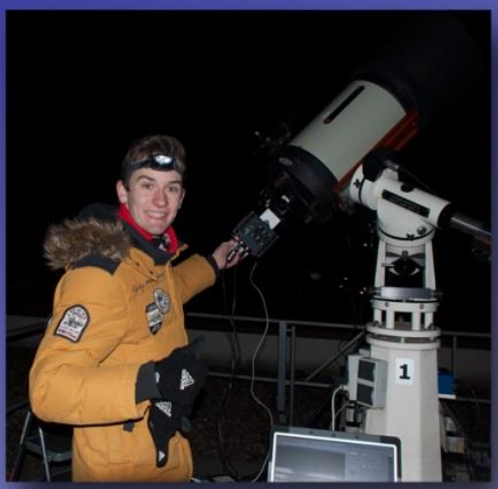
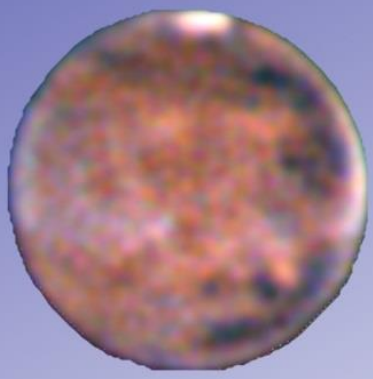
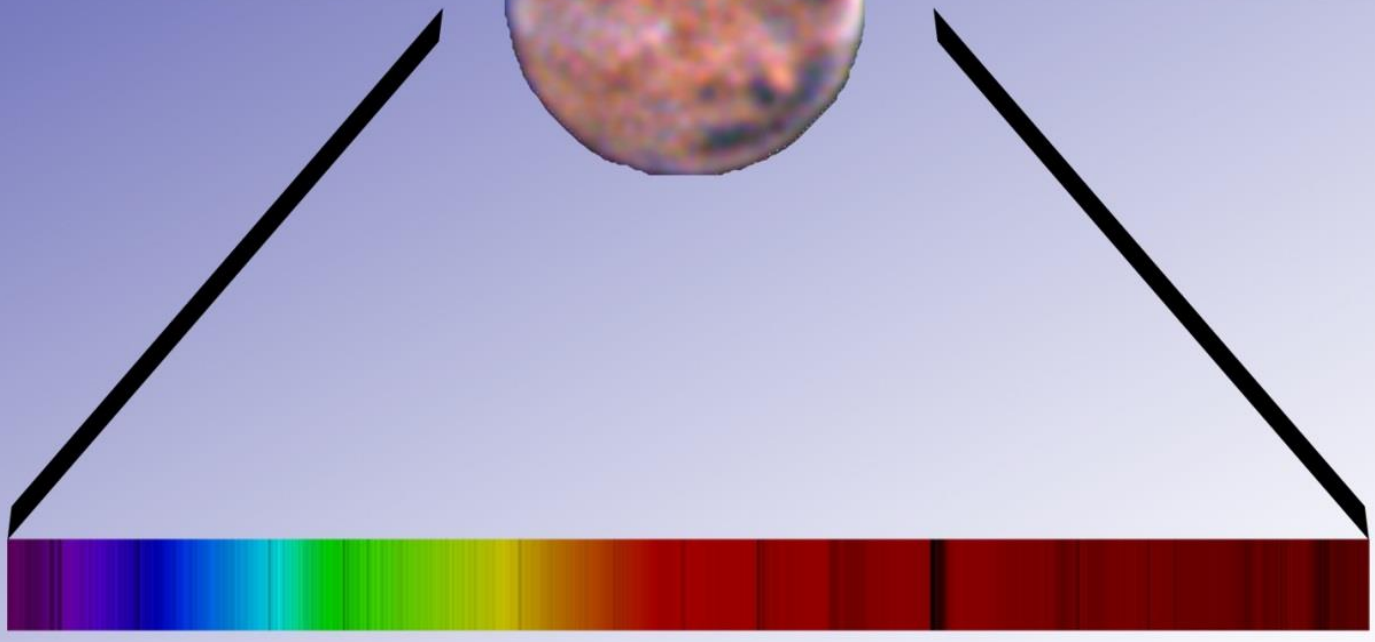
Carl-Fuhlrott-Gymnasium
Jung-Stilling-Weg 45
42349 Wuppertal

Projektkurs Astronomie
Jahrgangsstufe: 11
Schuljahr: 2013/2014

Marsspektroskopie







Verfasser: Bastian Sudhoff
Ostpreußenweg 22
42287 Wuppertal
basti@sudhoffhausverwaltungen.de

