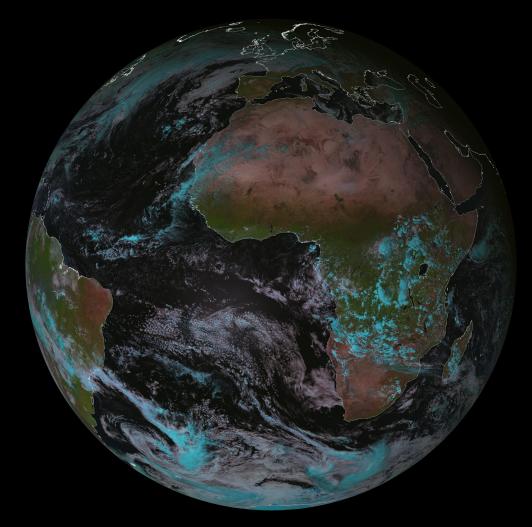
Carl-Fuhlrott-Gymnasium Jung-Stilling-Weg 45 42349 Wuppertal Projektkus Astronomie Q1 Jahrgang 2015/16 Abgabedatum 01.06.2016

Die Signatur des Lebens auf Exoplaneten



Kursleiter: Bernd Koch Verfasserin: Dora Bethke

Ravensberger Str. 163, 42117 Wuppertal

dorajulia@unitybox.de

Inhaltsangabe

1.	Einleitung	3
2.	Die Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten	4
3.	Fotosynthese	7
4.	Welche Auswirkungen der Mond auf unser Klima hat	11
5.	Satellitenbilder der Erde	12
5.1.	EUMETSAT	13
5.1.1.	Meteosat	14
5.1.2.	Infos zur zweiten Generation	15
5.1.3.	Aufbau	16
5.2.	Bilder der Erde	18
5.3.	Spektren der Oberflächen	19
5.3.1.	Absorption der Atmosphäre	20
5.3.2.	Reflektionsspektrum Vegetation	21
5.3.3.	Refelktionsspektrum nicht bewachsener Flächen	22
6.	Exoplaneten	23
6.1.	Nachweismethoden	23
6.2.	Klassifikation	25
6.2.1.	Gasplaneten	27
6.2.2.	Gesteinsplaneten	27
6.3.	Habitable Zone	28
6.4.	ESI und PHI	30
6.5.	Größe der Sterne	33
7.	Suche nach Leben	34
7.1.	Untersuchung der Atmosphäre	34
7.2.	Bioindikatoren für Leben	34
7.3.	Die zukünftige Suche nach Leben	35
8.	Fazit	36
9.	Die Erstellung eines Falschfarbbildes	37
10.	Probleme	41
11.	Anhang	41
11.1.	Literaturverzeichnis	41
11.2.	Danksagung	44
11.3.	Abschlusserklärung	44

1. Einleitung

Meine Projektarbeit beschäftigt sich mit der Auswertung von Satellitenbildern, die aus verschiedenen Gründen von der Erde gemacht werden. Im Vordergrund stehen Satellitenbilder, mit denen man die Beschaffenheit der Erdoberfläche genauer erkennen kann, um damit Rückschlüsse auf die Vegetation zu erlangen.

Daran schließt sich die Frage an, ob man solche Satellitenbilder von Exoplaneten machen könnte, um damit auf erdähnliches Leben schließen zu können.

Dies setzt die Kenntnis voraus, was für die Entwicklung des Lebens auf der Erde ausschlaggebend war und welche Faktoren das Leben erhalten.

Diese Vorkenntnisse sind notwendig, um zu wissen, was bei den Spektren und Satellitenbildern von der Erde auf Leben hindeutet.

Im zweiten Schritt werde ich erläutern, wie und für welchen Zweck Satellitenbilder von der Erde gemacht werden.

Als Drittes werde ich mich mit den terrestrischen Planeten unter den Exoplaneten beschäftigen, beschreiben wie diese gefunden werden und was es für Möglichkeiten gibt um auf erdähnliches Leben auf ihnen zu schließen. Außerdem werde ich erläutern, welche Bedingungen diese für erdähnliches Leben erfüllen müssten.

Danach werde ich auf die geplanten Missionen und ihre Ziele eingehen und die Chance, in zwei Jahren die Atmosphären der Exoplaneten näher zu untersuchen.

Mein persönliches Projekt wird es sein ein, Falschfarbbild von der Erde zu erstellen und auszuwerten.

Zuletzt werde ich die Probleme die ich während meiner Projektarbeit hatte beschreiben.

Die Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten

Das Leben auf der Erde, wie wir es kennen, hat Milliarden Jahre gebraucht, um sich so zu entwickeln.

Die Erde entstand vor mehr als vier Milliarden Jahren und war zu Anfang ein Planet bestehend aus lebensfeindlichem Gestein. Ihre Oberfläche war von Vulkanen definiert, die giftige Gase ausstießen. Zudem enthielt die Atmosphäre kaum Sauerstoff und die UV-Strahlen der Sonne gelangten ungehindert auf die Erde, so dass sie alles Leben vernichtet hätten.

Die erste lebensfreundliche Atmosphäre bildete sich etwa vor drei Milliarden Jahren, durch die ersten Bakterien, die sich im Wasser bildeten. Diese Purpurbakterien entwickelten sich im Wasser, weil sie dort vor UV-Strahlen geschützt waren. Das Wasser absorbiert UV-Strahlen schon bei einer Tiefe von einem Meter.

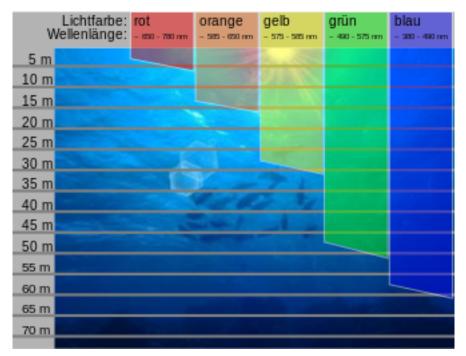


Abbildung 1: zeigt die Farbabsorption des Wassers, Quelle: Wikipedia/Thomei08

Die Purpurbakterien nutzten jedoch nur einen Bruchteil des Lichtspektrums wodurch andere Lichtstrahlen in tiefere Regionen vordrangen. Dort entwickelten sich die sogenannten Cyanobakterien, welche diese Lichtstrahlen nutzten. Cyanobakterien sind die Vorfahren Chloroplasten, die durch Symbiose in die Pflanzenzellen gelangten. Doch das wichtigste für die Evolution des Lebens war, dass sie Sauerstoff produzierten.

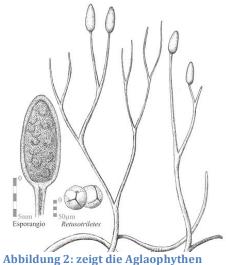
Dies führte dazu, dass zum ersten Mal die Erdatmosphäre mit Sauerstoff angereichert wurde und die giftigen Gase verdrängt wurden. Dies nennt man im Englischen "great oxidation event".

Der Sauerstoff reagierte in der obersten Schicht der Erdatmosphäre mit den energiereichen Strahlen der Sonne und bildete Ozonmoleküle. So entstand die erste

UV-Strahlen der Ozonschicht, die Sonne herausfiltern oder absorbieren konnte und es so den Pflanzen zum ersten Mal ermöglichte auch an Land zu wachsen.

Die ersten Pflanzen besaßen allerdings keine Blätter und Wurzeln. Sie waren nur wenige Zentimeter groß Stängeln mit und bestanden aus einfachen zwiebelförmigen Knollen an den Enden. Ihr Name war Aglaophyten (Abbildung 2).

Die ersten Pflanzen wuchsen an den Ufern von Seen und Flüssen, da sie noch vom Gewässer abhängig Abbildung 2: zeigt die Aglaophythen waren. Mit der Zeit entwickelten die Pflanzen



Quelle: Wikipedia/Falcoaumanni

Wurzeln, mit denen sie Wasser und Nährstoffe sammeln konnten.

Die Wurzeln der Pflanzen zerstörten das Gestein der Erde und zerkleinerten es immer mehr und durch Erosionen begann es zu verwittern wodurch es zu Erde wurde.

Erde ist ein sehr guter Wasserspeicher und ist dadurch für Pflanzen lebensnotwendig. Jedoch dauerte es tausende Jahre bis nur wenige Zentimeter davon entstanden.

Vor vierhundert Millionen Jahren konnten sich die Pflanzen durch die Wurzeln von den Ufern entfernen. Diese Invasion des Landes hatte auch Auswirkungen auf alle anderen Lebensformen. Nun kamen auch Tiere aufs Land. Eine der ersten Arten waren die Pfeilschwanzkrebse, die durch ihre lungenhaften Kiemen tagelang an Land bleiben konnten, wenn ihre Kiemen feucht blieben. Auch Amphibien und Insekten gingen an Land. Das war ihnen durch den Sauerstoff in der Atmosphäre möglich.

Als der Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre vor dreihundertsechzig Millionen Jahren stark abnahm, hatten jene mutierten Pflanzen mit Blättern einen evolutionären Vorteil. Die Blätter verhundertfachten die Oberfläche der Pflanzen, wodurch sie ihre Kohlenstoffdioxidaufnahme maximieren konnten. Die mikroskopisch kleinen Blattöffnungen auf der Blattunterseite (Stomata) unterstützten die Aufnahme zusätzlich. Außerdem sorgten die wasserundurchlässige Kutikula und die Blattöffnungen dafür, dass die Abgabe von Wasser reguliert wird.

In dieser Zeit entwickelten sich die ersten tropischen Wälder und der Sauerstoffgehalt in der Luft war fast doppelt so hoch wie heute. Das hat vor allem Auswirkungen auf Insekten, da diese über ein Trachensystem atmen. So werden die Organe über Luftkanäle mit Sauerstoff versorgt, wodurch die Größe der Tiere vom Sauerstoffgehalt in der Luft abhängig ist. Durch den hohen Sauerstoffgehalt, waren sie damals um einiges größer als heute.

