziert)
10	Text und Schaubild „Aufbau des Titan“

Eine Landkarte für Titan

Ein wolkenverhangener Himmel und kahle Ebenen, soweit das Auge reicht: Abseits vom Äquator und den Polen ist die Aussicht, die sich einem Raumfahrer auf dem größten Saturnmond Titan bieten würde, wenig abwechslungsreich. Dieses Bild zeichnet ein Team um NASA-Wissenschaftlerin Rosaly Lopes, das nun aus den von der Raumsonde Cassini gesammelten Daten eine erste vollständige geologische Karte erstellt hat. Wie es auf Titan aussieht, hängt in erster Linie vom Breitengrad ab. Nördlich und südlich der gewaltigen Sanddünen am Äquator flacht die Landschaft zunächst ab. Ebenen aus nicht-biogenen, organischen Verbindungen bedecken mehr als 65 Prozent der Mondoberfläche. Nur gelegentlich werden sie unterbrochen von Bergketten oder einem der wenigen Krater, die aus hart gefrorenem Wassereis bestehen, das auf Titan die Rolle von Gestein spielt. In der Nähe der Pole, wo das Klima feuchter wird, wandelt sich die Landschaft deutlich: Am Südpol, wo Methanregen Täler in höher gelegene Plateaus wäscht, erstrecken sich natürliche Labyrinthe; im Norden liegen Seen und Meere. Zum ersten Mal lichtete Cassini im Jahr 2004 den Mond aus der Nähe ab. In den folgenden zwölf Jahren bis zum Missionsende 2017, flog sie viele Male an Titan vorbei und sendete jedes Mal neue Aufnahmen heim, aus denen sich nach und nach ein Gesamtbild der Oberfläche zusammensetzen ließ. Ein Hindernis ist dabei der Dunstschleier, der Titan umhüllt, der aus feinsten organischen Schwebstoffen, so genannten Aerosolen besteht. Sie verhindert im sichtbaren Licht jeglichen Blick auf die Oberfläche. Daher müssen die Forscher auf Beobachtungen im Infraroten und mit Radar zurückgreifen. Cassini war mit dem so genannten Radar-Subsystem (RSS) ausgestattet, das die Oberfläche mit einer räumlichen Auflösung von bis zu einem Kilometer abtastete. Allerdings nahm das RSS nur 46 Prozent der Oberfläche mit dieser Auflösung auf. Wo Daten fehlten, nutzten Lopes und ihre Kollegen mit den schlechter aufgelösten infraroten Aufnahmen der Kameras von Cassini. Sie ermittelten, wie die in den RSS-Daten identifizierten Regionen dort aussahen. Davon ausgehend konnten sie solche Regionen auch in den Infrarotbildern identifizieren. Die Titan-Karte gibt die geologischen Formationen für die gesamte Oberfläche in einem Maßstab von eins zu 20 Millionen wieder. Für die Forscher ging es aber um mehr als nur eine genaue Landkarte: Wo sich Berge und Methanseen berühren oder der Wind Dünen sand in die Ebene geweht hat, konnten sie einen Blick in die Geschichte des Mondes werfen: Ein hoher Anteil an Wassereis kennzeichnet die bergigen Regionen als Teile von Titans Eiskruste. Im Lauf der Zeit, das verrieten die Ränder dieser Gebiete, lagerten sich darauf organische Sedimente an – zunächst in den heutigen Talsystemen, später in den Ebenen und schließlich bildeten sie Dünen. Auch die Methanmeere des Nordens identifizieren die Forscher als junge Formationen.

(aus: *Sterne und Weltraum*, 09/2020)



Aufgabe 1: Beantworte die folgenden Fragen mithilfe des Textes:

a. Wieviel Prozent der Mondoberfläche besteht aus Ebenen?

b. Aus was bestehen die wenigen Krater hauptsächlich?

c. Wo herrscht feuchteres Klima?

d. Wo wäscht Methan Täler in hochgelegene Plateaus?

e. In welchem Jahr endete die Cassini-Mission?

f. Aus was besteht der Dunstschleier, der Titan umhüllt?

g. Wie gelang es den Forschern durch den Wolkenschleier zu schauen?

h. Wie hoch war die Auflösung des RSS?

i. In welchem Maßstab wurde die geologische Karte Titan erstellt?

j. Aus was bestehen die Seen und Meere des Titan hauptsächlich?

k. Welche Gebiete auf der Oberfläche sind relativ jung?