Vor 235 Millionen Jahren lebten etwa 700 Dinosaurierarten, von denen zwei Drittel Pflanzenfresser waren. Diese wurden zu einer Gefahr für die Pflanzenwelt, so dass diese mit der Zeit Gifte und Stacheln zur Verteidigung entwickelten. Die Blüten entwickelten sich vor 150 bis 65 Millionen Jahren.

3. Fotosynthese

Wie man sieht war die Fotosynthese, die treibende Kraft, welche die Entwicklung des Lebens auf der Erde erst ermöglicht hat.

Auch noch heute ist sie der Grundbaustein des Lebens auf der Erde.

Bei der Fotosynthese stellen Pflanzen mit Hilfe von Lichtenergie aus Wasser und Kohlenstoffdioxid Glukose her. Fotosynthese dient zum Wachstum und der Herstellung aller pflanzlichen Produkte. So wird auch die Nahrungsgrundlage für Tier und Mensch geschaffen. Die grünen Blätter der Pflanze sind dünn und haben eine große Oberfläche, sodass die Aufnahme von Licht begünstigt wird. Zum größten Teil findet die Fotosynthese im Palisadengewebe (Abbildung 3) der Blätter statt, da diese länglichen Zellen viele Chloroplasten beinhalten.

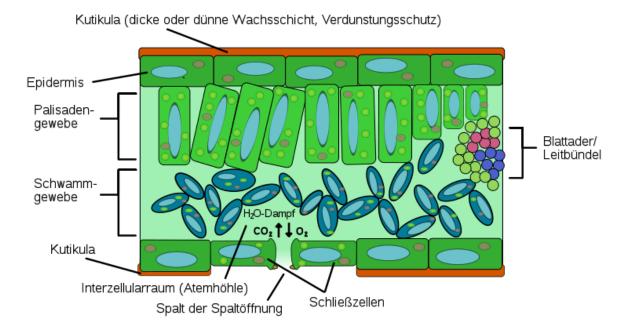


Abbildung 3: schematische Darstellung eines Blattquerschnittes, Quelle: Wikipedia/H McKenna

Die Chloroplasten sind etwa vier bis zehn Mikrometer groß und es befinden sich zwischen 10 bis 50 in einer Pflanzenzelle. Sie haben als Hülle zwei Biomembranen und im Inneren befindet sich Stroma, welches von der Thylakoidmembran durchzogen wird. Diese lagert sich geldrollenartig zu Thylakkoidstapeln übereinander, welche man "Grana" nennt. In diese sind verschiedene Pigmente in Form von Fotosystemen eingelagert. Pigmente sind Moleküle, die Licht adsorbieren können (Abbildung 4).

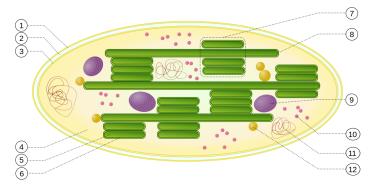


Abbildung 4: schematische Abbildung eines Chloroplasten, Quelle: Wikipedia/SuperManu

Legende zum Aufbau eines Chloroplasten

- 1. äußere Membran
- 2. Intermembranraum
- 3. innere Membran (1+2+3: Hülle)
- 4. Stroma
- 5. Thylakoidlumen (im Innern des Thylakoids)
- 6. Thylakoidmembran
- 7. Granum (Granalamelle)
- 8. Thylakoid (Stromalamelle)
- 9. Stärke
- 10. plastidäres Ribosom
- 11. plastidäre DNA
- 12. Plastoglobulus (kugelförmige Struktur aus Lipiden; pl.: Plastoglobuli)

Die Fotosysteme bestehen aus einem Chlorophyll-a-Molekül und einem Elektronenakzeptor als Reaktionszentrum. Darum befinden sich Antennenpigmente, bei denen es sich um Chlorophyll-b-Moleküle und Carotinoide handelt.

Die Fotosynthese ist in eine Lichtabhängige und eine lichtunabhängige Reaktion unterteilt.

Bei der lichtabhängigen Reaktion regt ein Photon ein Antennenmolekül an. Die Energie wird über die benachbarten Pigmente zum Chlorophyll-a-Molekül im Reaktionszentrum übertragen. Dieses angeregte Molekül gibt dann zwei Elektronen an einen primären Elektronenakzeptor ab.

Es gibt zwei Fotosysteme, Fotosystem 1 und Fotosystem 2. Die Ziffern beziehen sich auf die Abfolge der Entdeckung. Das Fotosystem 1 besitzt ein Chlorophyll-a-Molekül,

das am besten Licht von 700 Nanometer Wellenlänge absorbiert. Beim Fotosystem 2 ist es eines, das bei 680 Nanometer am besten absorbiert.

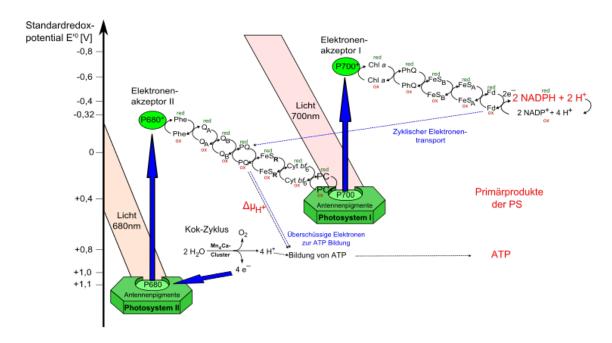


Abbildung 5: zeigt die lichtabhängige Reaktion, Quelle: Wikipedia/Lanzi

Bei der lichtabhängigen Reaktion wird zuerst das Fotosystem 2 angeregt und gibt seine Elektronen an die Elektronentransportkette ab. Seine Elektronen erhält es durch die Fotolyse des Wassers, bei der auch Sauerstoff als Abfallprodukt und H⁺ Ionen entstehen. Die Elektronen durchlaufen Redoxsysteme, wodurch Energie abgegeben wird. Diese Energie ist wichtig um einen Protonengradient aufzubauen, indem die H⁺ Ionen vom Stroma in die Thylakloide gepumpt werden. Der entstandene Protonengradient ist für die ATP-Bildung wichtig. Das Fotosystem 1 bekommt die Elektronen aus der Elektronen-Transportkette. Diese Elektronen gibt es im angeregtem Zustand auch an eine Elektronen-Transportkette ab. Diese Elektronen Reagieren mit NADP+ +2H+ zu NADPH+ H+ (Abbildung 5).

Die Produkte ATP und NADPH+ H⁺ werden in der lichtunabhängigen Reaktion, auch Calvin-Zyklus genannt, zur Glukose-Bildung gebraucht.

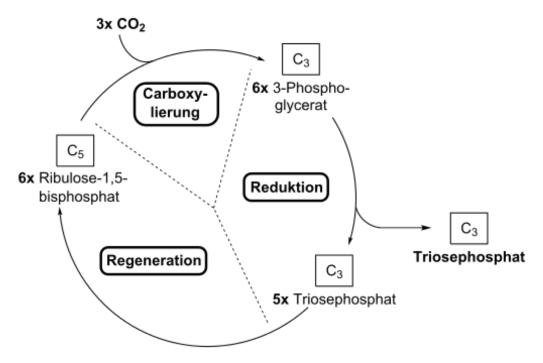


Abbildung 6: zeigt den Calvin-Zyklus, Quelle: Wikipedia/Yikrazuul

Der Calvin-Zyklus kann in drei Abschnitte unterteilt werden. Diese Abschnitte sind "die Phase der Regulation CO₂-Akzeptors", "die Phase der Kohlenstofffixierung" und "die Phase der Reduktion und der Bildung von Glukose". In der ersten Phase wird aus Ribulose-5-phosphat, unter ATP Aufwendung, Ribulose-1,5-bisphosphat gebildet. Ribulose-1,5-bisphosphat ist ein sogenannter CO²-Akzeptor und bindet in der zweiten Phase, mit Hilfe des Enzyms Rubisco, das CO₂ an sich. Dadurch entstehen zwei Moleküle 3-Phosphatglycerat aus dem instabilen C6-Körper. In der letzten Phase werden die zwei 3-Phosphatglycerat Moleküle durch ATP auf ein höheres Energieniveau gebracht. Diese zwei 1,3-Bisphosphatglycerat Moleküle werden nun, durch Elektronen des NADPH+ H+, zu Glukose umgewandelt (Abbildung 6).

Damit ein Glukose-Molekül entstehen kann muss der Calvin-Zyklus sechs Mal durchlaufen werden.

Fotosynthese ist also nicht nur wichtig um Sauerstoff zu produzieren, sondern auch um das für alle Lebewesen überlebenswichtige Glukose-Molekül zu bilden.

4. Welche Auswirkungen der Mond auf unser Klima hat

Unser Mond, der auch Trabant der Erde genannt wird, beeinflusst nicht nur die Gezeiten der Meere. Er nimmt auch Einfluss auf unser Klima und hält es stabil.

Dies tut er indem er durch seine Anziehungskraft die Erdrotation verlangsamt. Ohne den Mond würde sich die Erde innerhalb von acht Stunden um sich selbst drehen. Das würde nicht nur verkürzte Acht-Stunden-Tage nach sich ziehen, sondern auch starke Stürme, die mit bis zu fünfhundert km/h schnell wehen würden.

Zudem würde sich der Neigungswinkel der Erde ohne den Mond ständig verändern. Der Mond hält diesen konstant bei etwa 22 bis 25 Grad, ohne seine Anziehung würde der Neigungsgrad von 0 bis 85 Grad schwanken und die Erde würde alle Millionen Jahre kippen. Dies liegt daran, dass die Erde nicht nur von der Sonne, sondern auch von den größeren Planeten unseres Sonnensystems (Saturn und Jupiter) angezogen wird. Der Mond sorgt also durch seine Anziehungskraft dafür, dass die Erde in einem konstanten Neigungsgrad bleibt. Dies ist für das Klima extrem wichtig, da es sonst nicht stabil bleiben könnte. Mal würde die Erde unter einer Eisschicht verschwinden und mal würde es sehr heiß sein. Außerdem ginge die Sonne bei Hitze lange nicht unter und bei Eiseskälte nicht auf.

Man kann also sagen, dass der Mond maßgeblich war, damit sich auf der Erde Leben entwickeln konnte.

5. Satellitenbilder der Erde

Satellitenbilder werden von der Erde aus ganz verschiedenen Gründen gemacht. Einerseits dienen sie zur Wettervorhersage und wir sehen sie tagtäglich im Fernsehen. Durch Satellitenbilder wird unser persönliches Leben leichter, aber auch die Seefahrt, der Straßenverkehr und der Flugverkehr werden sicherer. Andererseits werden sie zur Forschung genutzt. Dazu gehören die Bereiche Naturgefahren-Überwachung und Klimawandel-Studien. Erstere sind vor Allem für die Frühwarnung und dadurch die Rettung von Menschenleben wichtig. Letztere sind ein erster Schritt sind, um dem Klimawandel entgegenzuwirken.

Durch neuartige Sensoren gibt es sehr viele neue Möglichkeiten, im Bezug auf die Erkennung der Beschaffenheit der Erdoberfläche. Dadurch wird es einfacher Veränderungen in der Vegetation wahrzunehmen, die durch eine veränderte Landnutzung, den Klimawandel oder Naturkatastrophen ausgelöst werden können.

Eine andere Möglichkeit sind die Beobachtung und Erforschung von Wildfeuern, Hochwasser und Hitzewellen, welche alle Auswirkungen auf unser soziales Leben und auf die Politik haben können. Zudem können Urban Heat Islands (UHI) erkannt werden, d. h. die Anzeige von Metropolen, die wärmer als ihre Umgebung sind.

All diese Beobachtungen der Natur geben uns die Möglichkeit zu verstehen, wie die verschiedenen Phänomene entstehen und inwieweit wir sie beeinflussen und voraussagen können.

So stecken hinter den Satellitenbildern nicht nur ökonomische Interessen sondern auch politische. Brasilien beispielsweise nutzt Satellitenbilder zur Überwachung des Zustandes des tropischen Regenwaldes. So können sie schneller auf illegale Abholzung reagieren.

5.1. EUMETSAT

Die Satellitenbilder, die von Europa gemacht werden stammen von der Organisation EUMETSAT.

EUMESAT leitet sich aus dem Englischen "<u>Eu</u>ropen Organisation for the Exploitation of <u>Met</u>eological <u>Sat</u>ellites" ab. EUMETSAT ist also die europäische Organisation zur Nutzung von meteorologischen Satelliten.

Die Organistation hat ihren Sitz in Darmstadt und betreibt die Meteosat- und MetOp- Wettersatelliten und den Satelliten Jason-2.

EUMETSAT besteht aus 30 Mitgliedsstaaten und einem Kooperationsstaat (Abbildung 7) und die Amtssprachen sind Englisch und Französisch.



Abbildung 7: zeigt die Mitgliedsstaaten und den Kooperationsstaat von EUMETSAT Quelle: Wikipedia/Ssolbergj

Gegründet wurde EUMETSAT 1986, nachdem auf der Regierungskonferenz von

1981 beschlossen wurde, dass eine Organisation benötigt wird, die sich vollständig auf die Nutzung von Meteosat-Satelliten konzentriert.

Der erste Meteosat-Satellit wurde schon 1977 von der European Space Agency (ESA) in Betrieb genommen. Diese hieß zu dem Zeitpunkt noch European Space Resaerch Organisation (ESRO). Am 11. November1995 wurden dann die Kontrolle über alle Meteosat-Satelliten an EUMETSAT abgegeben.

Die Bilder, welche die Satelliten machen, werden zur Wettervorhersage genutzt, aber auch längere Messungen zur Klimabeobachtung und zur Klimaerwärmung werden durchgeführt. Ein weitere Aufgabe ist es Meteorologen, durch die Beobachtung von Wetter, Klima, Atmosphäre und Ozeanen, dabei zu helfen Katastrophen vorauszusagen und somit Warnungen herauszugeben, die Leben retten können.

5.1.1. Meteosat

Meteosat aus dem Englischen "<u>Meteo</u>ological <u>sat</u>ellites" bezeichnet die geostationären Wettersatelliten der EUMETSAT.

Es gibt mittlerweile drei Generationen von Satelliten. Alle Satelliten gehören zu einem Wettersatelliten-System, welches die ganze Erde umspannt.

Die Satelliten senden mit nur kurzen Unterbrechungen Wetterinformationen. Die Satelliten sind geostationär, was bedeutet, dass ihre Umlaufbahn 36.000 km über dem Äquator ist und sie sich in der gleichen Geschwindigkeit, wie die Erde mitbewegen. Sie befinden sich also immer über dem gleichen Punkt der Erdoberfläche. Geostationäre Satelliten können ca. ein Viertel der Erdoberfläche überwachen.

Im Moment sind fünf Satelliten aktiv.

Tabelle: Aktuelle Meteosat-Satelliten © EUMETSAT

SATELLITE	LIFETIME	POSITION	SERVICES
Meteosat- 11 (MSG)	15/07/2015 – tbc	In orbit storage	n/a
Meteosat- 10 (MSG)	05/07/2012 – Nominal fuel lifetime is until 2022	0°/36,000 km	0° SEVIRI Image Data. Real-time Imagery. Data Collection Service
Meteosat-9 (MSG)	22/12/2005 – Fuel lifetime is expected to be extended until 2021	9.5° E/36,000 km	Rapid Scan Service from 9 April 2013. Real-time Imagery
Meteosat-8 (MSG)	28/08/2002 – Fuel lifetime is expected to be extended until 2019	3.5° E/36,000 km	Backup service for 0°, plus RSS from 9 April 2013
Meteosat-7 (MFG)	02/09/1997 (IODC since 01/11/2006) – 2016	57° E/36,000 km	Indian Ocean Coverage. Real-time Imagery. Date Collection Service

Der Meteosat-Satellit Meteosat-10 wurde 2012 vom Raumfahrtzentrum Guayana in Kourou ins Leben gerufen. Er ist der wichtigste betriebene geostationäre Satellit und liefert alle 15 Minuten Bilder. Auf der Hauptposition 0° über dem Äquator, erledigt er alle Meteosat-Aufgaben.

Der Meteosat-Satellit Meteosat-9 bietet den sogenannten Rapid Scanning Service seit 2013 und liefert alle fünf Minuten Bilder von Teilen von Europa, Afrika und den angrenzenden Ozeanen. Seie Position liegt bei 9,5° Ost.

Meteosat-8 steht auf der Position 3,5° Ost und dient als Backup für die beiden Satelliten.

Er liefert alle fünf Minuten ein Multispektralbild von Europa und vom Norden Afrika. Meteosat-7 ist der letzte Satellit der ersten Generation und wird auf 57° Ost über dem Indischen Ozean betrieben. Er füllt dort eine Datenlücke bis 2017. Zusätzlich empfängt er Meldungen über das Tsunami-Warnsystem und leitet diese weiter.

5.1.2. Infos zur zweiten Generation

Die Satelliten der zweiten Generation liefern ungefähr 20 Mal mehr Daten als die erste Generation, nutzen 12 unterschiedliche Spektralbereiche und auch die Bildqualität hat sich deutlich verbessert.

Von den 12 Beobachtungskanälen nehmen drei im sichtbaren Bereich des Lichtes auf bei 0,6 μ m, 0,8 μ m und einer als Breitband-Hochauflösungskanal von 0,4-1,1 μ m, einer im nahen Infrarotem bei 1,6 μ m, einer im Grenzbereich zwischen kurz- und langwellig bei 3,9 μ m, zwei im Infrarotem Bereich, in dem die Absorption von Wasserstoff in der Atmosphäre besonders stark ist bei 6,3 μ m und 7,2 μ m, drei im Infrarotem bei zur Bestimmung von der Wolken- und der Meeresoberflächentemperatur bei 8,7 μ m, 10,8 μ m und 12 μ m und zwei bei um die Absorption von Ozon bei 9,7 μ m und Kohlenstoffdioxid bei 13,4 μ m.

Meteosat-Satelliten sind mit rotationsstabilisierten Instrumenten ausgestattet, um permanent Bilder im infraroten und im sichtbaren Bereich zu liefern.

Die Satelliten drehen sich 100 Mal in der Minute um die eigene Achse, welche parallel zur Erdachse ausgerichtet ist. Dabei tastet er die Erdoberfläche von Süden nach Norden hin ab. Das dauert 13 Minuten. Dadurch entsteht ein Rohbild, das die gesamte dem Satelliten zugewandte Erdoberfläche zeigt. Zum zurückstellen des Spiegelsystems braucht der Satellit zwei Minuten. So kann er alle 15 Minuten ein Rohbild an die Erde schicken.

Beim Rapid-Scan Service wird nur ein Drittel der Erdoberfläche gescannt, sodass alle fünf Minuten ein Bild zur Verfügung steht.

5.1.3. Aufbau

Die Satelliten der zweiten Generation bestehen aus einem Zylinder, der 2,4 m hoch ist und einen Durchmesser von 3,2 m hat. Oben befinden sind die Kommunikationssysteme und unten die Steuerungselemente. In der Mitte ist das Radiometer. Die verschiedenen Antennensysteme sind im oberen Zylinderbereich angebracht. Insgesamt wiegt der Satellit eine Tonne. Die Oberfläche hat eine Öffnung hinter der ein Spiegelsystem Steckt.