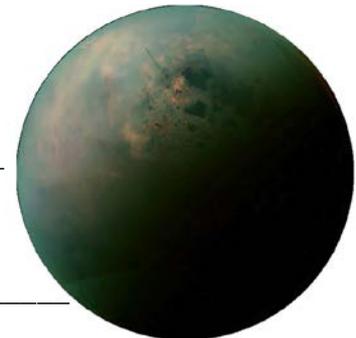
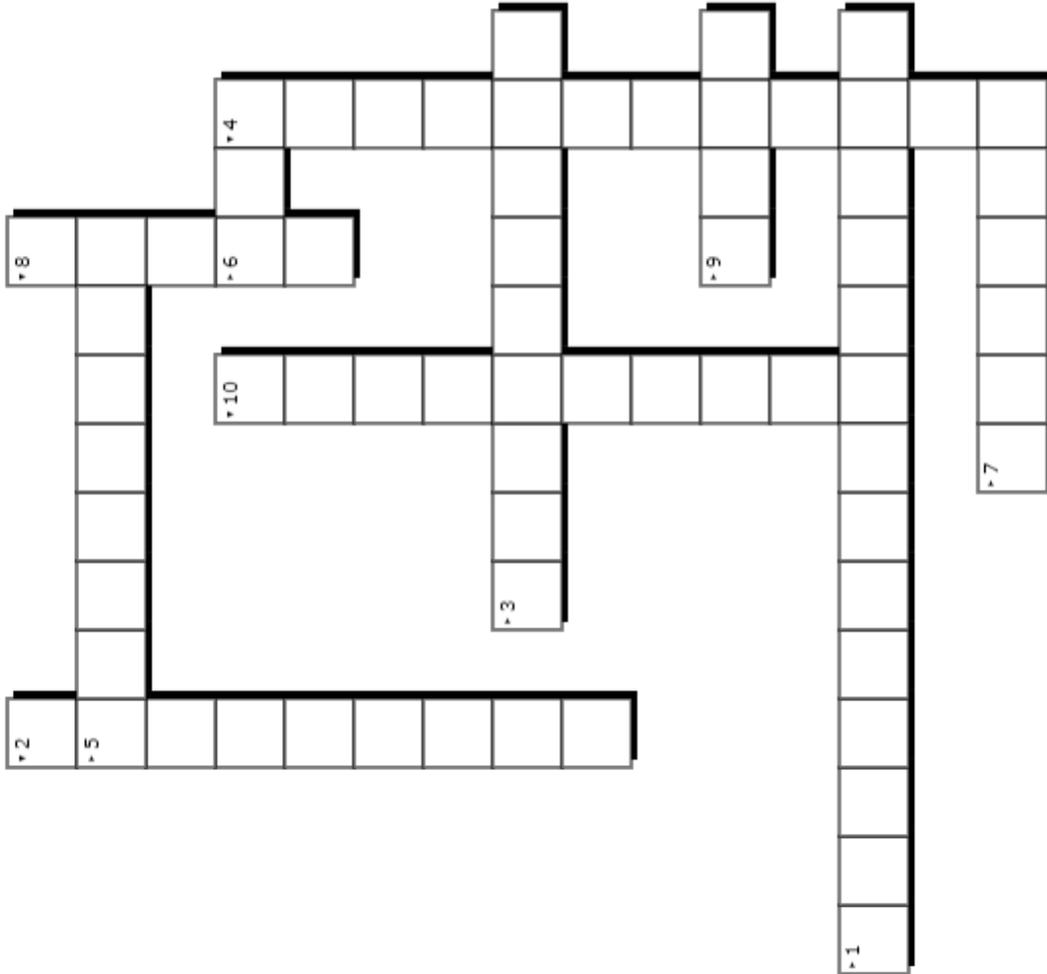


Abbildung 4: Saturnmond Titan.
© NASA/JPL-Caltech/University
of Arizona/University of Idaho.

1. Prozentzahl der Mondoberfläche, die aus Ebenen besteht
2. Aus was bestehen die wenigen Krater hauptsächlich?
3. Region, in der feuchteres Klima herrscht
4. Wo wäscht Methan Täler in hochgelegene Plateaus?
5. Aus was besteht der Dunstschleier, der Titan umhüllt?
6. Wie wird Cassinis Radar-Subsystem abgekürzt?
7. Aus was bestehen die Seen und Meere des Titan hauptsächlich?
8. Welche Gebiete auf der Oberfläche sind relativ jung?
9. Typische Landschaftsform der Nordpolregion
10. Typische Landschaftsform der Südpolregion