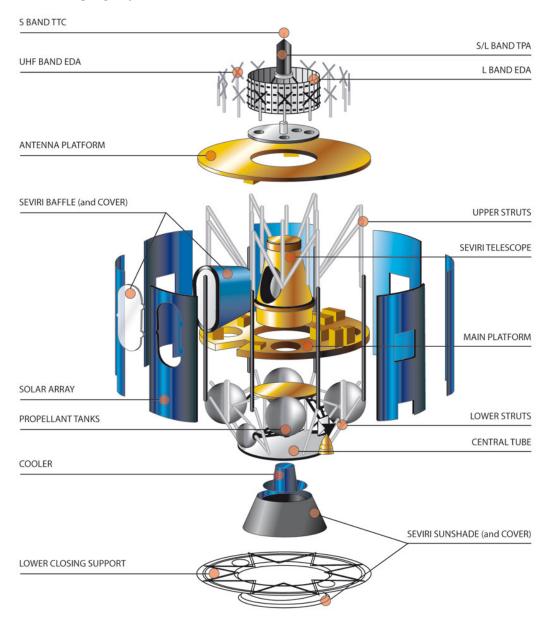


Abbildung 8: zeigt den Aufbau der Satelliten der zweiten Generation © EUMETSAT

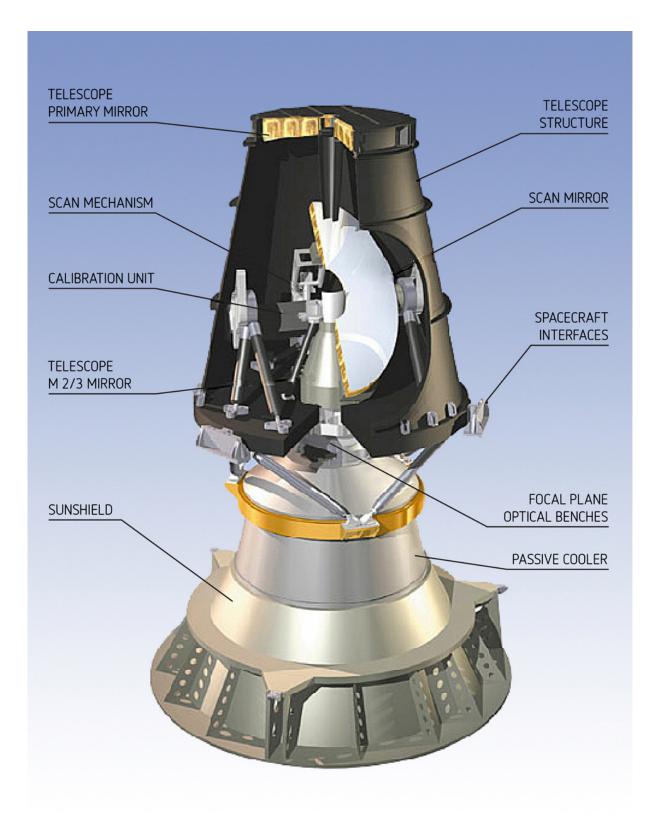


Abbildung 9: zeigt den Aufbau von SERIRI © EUMETSAT

Dieses System schickt die ankommende Strahlung zum Radiometer, welches auch SEVIRI genannt wird. SEVIRI steht dabei für "Spinning ebhanced visible and infrared imager". Die Antennen senden die aufgenommenen Daten an die Erde. In Darmstadt werden diese aufbereitet und über den Telekommunikationssatelliten Eutelsat 10A zu allen Nutzern weitergeleitet.

5.2. Bilder der Erde

Durch verschiede Zusammensetzung der Kanäle kann man beispielsweise verschiedene Wolkenarten oder Schneeflächen erkennen. Mit den Kanälen aus dem infraroten Bereich kann man Wärmebilder herstellen, die beispielsweise die schon angesprochenen UHIs zeigen. Dabei wird das Kalte hell dargestellt und das Warme dunkel. Echtfarbbilder zeigen die Erde so wie wir sie auch mit dem bloßen Auge sehen würden, dafür benutzt man die Kanäle aus dem sichtbaren Bereich des Spektrums. Es besteht die Möglichkeit Bilder im Nachhinein einzufärben, allerdings gehen dadurch Informationen verloren. Bilder, die aus den Kanälen mit dem sichtbaren Bereich der Wellenlängen gemacht werden, können nur tagsüber aufgenommen werden, da der Satellit dabei auf das von der Oberfläche reflektierte Licht reagiert.

Echtfarbbilder sind eine Möglichkeit um zu zeigen, wie die Oberfläche des Planeten farblich aussieht. Um diese zu erstellen, benutzt man die Grauwertbilder aus Kanälen, die die sichtbaren Wellenlängen aufnehmen, und setzt sie zu einem Bild zusammen. Dabei gibt das Bild, des blauen Kanals, die blaue Farbe wieder, das Bild, des roten Kanals, die rote Farbe und das Bild, des grünen Kanals, die grüne Farbe. Diese drei zusammen ergeben ein Bild, dass die Erde in den Farben zeigt wie wir sie mit bloßen Augen auch wahrnehmen.

Jedes Pixel nimmt dabei die Farbe der am intensivsten reflektierten Wellenlänge an.

Die Rohbilder aus den sichtbaren Kanälen kann man nur tagsüber und nur bei hohem Sonnenstand erhalten, da der Satellit bei diesen das von der Oberfläche reflektierte Sonnenlicht aufnimmt.

5.3. Spektren der Oberflächen

Um herauszufinden, was man auf der Erde sieht muss man sich die Spektren der Objekte anschauen. Ein einfaches Echtfarbbild zeigt uns nur die Farben der Oberflächen. Wir können daraus nur schlussfolgern, dass es sich bei blauen Oberflächen um Wasser handelt, bei grünen um Vegetation etc., weil wir wissen wie die Objekte aussehen.

Um aber wirklich etwas über die Objekte zu erfahren muss man sich die Spektren ansehen, da diese bei jedem Objekt unterschiedlich sind. Außerdem zeigt es uns auch im nichtsichtbaren Bereich Aspekte, die wir mit bloßem Auge nicht sehen können.

Dazu muss man wissen, dass Objekte das Sonnenlicht entweder reflektieren, absorbieren oder transmittieren. Das sichtbare reflektierte Licht ist der Grund warum wir die Objekte sehen können und die Zusammensetzung der verschiedenen reflektierten Wellenlängen bestimmt die Farbe.

Die verschiedenen Reflektionswerte von verschiedenen Objekten über die Wellenlängen des Lichtes werden spektrale Signaturen genannt.

Diese helfen bei der Fernerkundung, da Objekte mit ähnlichen Eigenschaften ähnliche spektrale Signaturen aufweisen.

5.3.1. Absorption der Atmosphäre

Die Absorption der Atmosphäre spielt für das Leben auf der Erde eine große Rolle, da sie beispielsweise die schädliche UV-Strahlung zu großen Teilen nicht bis zur Erdoberfläche durchlässt.

So wird ein Teil der Sonnenstrahlung von der Atmosphäre absorbiert oder reflektiert oder von den Wolken reflektiert

Die verschiedenen Gase der Atmosphäre absorbieren alle verschiedenen Wellenlängen unterschiedlich stark oder schwach.

Sauerstoff absorbiert sehr stark bei UV-Licht und schwach bei sichtbarem Licht.

Ozon absorbiert bei UV-Licht und bei Infrarot bei der Wellenlänge 9,7 µm.

Wasserdampf absorbiert im Infraroten bei den Wellenlängen 2,7 μ m, 6-7 μ m und >20 μ m und schwach beim sichtbaren Bereich.

Kohlenstoffdioxid absorbiert in Infrarotem bei 2,7 μ m, 4,3 μ m und 15 μ m.

Die Bereiche, in denen die Atmosphäre die Sonnenstrahlung nur gering gedämpft durchlässt, sind bei 0,3 μ m, 0,7-1 μ m und 10 μ m. Diese Bereiche werden auch atmosphärische Fenster genannt.

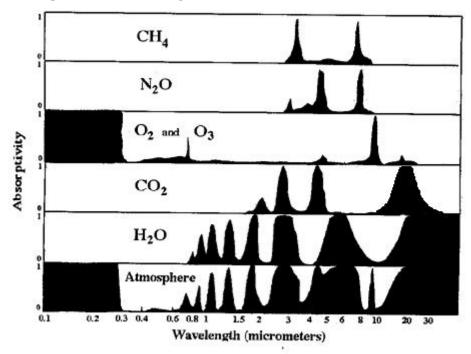


Abbildung 10: zeigt die Absorption, der einzelnen Gase der Atmosphäre, und unten die Absorption der Atmosphäre und die dadurch entstehenden Fenster Quelle: Wikiversity/Dr. Adolf Rasch

Dies sind die Bereiche, in denen die Satelliten die Erdoberfläche beobachten.

5.3.2. Reflektionsspektrum Vegetation

Da die Vegetation hauptsächlich reflektiert oder absorbiert, kann man die Transmission vernachlässigen. Die Einbrüche bei Reflektionsspektren der Vegetation zeigen also die Absorption bei diesen Wellenlängen.

Charakteristisch für die Vegetation ist die rote Kante. Diese zeigt sich durch die starke Absorption beim sichtbaren roten Bereich und die starke Reflektion im nahen infraroten Bereich des Spektrums.

Der sichtbare Bereich des Vegetationsspektrums ist durch die Pigmente in den grünen Blättern bestimmt. Das grüne Chlorophyll absorbiert sehr stark im sichtbaren Bereich und hat sein Reflektionsmaximum im grünen Bereich. Vor allem im sichtbaren rotem Bereich (0,6-0,7 μ m) absorbiert es sehr stark. Im nahen Infrarot reflektiert die Vegetation durch die Blattstrukturen sehr stark. Die Reflektion in diesem Bereich ist bei Vegetation stärker als bei anorganischen Stoffen. Die Absorption im mittleren Infrarot (1,3-2,5 μ m) kommen durch Wasser, Cellulose, Lignin und andere biochemische Bestandteile zu Stande.

Wenn dort Abweichungen auftreten, kann man erkennen ob die Vegetation beispielsweise durch Trockenheit gestresst ist.

Die Vegetation absorbiert also stark im sichtbaren Bereich mit einem Höhepunkt der Reflektion im grünem Bereich und reflektiert stark im nahen Infrarot und zeigt charakteristische Einbrüche in der Reflektion durch die Absorption von Wasser.

5.3.3. Reflektionsspektrum nicht bewachsener Flächen

Das Reflektionsspektrum von nicht bewachsenen Flächen wird weniger von den Wellenlängen beeinflusst als vom Feuchtigkeitsgehalt, der Bodenbeschaffenheit, der Oberflächenrauheit, den Eisenoxiden und organischen Stoffen.