 **Aufgabe 2:** Löse das **Kreuzworträtsel** mithilfe des SuW-Artikels „Eine Landkarte für Titan“.

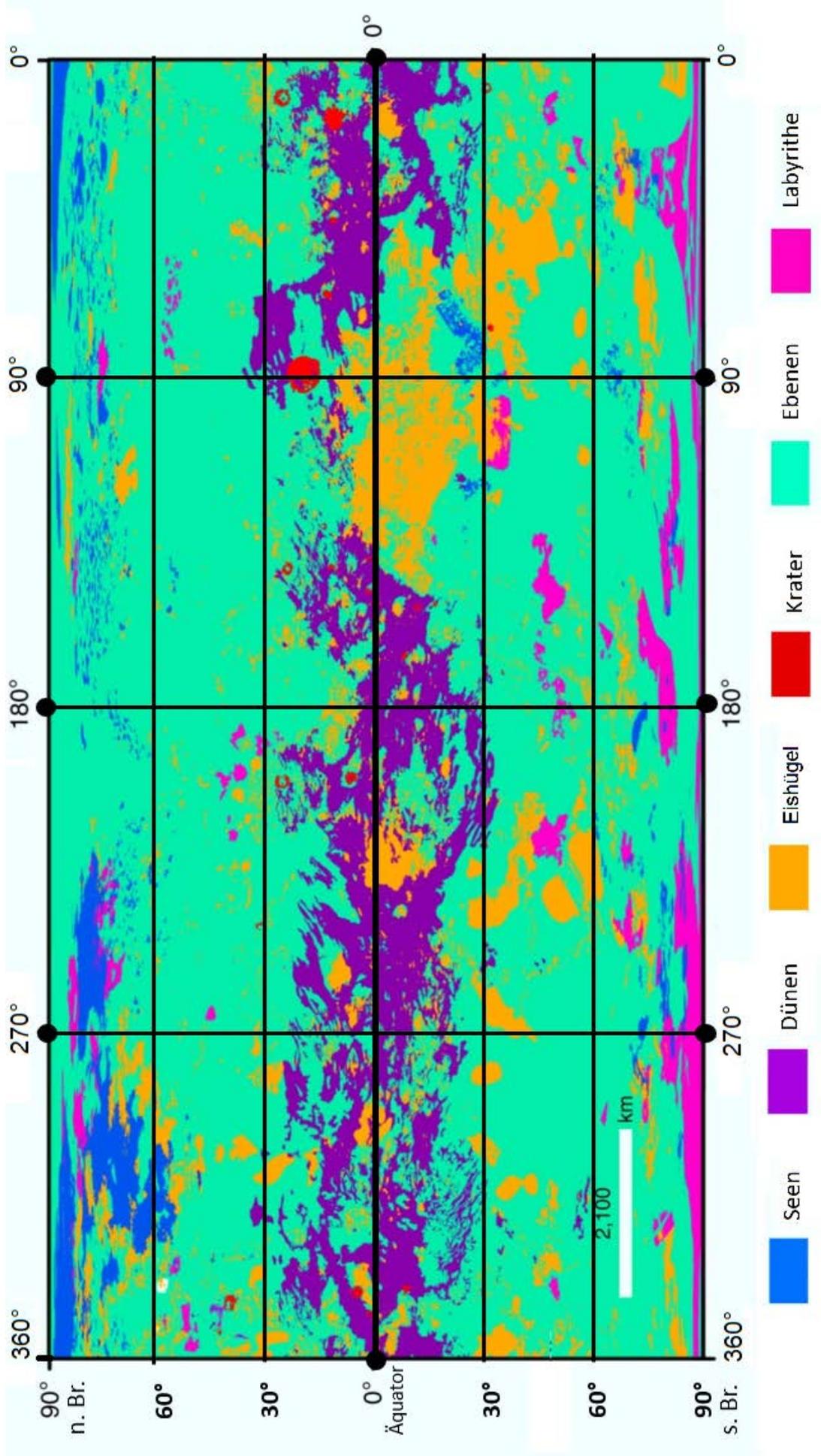


Abbildung 5: A geologic map of Saturn's largest moon, Titan. Quelle: Lopes, R. M. C. et al. Nature Astronomy, bearbeitet und übersetzt von C. Wolff



Aufgabe 3: Finde folgende Orte und markiere diese in der Karte. Um welche Landschaftsform handelt es sich hauptsächlich?

1. Kraken Mare, 68° N / 310° W

2. Xanadu, 15° S / 100° W

3. Sinlap, $11,3^{\circ}$ N / 16° W

4. Ontario Lacus, 71° S / 182° W

5. Der Landebereich der Landers Huygens, $10^{\circ}34'23''$ S / $192^{\circ}20'06''$ W



Aufgabe 4: Vergleiche nun deine Ergebnisse mit dem Lösungsblatt (S. 16) und ermittle dann die ungefähren Koordinaten folgender Orte:

6. Hano _____

7. Afekan _____

8. Selk _____

9. Guabonito _____

10. Soi _____

11. Menrva _____

12. Ksa _____

13. Forseti _____

14. Sotra Patera _____



Aufgabe 5: Welche Gemeinsamkeiten/ Unterschiede stellst du zwischen dem Gradnetz des Titan und dem Gradnetz der Erde fest? Welche Gemeinsamkeiten/ Unterschiede bestehen zwischen irdischen Landschaftsformen und denen des Titan? Diskutiert eure Ergebnisse.



Aufgabe 6: Recherchiere im Internet weitere Details zu den einzelnen Orten und deren Entstehung und trage die Ergebnisse deinen Mitschülern vor.