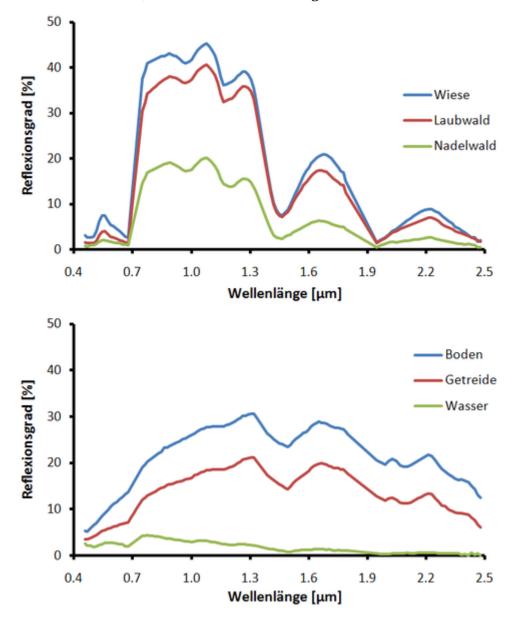


Abbildung 11: zeigt die Reflektionsspektren verschiedener Objekte, Quelle: Wikipedia/HenningB

6. Exoplaneten

Exoplanet ist die Kurzform für Extrasolarer Planet. Dies sind Planeten, die sich außerhalb der Gravitation unserer Sonne befinden, also Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. Exoplaneten kreisen um andere Sterne oder Braune Zwerge. Allerdings gibt es auch Planeten, die sich frei in der Milchstraße bewegen und sich nicht um einen Stern drehen, diese werden "Waisen Planeten" genannt.

Da dies Orte von möglichem Leben sind, wird nach ihnen vermehrt gesucht.

6.1 Nachweismethoden

Da Planeten nicht wie Sterne strahlen, ist es schwieriger sie wahrzunehmen. Es gibt trotzdem Möglichkeiten, auf ihre Existenz zu schließen. Die beiden Nachweismethoden die ich aufführe, sind deshalb wichtig, da man durch diese auch die Masse und den Radius der Planeten bestimmen kann und sie für die Untersuchung der Planetenatmosphären wichtig sind.

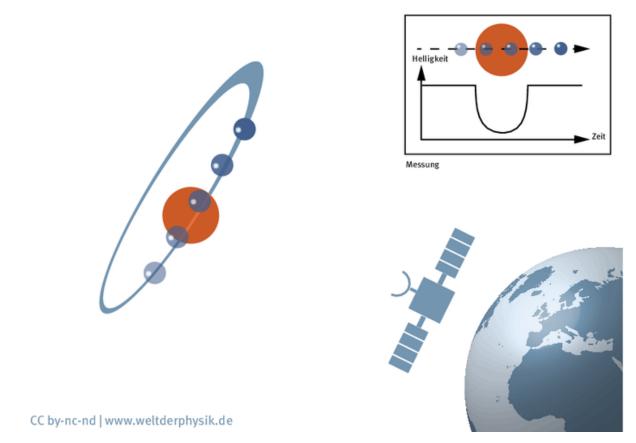
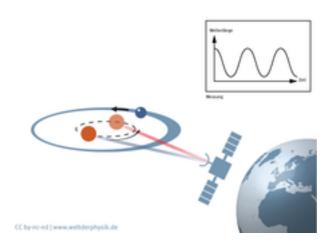


Abbildung 12: zeigt die Transitmethode, Quelle: Welt der Physik

Eine ist die Transitmethode, bei der eine periodische Verdunklung des Zentralsterns auftritt. Immer wenn sich der Planet zwischen seinem Fixstern und der Erde bewegt, kommt weniger Licht auf der Erde an, wodurch sich der Stern "verdunkelt". Dies ist mit dem bloßen Auge aber nicht sichtbar. Es kann von terrestrischen Teleskopen aufgenommen werden oder durch Satelliten. Wenn man allerdings von der Erde aus beobachtet, beeinträchtigt die Erdatmosphäre die Beobachtung durch Extinktion und Szintillation. Die Szintillation wird durch Luftunruhen hervorgerufen und lässt die Sterne funkeln. Diese Helligkeitsschwankungen können allerdings stärker sein als die Transitsignale und sie so überdecken. Um dies zu korrigieren, richtet man das Teleskop auf eine Gruppe von Sternen von ähnlicher Helligkeit und Farbe. Die Atmosphäre hat die gleichen Auswirkungen auf diese, was es wieder ermöglicht, die leichte Verdunklung durch einen Transit aufzunehmen. Diese Sterne werden auch Referenzsterne genannt. Ein weiterer Nachteil bei dieser Methode bei der Beobachtung von der Erde aus ist der Tag-Nacht-Rhythmus. Die Transits, die sich auf der Tagseite der Erde abspielen, kann man nicht wahrnehmen. Die Beobachtung von Satelliten aus ist also wesentlich einfacher. Durch diese Methode kann, bei bekannter Größe des Fixsterns, auch der Radius der Planeten bestimmt werden.

die Die Zweite Möglichkeit Radialgeschwindigkeitsmethode. Der Planet, der um den Stern dreht, beeinflusst diesen durch seine Gravitation, so dass dieser anfängt um den gemeinsamen Schwerpunkt zu "eiern". Durch diese leichte Bewegung kann man bei bekannter Sternmasse auch annähernd eine Untergrenze für Abbildung 13: zeigt die Radialgeschwindigkeit Quelle: die Planetenmasse bestimmen.



Welt der Physik

Im Spektrum macht sich die Bewegung bemerkbar, da Licht zu kleinen Wellenlängen verschoben wird, wenn sich der Stern auf uns zubewegt und in längere Wellenlängen, wenn er sich wegbewet.

6.2. Klassifikationen

Es gibt verschiedene Klassifikationen für Exoplaneten, aber für die Frage ob erdähnliches Leben auf Exoplanetn existieren könnte, ist vor allem die Einteilung in Gesteinsplaneten und Gasriesen bzw. Gasplaneten wichtig. Diese Klassifikation ist am Aufbau der Solaren Planeten angelehnt.

Um die Exoplaneten in Gesteinsplaneten und Gasplaneten bzw. Gasrieden einzuteilen, muss man die Dichte bestimmen. Man kann anhand der Dichte auf den Aufbau der Planeten schließen, da Gesteinsplaneten eine höhere Dichte als Gasplaneten besitzen.

Dichte der Planeten in Gramm je Kubikzentimeter

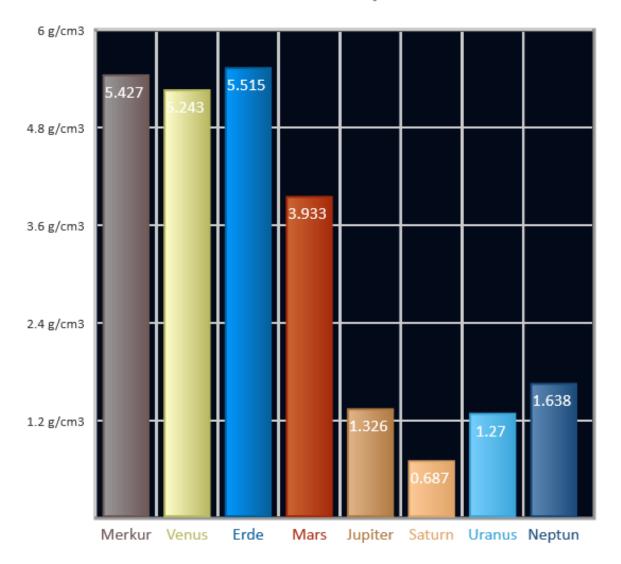


Abbildung 14: zeigt die verschieden hohen Dichten der solaren Planeten

Quelle: https://astrokramkiste.de/images/diagramme/dichte_planeten.png

Allerdings ist es manchmal nicht möglich die Dichte der Planeten zu bestimmen, da die Messverfahren ungenau sind. Das ist der Grund warum es weitere Klassifikationen gibt, die sich beispielsweise auf die chemische Zusammensetzung beziehen.

Die Dichte eines Planeten wird durch Massen- und Radienmessungen ermittelt.

6.2.1. Gasplaneten

Die Gasplaneten und Gasriesen sind große, aus leichten Elementen wie Helium und Wasserstoff bestehende Planeten, die schnell rotieren.

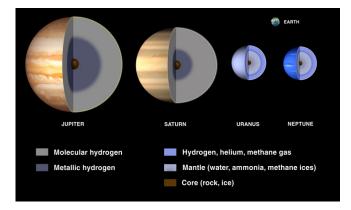


Abbildung 15: Aufbau der solaren Gasplaneten

Quelle:NASA

Die Gasriesen sind vom Aufbau her jupiterähnlich und werden, wenn sie sich nahe dem Fixstern befinden, "Hot Jupiters" genannt.

Die Gasplaneten dagegen sind vom Aufbau eher Neptun ähnlich und werden wenn sie sich nahe dem Fixstern befinden, "Hot Neptuns" genannt.

6.2.2. Gesteinsplaneten

Die Gesteinsplaneten sind feste erdähnliche Planeten, die auch terrestrisch genannt werden. In unserem Sonnensystem gehören zu den terrestrischen Planeten unter anderem Merkur, Venus und Mars.

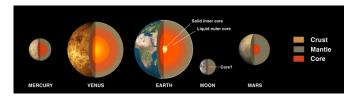


Abbildung 16:Schalenaufbau der solaren Planeten

Quelle: NASA

Diese Planeten besitzen einen Schalenaufbau. Sie haben meistens einen Eisenkern, einen Mantel aus Silikaten und Oxiden und eine dünne Kruste, die mit Elementen angereichert ist. In den meisten Fällen besitzen sie eine Atmosphäre und wie im Fall der Erde eine Hydrosphäre, also Ozeane.

Die Planeten ähneln in Durchmesser, Masse und Dichte der Erde. Die Dichte der Erde liegt bei ungefähr vier bis sechs g/cm³. Durch die relativ hohe Dichte rotieren die Planeten langsamer.

6.3. Habitable Zone

Die habitable Zone wird auch "grüne Zone" oder "Lebenszone " genannt. Sie ist der Abstandsbereich um den Fixstern, in dem Leben möglich wäre, weil dort genau die richtige Temperatur herrscht, damit dauerhaft flüssiges Wasser vorhanden sein kann. Diese Bedingung ist für die Entstehung von erdähnlichem Leben wichtig, da Wasser als Lösungsmittel für biochemische Reaktionen dient. Am äußeren Rand der Zone wäre es zu kalt und das Wasser würde gefrieren, am inneren Rand wäre es zu heiß und das Wasser würde verdampfen.

Der wichtigste Parameter ist also die Oberflächentemperatur.

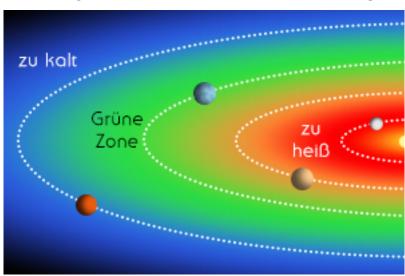


Abbildung 17: schematische Darstellung einer habitablen Zone

Quelle: Astrokiste

Die habitale Zone liegt bei jedem Stern und jedem Planeten anderes, da es sowohl auf die Strahlungsintensität des Fixsternes Ankommt, als auch auf die Dicke der Atmosphäre des Planeten.

Bei Fixsternen, die schwächer strahlen, ist die habitable Zone näher und auch schmaler. Bei Fixsternen, die stärker strahlen, ist sie weiter entfernt und auch breiter.

Wenn man davon ausgeht, dass der Planet eine Atmosphäre wie die Erde besitzt, das heißt, dass die Dichte und der Aufbau vergleichbar sind, und der Planet so eine Durchschnittstemperatur entsprechend der Erde besitzt, kann man den Durchschnittsradius der habitablen Zone berechnen. Die Gleichung dafür lautet:

$$d[AE] = \sqrt{L_{stern}/L_{sonne}}$$

wobei

d ist der Durchschnittsradius der bewohnbaren Zone in AE, $L_{\mathrm stern}$ ist die bolometrische Leuchtkraft eines Sternes, und $L_{\mathrm sonne}$ ist die bolometrische Leuchtkraft unserer Sonne.

Gleichung 18: zur Berechnung des Durchschnittsradius der habitablen Zonen bei gleicher Atmosphäre wie Erde

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Habitable_Zone

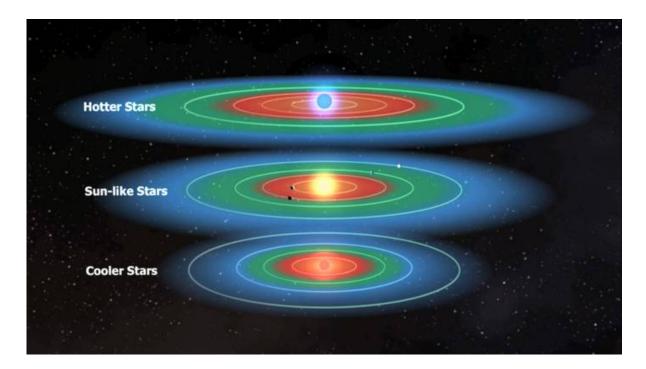


Abbildung 19: habitable Zonen um drei verschiedene Sterne Quelle:NASA

Die Abbildung zeigt wie weit die habitable Zone bei Sternen mit verschieden starker Leuchtkraft im Vergleich zu unserem Sonnensystem in der Mitte entfernt ist. Zudem gibt es noch habitable Zonen die sich nicht auf Klima und das Vorkommen von flüssigem Wasser beziehen. Bei diesen wird auf das kosmische Alter, den Bereich der Galaxie, in der sich der Planet befindet oder auf die UV-Strahlung geachtet.

Bis jetzt (Stand: 5. Mai 2016) ist bei vier Planeten bestätigt, dass sie in der habitablen Zone ihres Sternes liegen. Diese sind Kepler 22b, Kepler-186f, Kepler-452b und Gliese 581 c. Wobei laut Modellrechnungen Gliese 581 c zu starker UV-Strahlung von seinem Stern ausgesetzt ist und deshalb nicht mehr als habitabler Planet angesehen wird.

Die NASA hatte Anfang 2011 noch vorläufige Beobachtungsdaten veröffentlicht, nach denen 50 weitere Planeten in der habitablen Zone ihres Sternes liegen könnten.

Um die Eigenschaften und Habitabilität von Exoplaneten besser klassifizieren zu können, schlugen Forscher 2011 den Earth Similarity Index – ESI (dt. etwa Erdähnlichkeits-Index) und den Planet Habitability Index – PHI (dt. Planeten-Bewohnbarkeits-Index) vor. (Wikipedia)

6.4. ESI und PHI

Diese beiden Indexe wurden vorgeschlagen, um die Habitabilität von Exoplaneten noch besser einordnen zu können.

ESI steht dabei für "Earth Similarity Index", übersetzt Erdähnlichkeits-Index. PHI steht für "Planet Habitability Index", was übersetzt so viel heißt wie Planeten-Bewohnbarkeits-Index.

Der ESI bewertet auf einer Skala von null bis eins die Ähnlichkeit mit der Erde. Dabei hat die Erde den Wert eins und je näher der Wert der eins ist, desto ähnlicher ist ein Planet der Erde.

Berechnet wird der ESI aus der Dichte, dem Radius, der kosmischen Geschwindigkeit, und der Oberflächentemperatur.

Die Liste zeigt Faktoren, die für die potenzielle Bewohnbarkeit von Planeten wichtig sind. Die Schwerpunkte liegen dabei auf der Verfügbarkeit von Wasser, der Temperatur, dem Vorhandensein von Nährstoffen und dem Schutz vor UV-Strahlung und kosmischer Strahlung. Alle Faktoren beziehen sich auf den PHI.

Tabelle 1: Zeigt Faktoren für das Vorhandensein von Leben

Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_habitability#Spectral_class

ein paar habitable Faktoren						
	Aktivität von flüssigem Wasser					
Wasser	 Vergangene oder zukünftige Vorräte an Flüssigkeit (Eis) 					
Wassel	· Salzgehalt, pH-Wert und das Redoxpotential des vorhandenen					
	Wassers					
	Nährstoffe:					
	· C, H, N, O, P, S, essentielle Metalle, essentielle Mikronährstoffe					
	Fester Stickstoff					
chemische	Verfügbarkeit/Mineralogie					
Umwelt	Gifte, Überfluss und Letalität (Tödlichkeit):					
	- Schwermetalle (z.B. Zn, Ni, Cu, Cr, As, Cd, etc.; manche sind					
	essentiell, aber toxisch in großen Mengen)					
	Global verteilter oxidierender Boden					
	Sonne (nur Erdoberfläche und nahe der Oberfläche)					
Energie für	Geochemisch (Untergrund)					
Stoffwechsel	Oxidantien (Element, das in chem. Reaktion Elektronen aufnimmt)					
Stonweenser	• Reduktanten (Element, das Elektronen in chem. Reaktion abgibt)					
	Redoxgradient					
	• Temperatur					
	Extreme tägliche Temperaturschwankungen					
	Niedriger Druck (gibt es einen Niederdruck-Schwellenwert für					
	terrestrische Anaerobier (Lebewesen, die für ihren Stoffwechsel					
	keinen Sauerstoff brauchen) ?)					
	• Starke keimtötende UV-Strahlung					
förderliche	• Galaktische kosmische Strahlung und Solar Teilchenereignisse					
physikalische	(Langzeit akkumulierende Effekte)					
Bedingungen	• UV-induzierte flüchtige Oxidantien, z.B. O ₂ -, O-, H ₂ O ₂ , O ₃					
	• Klima und seine Variabilität (Geographie, Jahreszeiten, täglich, und					
	schließlich schiefe Variation)					
	• Substrate (Bodenprozesse, Gesteinsmikroumgebungen,					
	Staubzusammensetzung , Abschirmung)					
	• High CO ₂ -Konzentration in der globalen Atmosphäre					
	• Transport (äolisch, fließen des Grundwassers, Oberflächenwasser,					
	Gletscher)					

Eigene Übersetzung der Tabelle

Die Liste potenziell bewohnbarer Planeten beruht auf dem *Habitable Exoplanets Catalog* des *Planetary Hability Laboratory* (*PHL*) der University of Puerto Rico at Arecibo.

Ich werde nur die "konservative" Auslegung der Liste zeigen, da es bei dieser wahrscheinlicher ist, dass die Planeten wirklich Gesteinsplaneten sind und sich wahrscheinlich in der habitalen Zone ihres Fixsterns befinden.

Tabelle 2: zeigt die potenziell bewohnbaren Planeten

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_potentiell_bewohnbarer_Planeten

Name	ESI	Masse (in M _⊕)	Radius (in R_{\oplus})	T _{eq} (in °C)	Umlauf- zeit (in Tagen)	Entfernung (in Lichtjahren)	Status
Erde	1,00	1	1	-18,15	365	0	kein Exoplanet
Gliese 667Cc	0,84	≥ 3,8	1,1 – 1,5 – 2,0	-26,15	28,1	22	bestätigt
Kepler- 442b	0,84	8,2 - 2,3 - 1,0	1,3	-40,15	112,3	1115	bestätigt
Gliese 667Cf	0,77	≥ 2,7	1,0 - 1,4 - 1,8	-52,15	39,0	22	unbestätigt
Wolf 1061c	0,76	≥ 4,3	1,1 - 1,6 - 2,0	-50,15	17,9	14	bestätigt
Kepler- 1229b	0,73	9,8 - 2,7 - 1,2	1,4	-60,15	86,8	769	bestätigt
Kaptey n b	0,67	≥ 4,8	1,2 – 1,6 – 2,1	-68,15	48,6	13	unbestätigt
Kepler- 62f	0,67	10,2 - 2,8 - 1,2	1,4	-72,15	267,3	1200	bestätigt
Kepler- 186f	0,61	4,7 – 1,5 – 0,6	1,2	-85,15	129,9	490	bestätigt
Gliese 667Ce	0,60	≥ 2,7	1,0 - 1,4 - 1,8	-84,15	62,2	22	unbestätigt

Bei Masse und Radius sind die minimalen, mittleren und maximalen Werte angegeben. Letztendlich kommt es bei möglichem Leben auf anderen Planeten nicht nur auf den erdähnlichen Aufbau und auf die Lage zum Fixstern an, sondern auch auf die Größe und Strahlungsintensität des Fixsterns.