Aufgabe 8: Ordne folgende Begriffe den Landschaftsformen Titans zu:

Seen, Dünen, Eishügel, Krater, Labyrinth, Ebenen

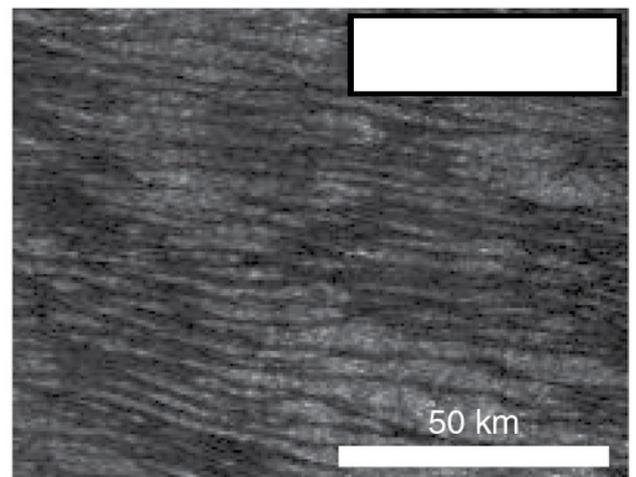
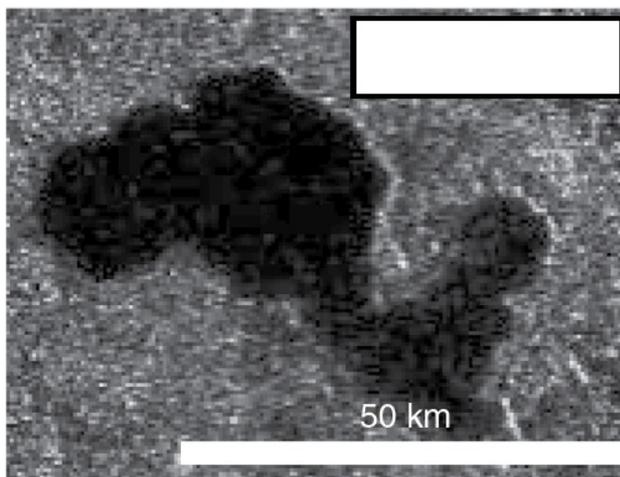
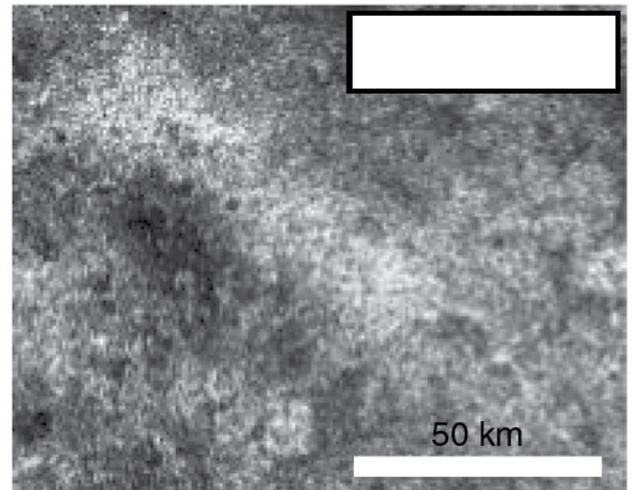
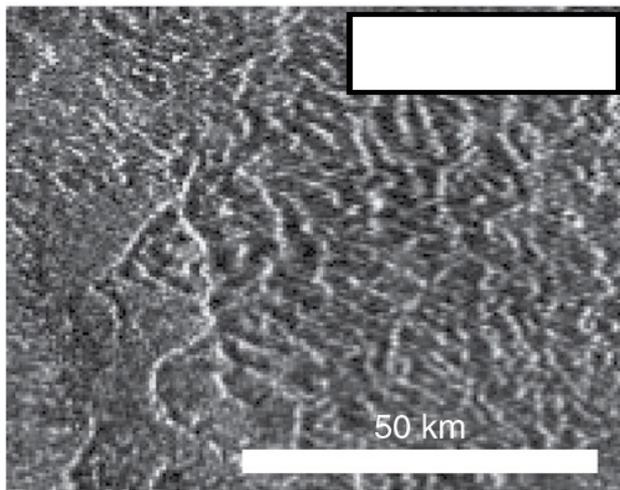
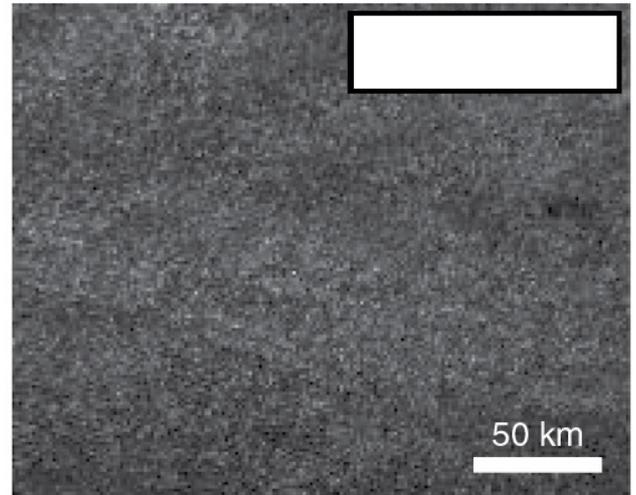