6.5 Größe der Sterne

Bei den Sternen ist nicht nur ihre Strahlungsintensität, zur Bestimmung ihrer habitablen Zone, wichtig.

Ein weiteres Kriterium, für die Entwicklung des Lebens auf Exoplaneten, ist die Größe des Zentralsterns.

Die Sterne werden nach abnehmender Temperatur in die Spektralklassen O, B, A, F, G, K, und M unterteilt. Wobei Sterne vom Typ O, B und A größere und kurzlebigere sind. Sterne vom Typ F, G, K und M sind ungefähr so groß wie oder kleiner als die Sonne. Außerdem sind sie bei weitem langlebiger, als die Sterne des Typs O, B und A.

Das ist für die Entwicklung von erdähnlichem Leben von großer Bedeutung, da davon auszugehen ist, dass diese immer mehrere Millionen Jahre dauert. Also sind Sterne die nicht älter als ein bis zwei Millionen Jahren werden für erdähnliches Leben nicht geeignet.

7. Suche nach Leben

Die Suche nach erdähnlichen Leben macht nur auf Gesteinsplaneten Sinn, die in der habitablen Zone um ihren Fixstern kreisen.

Eine Möglichkeit nach Spuren von Leben auf anderen Planeten zu suchen, ist es, die Atmosphäre nach Sauerstoff und Ozon abzusuchen, da sich diese Moleküle bilden, wenn Leben entstanden ist.

7.1. Untersuchung der Atmosphäre

Um die Atmosphäre eines Exoplaneten auf Moleküle zu untersuchen, muss man das ankommende Licht bei der Transitmethode spektroskopisch untersuchen. Während eines Transits gelangt das Licht des Sterns durch die Atmosphäre des Exoplaneten, wodurch einige Wellenlängen absorbiert werden. Vergleicht man die Spektren vor oder nach und während des Transits, kann man durch die Absorption die Moleküle in der Atmosphäre identifizieren.

Diese Untersuchungen sind allerdings schwierig, da man dafür das Licht vom Fixstern, welches durch die Atmosphäre des Planeten fällt, spektroskopisch untersuchen muss. Denn es kommt nicht sehr viel Licht auf der Erde an und das Licht, das ankommt, muss nochmal in die verschiedenen Wellenlängen gespalten werden, was bedeutet, dass man aus schwachen Signalen noch schwächere macht. Das erschwert die Untersuchungen zusätzlich.

7.2. Bioindikatoren für Leben

Sauerstoff, Ozon und Stickstoff sind Bioindikatoren für Leben. Allerdings können solche Indikatoren auch täuschen, da sie nicht eindeutig sind. So kann Sauerstoff auch entstehen wenn Wasserdampf aus der Atmosphäre ins Weltall entweicht und durch UV-Strahlung des Fixsterns gespalten wird. Dadurch erhält man eine Atmosphäre mit viel Sauerstoff aber kein Leben. Auch die Spaltung von Kohlenstoffdioxid kann zu Sauerstoff und Ozon führen. Das nennt man dann "falsch positive Biosignaturen".

Allerdings kann man durch Nebenprodukte erkennen, aus welchem Grund beispielsweise Sauerstoff entsteht.

Entsteht er durch Wasserdampfspaltung, dann gibt es auch Tetrasauerstoff. Entsteht er allerdings durch abiotische Faktoren, kann auch Kohlenmonoxid entstehen.

Um zu entscheiden welche Biosignaturen vertrauenswürdig sind, muss man so viele Informationen wie möglich sammeln.

7.3. Die zukünftige Suche nach Leben

2012 beschloss die ESA die CHEOPS-Mission zu entwickeln. CHEOPS steht für "Characterising Exoplanet Satellite". Sie soll 2017 starten und einzelne Sternen nach Planeten absuchen und diese vermessen, bei denen bekannt ist, dass sie einen Planeten besitzen. Vor allem helle Sterne sollen beobachtet werden.

Das Projekt der NASA heißt TESS und steht für "Transiting Exoplanet Survey Satellite". Dieses Projekt soll ebenso 2017 starten und den gesamten Himmel nach kleinen Planeten in Sternennähe absuchen. Jede Himmelsregion soll 27 Tage lang beobachtet werden, so dass das Hauptaugenmerk auf Planeten mit kurzen Orbits liegt. TESS soll etwa 200.000 bis 500.000 Sterne beobachten.

PLATO steht für "Planetary Transits and Oscillations of Stars" und ist ein weiteres Projekt der ESA. Es soll 2024 starten und einen Katalog an Exoplaneten in der habitablen Zone um sonnenähnliche Sterne erstellen. Zudem soll es das Sternalter anhand von Sternschwingungen ermitteln. PLATO soll jede Himmelsrichtung zwei bis drei Jahre beobachten und schafft somit die Möglichkeit, Exoplaneten mit Orbits von einem Jahr zu entdecken.

Das James-Webb-Weltraumteleskop, welches derzeit gebaut wird, soll 2018 starten. Es soll der Nachfolger des Hubble-Weltraumteleskops werden. Es wird den infraroten Bereich des Spektrums aufnehmen. Durch die neusten Technologien wird es auch leuchtschwache weit entfernet Objekte aufnehmen können, allerdings wird auch die Reichweite dieses Teleskopes begrenzt sein. Ein Nachteil ist die stark begrenzte Beobachtungszeit. Diese erklärt sich aus der notwendigen Kühlung der Infrarotdetektoren mit flüssigem Helium und ist dadurch auf 5,5 bis maximal 10 Jahre begrenzt.

Nach all diesen Missionen wird es das Ziel sein, die Atmosphären der Planeten zu charakterisieren. Dazu sind Spektren vom sichtbaren bis zum mittleren infraroten Bereich wichtig. Über die Reflektionseigenschaften der Atmosphäre und die mögliche Wolkenbildung, könnte der sichtbare Bereich Informationen liefern. Der infrarote Bereich würde Informationen über das mögliche Vorhandensein von Molekülen, wie Wasser, Ammoniak, Methan, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid liefern.

8. Fazit

Um Satellitenbilder von der Vegetation auf Exoplaneten zu machen, müsste man erst einmal Planeten finden, auf denen erdähnliches Leben nachgewiesen oder zumindest vermutet wird. Ein weiteres Problem ist der große Abstand von Exoplaneten zur Erde. Dieser macht es technisch unmöglich Satellitenbilder von uns aus von den Planeten zu machen oder Satelliten zu diesen Planeten zu schicken.

Uns bleibt also nur die Spektren der Atmosphären auszuwerten und auf das James-Webb-Weltraumteleskop zu warten, welches diese Auswertungen präziser machen soll.

9. Die Erstellung eines Falschfarbenbildes

Um das Falschfarbenbild der Erde zu erstellen, musste ich als erstes Sattelitenbilder bei dem Eumetsat-Account unserer Schule "bestellen". Dazu rufe ich die Seite archive.eumetsat.int auf (Abbildung 20).

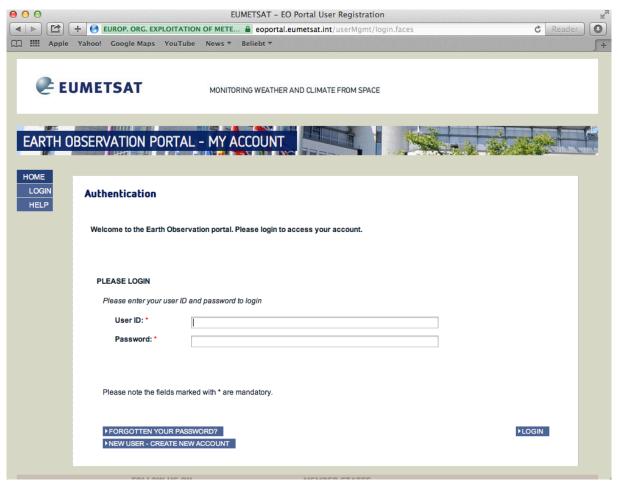


Abbildung 20: zeit die Startseite von EUMETSAT

Dort komme ich dann über "data Center Application" zu allen Produkten, die angeboten werden (Abbildung 21).

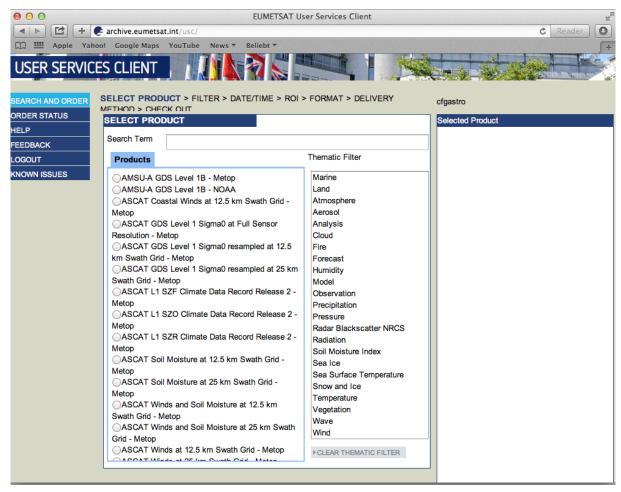


Abbildung 21: zeigt die Produkte, welche EUMETSAT anbietet

Die Rohbilder stammen von dem Meteosat Satelliten Meteosat-10 und wurden am 30.11.2015 um 13 Uhr zwölf Minuten und 42 Sekunden aufgenommen.