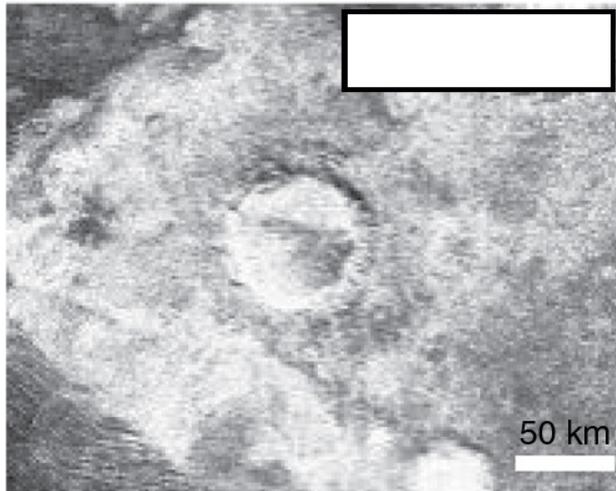
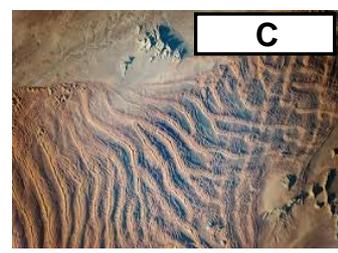
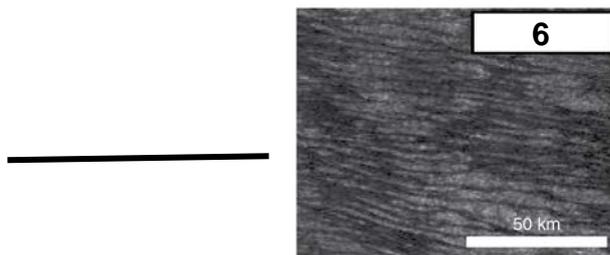
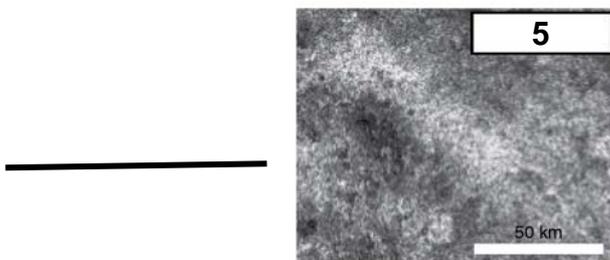
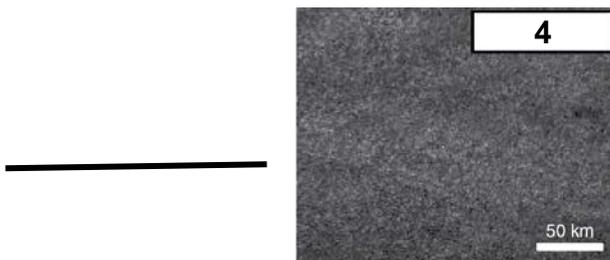
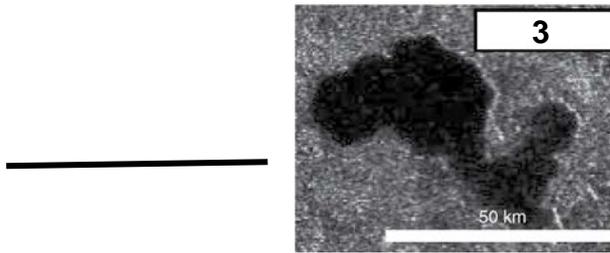
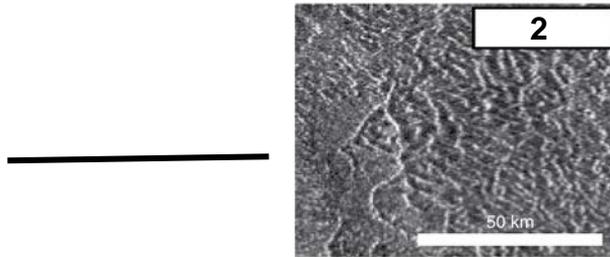
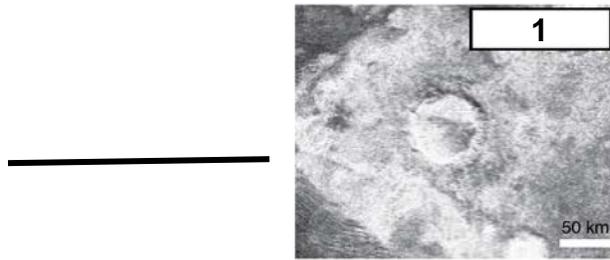


Abbildung 1 Landschaftsformen Titans. Quelle: Lopes et al, 2019 / Nature Astronomy

Aufgabe 9: Ordne die Landschaftsformen Titans denen der Erde zu und benenne diese.



 **Aufgabe 10:** Lies den Text zum inneren Aufbau des Titan, unterstreiche die Schlüsselwörter und trage diese in das Schaubild ein.

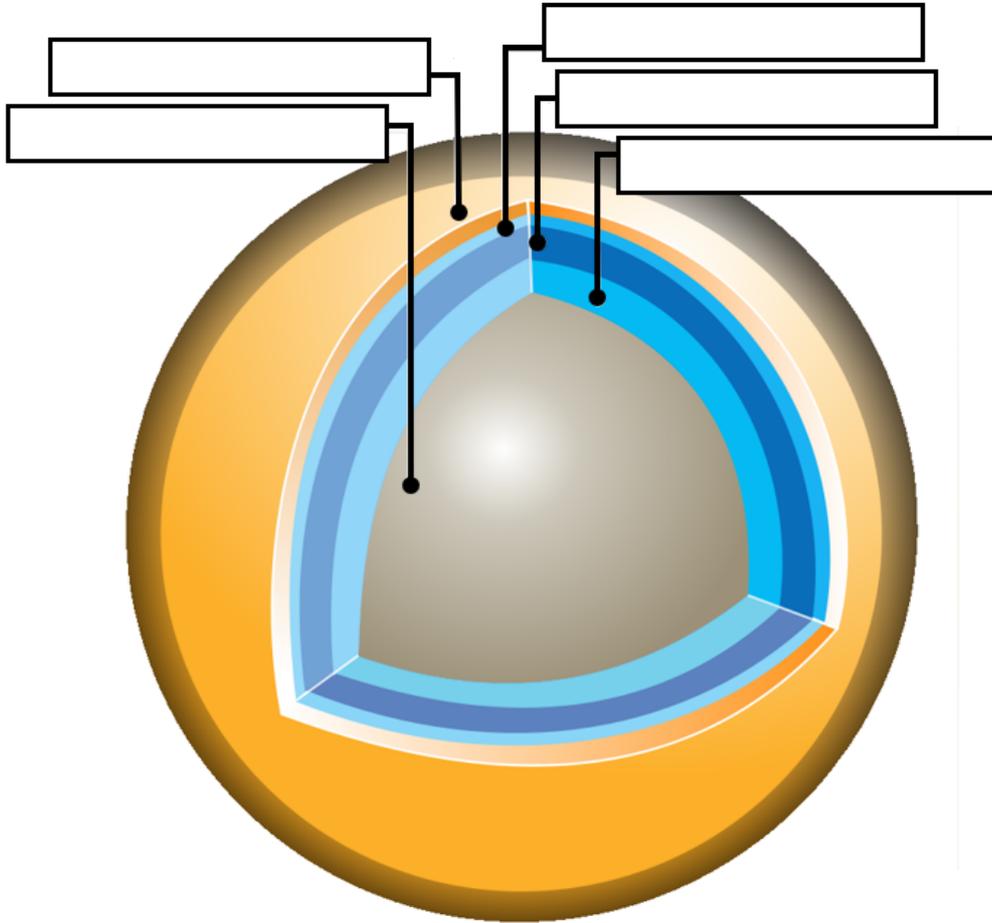


Abbildung 1 Innerer Aufbau des Titan. Quelle: NASA/Wikipedia Commons, bearbeitet von C. Wolff

Der Saturnmond Titan besitzt in seinem Inneren einen Silikatkern von etwa 3400 km Durchmesser, der von mehreren Schichten Wassereis umgeben ist. Die äußere Schicht des Mantels besteht aus Eis und Methanhydrat, die innere aus Hochdruckeis. Aktuell wird angenommen, dass sich zwischen diesen beiden Schichten ein Ozean aus flüssigem Wasser befindet.

Wie bei anderen Monden der Gasplaneten – Jupitermond Io und Saturnmond Enceladus – könnten hier ebenfalls Gezeitenkräfte des Mutterplaneten eine Rolle bei der für tektonische Bewegungen notwendigen Aufheizung und folgenden Mobilisierung des Mondinneren spielen.

Umgeben ist Titan von einer dichten Atmosphäre, die einen direkten Blick auf die Oberfläche vom Weltraum aus verhindert.

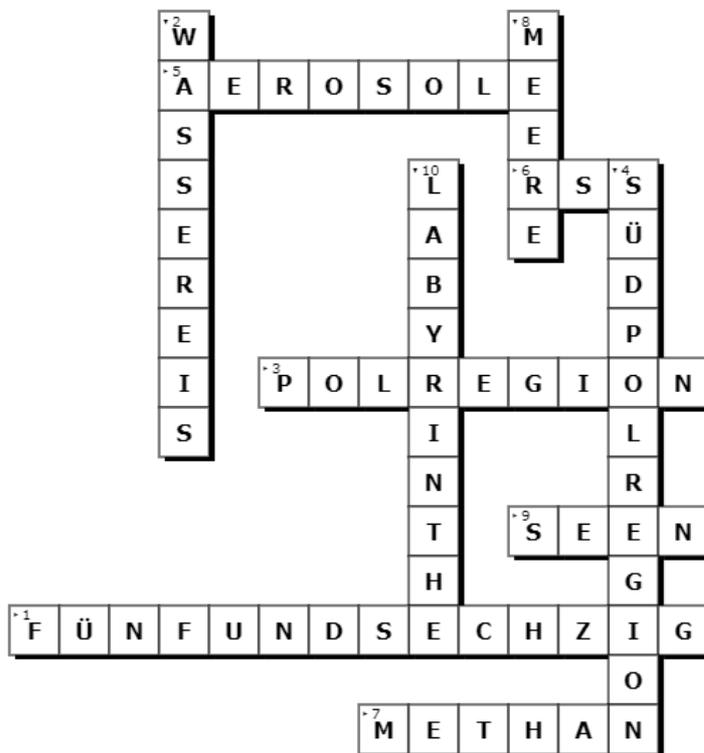
(Quelle: frei nach Wikipedia)