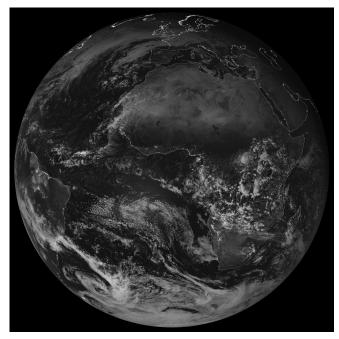


Abbildung 22: zeigt das Grauwertbild bei 0,6 μm

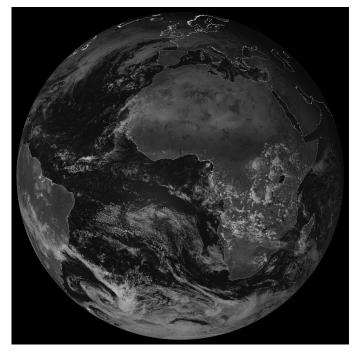


Abbildung 23: zeigt das Graustufenbild bei 0,8 µm

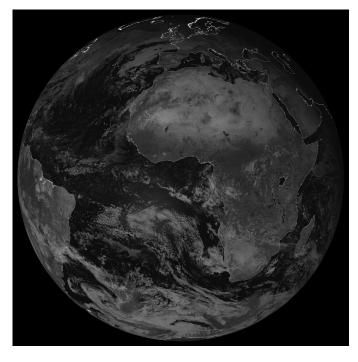


Abbildung 24: zeigt das Graustufenbild bei 1,6 μm

Die Rohbilder, die ich für das Falschfarbbild benutzt habe sind von den Wellenlängen 0,6 µm, 0,8 µm und 1,6 µm (Abbildung 22, 23, 24). Davon zeigt nur das erste einen Abschnitt aus dem sichtbaren Bereich, die beiden anderen sind aus dem nahen Infraroten. Trotzdem benutze ich diese drei als blau, grün und rot.

Um das Bild zusammenzusetzen habe ich das Programm Photoshop CS3 benutzt.

Als erstes habe ich das Bild mit dem Wellenlängenbereich 0,6 µm in Photoshop geöffnet und als blaue Ebene gekennzeichnet. Für die zweite Ebene habe ich das Bild mit dem Wellenlängenbereich 0,8 µm in Photoshop geöffnet und in die erste Datei kopiert und als grüne Ebene gekennzeichnet. Als letztes habe ich das 1,6 µm Bild in Photoshop geöffnet und in die erste Datei kopiert und es als rote Ebene

gekennzeichnet. Wenn man alle drei Ebenen sichtbar stellt, erkennt man die Farben. Diese habe ich noch weiter bearbeitet, so dass die Farben etwas natürlicher wirken. Das fertige Bild habe ich auch als Deckblatt verwendet (Abbildung 26).

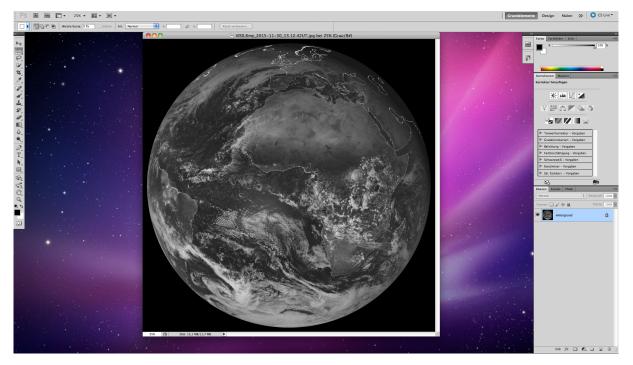


Abbildung 25: zeigt die ersten Bearbeitungsschritte in Photoshop

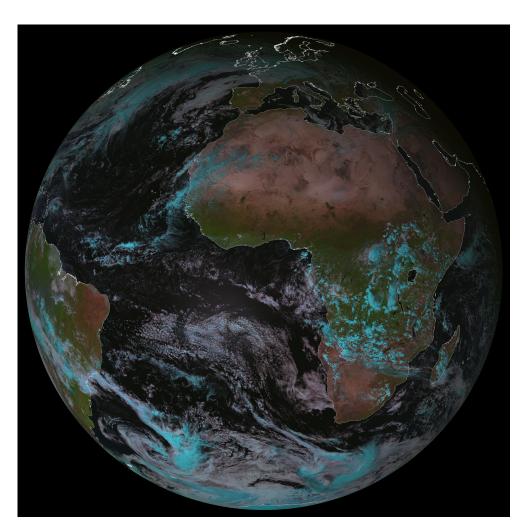


Abbildung 26: zeigt das fertig bearbeitete Falschfarbenbild

10. Probleme

Da ich keinen schweren praktischen Teil hatte, habe ich mit der Bearbeitung keine Probleme gehabt. Einzig meine Unsicherheit den Umfang der einzelnen Themen betreffend, ist ein Problem, von dem ich mir nicht sicher bin, es gut gelöst zu haben.

11. Anhang

11.1 Literaturverzeichnis

(03.07.2012) abgerufen am 22.05.2016

http://www.n-tv.de/wissen/frageantwort/Was-waere-die-Erde-ohne-den-Mondarticle6627551.html

(30.05.2016) abgerufen am 30.05.2016 https://de.wikipedia.org/wiki/Mond EUMETSAT (kein Datum) abgerufen am 27.05.16

http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html

Planeten-Dichte (kein Datum) abgerufen am 30.05.2016

https://astrokramkiste.de/planeten-dichte

Habitable Zone (05.05.2016) abgerufen am 26.05.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Habitable_Zone#Bekannte_Exoplaneten_in_einer_habitable_Zone
ablen_Zone

Planetary habitality (22.05.2016) abgerufen am 27.05.2016

https://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_habitability#Spectral_class

Liste potenziell bewohnbarer Planeten (14.05.2016) abgerufen am 2.05.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_potentiell_bewohnbarer_Planeten

NASA (kein Datum) abgerufen am 30.05.2016

http://solarsystem.nasa.gov/galleries/terrestrial-planet-interiors

NASA (kein Datum) abgerufen am 30.05.2016

http://solarsystem.nasa.gov/galleries/gas-giant-interiors

Wikipedia-EUMETSAT(18.05.2016) abgerufen am 30.05.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/EUMETSAT

Wikipedia-Meteosat (12.05.2016) abgerufen am 26.05.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Meteosat

EUMETSAT (keine Daten) abgerufen am 30.05.2016

http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/Meteosat/MeteosatDesign/index.html

Signaturen des Lebens (20.04.2016) abgerufen am

15.05.2016http://www.nzz.ch/wissenschaft/astronomie/die-fluechtigen-signaturen-des-lebens-1.18729834

Wikiedia-Wasser (10.08.2015) abgerufen am 30.05.2015

http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2F wikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2F5%2F55%2FFarbabsorption_unter_Wasser.sv g%2F400px-

Atmospärische Fenster (kein Datum) abgerufen am 30.05.2016

http://www.spektrum.de/lexikon/geographie/atmosphaerische-fenster/547

Nachweismethoden Exoplaneten (24.07.2015) abgerufen am 30.05.2016

http://www.weltderphysik.de/gebiet/astro/exoplaneten/nachweismethoden/

Wikipedia-Aglaophyten (29.04.2016) abgerufen am 30.05.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Aglaophyton_major

Wikipedia-Calvin-Zyklus (11.01.2016) abgerufen am 30.05.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Calvin-Zyklus

Wikipedia-Photosynthese (23.05.2016) abgerufen am 30.05.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Photosynthese

Spektrum der Wissenschaft-April 2016 Titelthema: Exoplaneten "auf der Jagt nach der zweiten Erde" von Kevin Heng und Joshua Winn

http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2F wikiversity%2Fde%2Fc6%2FAdsorbwave.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fde. wikiversity.org%2Fwiki%2FWikiversity%3AUrheberrechtsfragen%2FArchiv%2F200 8&h=343&w=456&tbnid=fzHua587bMxjrM%3A&docid=lejcD7DFT_e31M&ei=oTVwV 8mMD8WV6ATwk4-

QAg&tbm=isch&client=safari&iact=rc&uact=3&dur=416&page=1&start=0&ndsp=15&ved=0ahUKEwiJ4c7yvsbNAhXFCpoKHfDJAyIQMwgqKAYwBg&bih=588&biw=1217

http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.scinexx.de%2Fredakt ion%2Ffocus%2Fbild11%2Ferde03g.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.scinexx.de%2Fdossier-detail-275-

4.html&h=225&w=400&tbnid=3gkK4Jjq1yyaLM%3A&docid=WHaSsmm90k9wNM&ei =4j1wV_KbKYSp6ASXwZyIBA&tbm=isch&client=safari&iact=rc&uact=3&dur=455&pa ge=1&start=0&ndsp=15&ved=0ahUKEwjylLDixsbNAhWEFJoKHZcgB0EQMwg4KA0wD Q&bih=588&biw=1217

Geo kompakt DVD "der grüne Planet - wie sehr Pflanzen unsere Erde prägen"

Bioskop Gesamtband Nordrhein-Westfalen Seite 239-242

Falschfarbenbild (kein Datum) abgerufen am 30.05.2016 http://www.spektrum.de/lexikon/geographie/falschfarbenbild/2335 Monitoring vegetatin from space (kein Datum) abgerufen am 28.05.2016 http://www.eumetrain.org/data/3/36/navmenu.php?page=1.0.0 (das gesamte Projekt)

11.2 Danksagung

Mein Dank geht an alle, die beim Aufbau der Sternwarte in irgendeiner Weise geholfen haben, da wir alle dadurch eine einzigartige Möglichkeit geboten bekommen.

Außerdem danke ich Herrn Winkhaus, weil er die Sternwarte so gut leitet und Herrn Koch für die Leitung des Projektkurses.

11.3 Abschlusserklärung

Hiermit versichere ich Dora Bethke, dass ich diese Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder dem Inhalt nach aus anderen Werken entnommen wurden, in jedem einzelnen Fall mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Verwendete Informationen aus dem Internet sind der Arbeit als PDF auf der CD beigefügt.

Ich bin damit einverstanden / nicht einverstanden*, dass die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit in der Bibliothek der Schule zugänglich gemacht wird.

Ort, Datum Unterschrift

^{*} Nicht zutreffendes streichen