Lösungen:

Aufgabe 1:

- 65%
- Wassereis
- An den Polen
- Südpol
- 2017
- Aerosole
- Infrarot und Radar
- 1 Kilometer
- 1:20 Mio. km
- Methan
- Dünen und Methanmeere

Aufgabe 2:



- Prozentzahl der Mondoberfläche, die aus Ebenen besteht
- Aus was bestehen die wenigen Krater hauptsächlich?
- Region, in der feuchteres Klima herrscht
- Wo wäscht Methan Täler in hochgelegene Plateaus?
- Aus was besteht der Dunstschleier, der Titan umhüllt?
- Wie wird Cassinis Radar-Subsystem abgekürzt?
- Aus was bestehen die Seen und Meere des Titan hauptsächlich?
- Welche Gebiete auf der Oberfläche sind relativ jung?
- Typische Landschaftsform der Nordpolregion
- Typische Landschaftsform der Südpolregion

Aufgabe 3:

Kraken Mare: See(n)	Ontario Lacus: See(n)
Xanadu: Eishügel,	Der Landebereich der Landers Huygens: Ebene(n)
Sinlap: Krater	---

Aufgabe 4:

Siehe Karte im Anhang, Seite 15

Aufgabe 5:

Individuelle Lösung

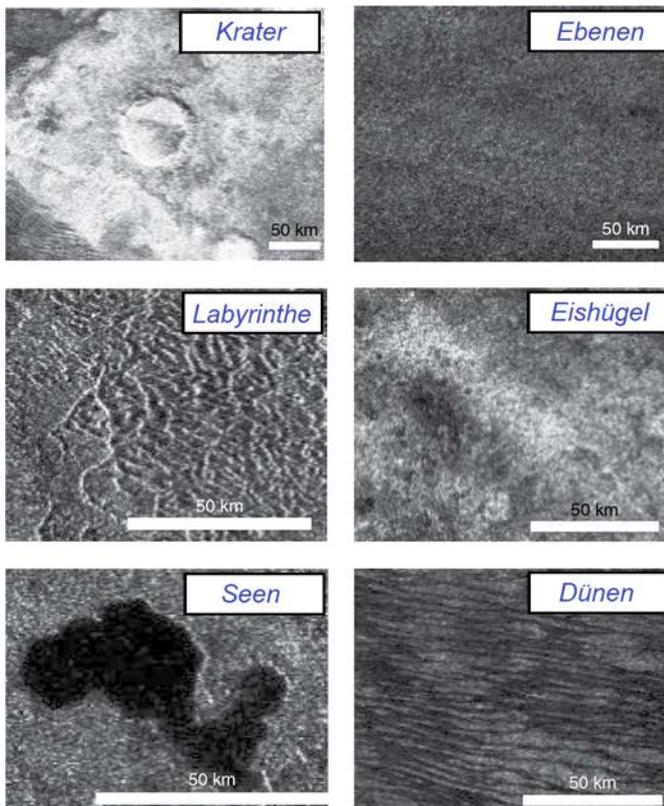
Aufgabe 6:

Individuelle Lösung

Aufgabe 7:

Individuelle Lösung

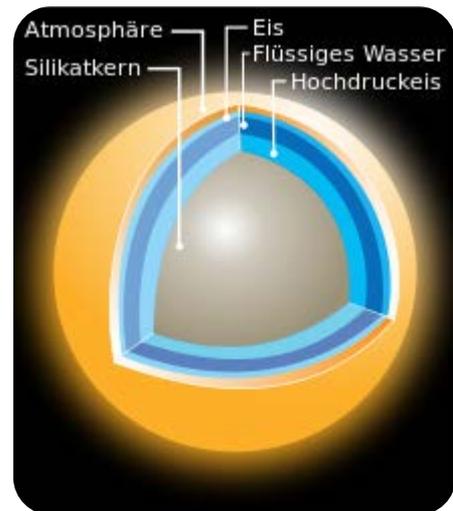
Aufgabe 8:

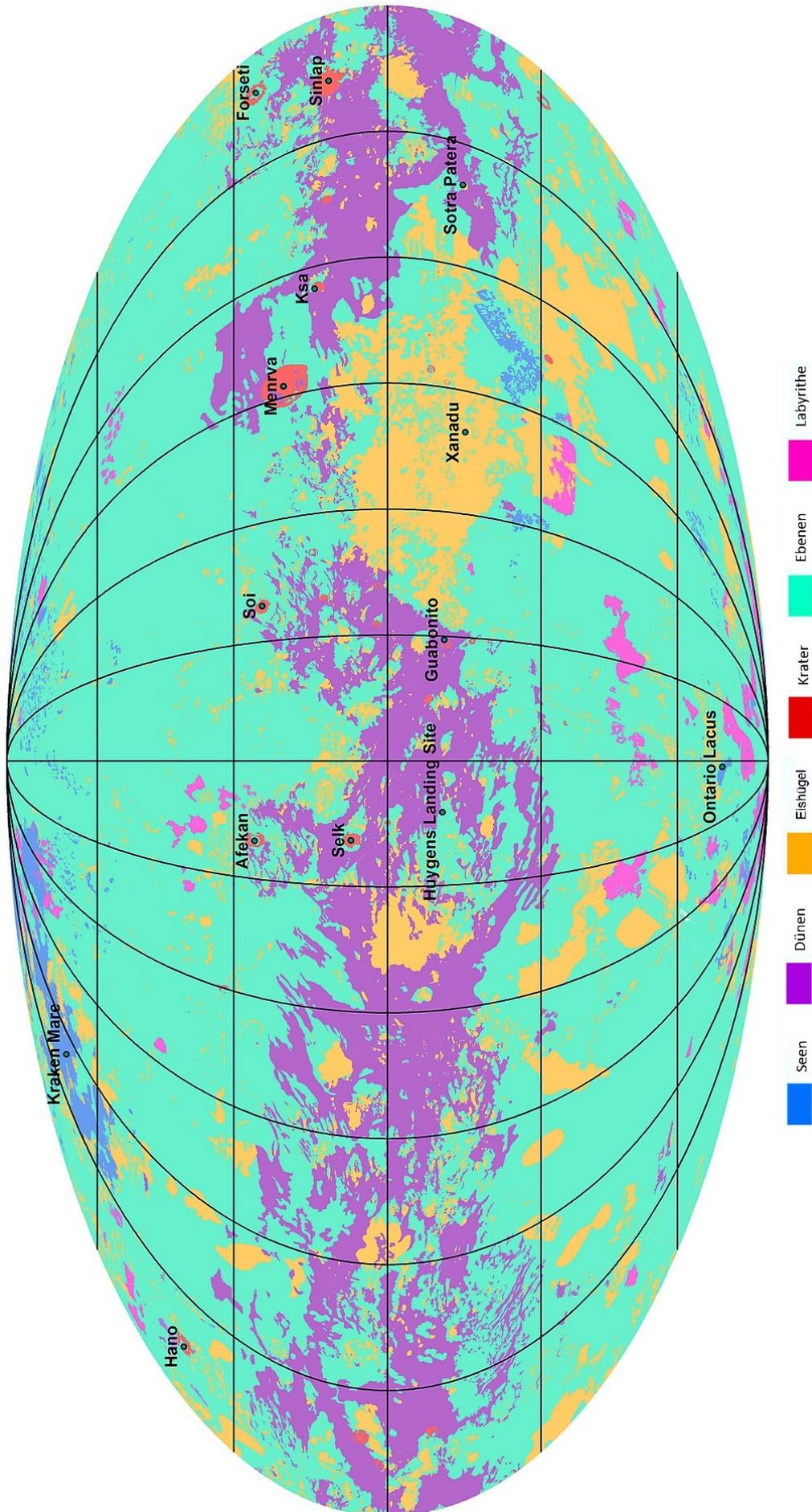


Aufgabe 9/9a:

1B, 2E, 3A, 4D, 5F, 6C

Aufgabe 10:





Quellen

- [1] Eine Landkarte für Titan, Sterne und Weltraum 09/2020
- [2] <https://www.nature.com/articles/s41550-019-0917-6> (in englischer Sprache)
- [3] <https://www.nasa.gov/feature/jpl/the-first-global-geologic-map-of-titan-completed>
(in englischer Sprache)
- [4] <https://www.spektrum.de/news/eine-landkarte-fuer-titan/1686590>
- [5] <https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/news/2019/erste-geologische-karte-von-titan/>
- [6] [https://de.wikipedia.org/wiki/Titan_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Titan_(Mond))
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Titan_\(moon\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Titan_(moon)) (in englischer Sprache)
- [8] <https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/planeten-des-sonnensystems/saturn/saturn-mond-titan/>
- [9] [https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Titan_\(Mond\)](https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Titan_(Mond))

Bildquellen

Alle Bilder, soweit nicht direkt anders gekennzeichnet, stammen von der NASA (Public Domain).

Weitere Ausnahmen sind hier gelistet:

Aufgabe 9/9a: Bild D: Patrick Fizzgibbon, KUTV, https://static-28.sinclairstoryline.com/re-sources/media/5dd5df7b-1a30-40c3-a675-c73120a40fd7-smallScale_utahlake7.JPG?1478219823774
(Link aufgerufen am 07.08.2020; 14:32 Uhr)

Weitere WIS-Materialien zur Astronomie und allen ihren Bezügen finden sie unter der Adresse www.wissenschaft-schulen.de (**Fachgebiet Astronomie**).

Wir würden uns freuen, wenn sie zum vorliegenden Beitrag Hinweise, Kritiken und Bewertungen an die Kontaktadresse des Autors senden könnten.