Kursleiter: Bernd Koch

Abgabedatum: 04.06.2014

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung
2. Mars
3.Wochenkurs-Spektroskopie
4. Theorie:
    4.1 Licht
        4.1.1 Wie zerlegt man Licht?
        4.1.2 Mögliche Entstehungsarten von Licht
        4.1.3 Lichtwellen aus einem Wasserstoffatom
    4.2 Die drei Arten von Spektren
    4.3 Analyse und Klassifikation der Spektren
        4.3.1 Zuordnung zu Klassifikationen
        4.3.2 Bestimmung der Elemente
        4.3.3 Bestimmung der Atmosphärentemperatur
        4.3.4 Bestimmung der Geschwindigkeit relativ zur Erde
        4.3.5 Bestimmung der Leuchtkraft und der Größe
5. Aufbau und Durchführung der Aufnahme vom Tageslichtspektrum
6. Die Bearbeitung von Spektren
    6.1 Das Summenspektrum
    6.2 Spektrum drehen und Ausschneiden
    6.3 Mit VisualSpec einen Scan erstellen
    6.4 Wellenlängenkalibrierung
    6.5 Flusskalibrierung und Normierung
    6.6 Spektren-Vergleich
7. Vergleich des Marsspektrums mit Venus, Tageslicht und Walker Atlas
    7.1 Analyse von Richard Walker
    7.2 Meine Analyse der Spektren
    7.3 Vergleich meine Analyse und die von Richard Walker
8. Verarbeitung der Marsvideos zu Marsbildern
9. Vergleich mit WinJUPOS
10. Topografie
    10.1 Topografie des Mars: 28.03.2012
    10.2 Topografie des Mars: 14.03.2012
11. Mars One Mission
    11.1 Chronologischer Ablauf
    11.2 Die Technik
    11.3 Die fünf Säulen der Mars One Mission
    11.4 Die Probleme der Mission
12. Danksagung
13. Literaturverzeichnis
14. Abschlusserklärung

1. Einleitung:

Als ich gehört habe, dass man etwas über Astronomie lernen kann, war mein Interesse geweckt. Zudem eilt der gute Ruf diesem Kurs voraus. Ich wusste zu Beginn nicht, was ich alles machen konnte und als ich wusste, was wir alles machen konnten, wusste ich mich nicht zu entscheiden, da es so viele spannende Themen gibt. Ich habe lange überlegt, doch als ich auf einen Artikel gestoßen bin, welcher über die Mars One Mission schrieb, entdeckte ich mein Interesse für den Mars. Dieser Planet ist der Erde am nächsten, doch trotzdem wusste ich fast nichts über ihn. Sind die Planten, Erde und Mars, sich ähnlich? Wenn sie es wirklich sind, wäre dann nicht auch Leben auf dem Mars möglich? Oder könnte man menschliches Leben auf dem Mars ermöglichen? Was müsste man dafür machen?

Um diese Fragen zu beantworten habe ich den Wochenkurs-Spektroskopie bei Michael Winkhaus, Bernd Koch und Ernst Pollmann am Carl-Fuhlrott-Gymnasium besucht, um das nötige Handwerkszeug an die Hand zu bekommen. Der anstrengende aber auch unglaublich informative Ferienkurs hat mir sehr viel Spaß gemacht. Ich war erstaunt, wie viel man nur über Licht lernen kann und dass immer noch so viel Fragen zum Thema Licht offen sind. Mit diesem Wissen konnte ich nun anfangen, nach Antworten auf meine Fragen zu suchen.

2. Mars:

Der Mars ist in unserem Sonnensystem der Planet, welcher der Erde am ähnlichsten ist. Er ist, von der Sonne aus gesehen, der vierte Planet in unserem Sonnensystem und er ist der äußere Nachbar der Erde. Das Volumen des Mars beträgt nur ca. ein Siebtel der Erde und ist 1,5-mal so weit von der Sonne entfernt wie die Erde. Die mittlere Bahngeschwindigkeit beträgt 24,13 km/s (Erde: 29,78 km/s) und er hat eine Masse von $6{,}419 \cdot 10^{23}$ kg (Erde: $5{,}974 \cdot 10^{24}$ kg). Die Anziehungskraft des Mars beträgt nur $3{,}69\ m/s^2$ und sie ist damit in etwa nur halb so stark wie auf der Erde. Die Atmosphäre des Mars hat einen Druck von $6 \cdot 10^{-3}$ bar, die Temperaturen schwanken zwischen –133 °C und +27 °C. Die chemischen Elemente sind zu 95,32 % Kohlendioxid, 2,7 % Sickstoff, 1,6 % Argon und nur 0,13% Sauerstoff. Ein Eisenoxid-Staub färbt große Teile des Mars rot, weshalb die Römer ihren Kriegsgott nach ihm benannt haben. Auf der Oberfläche des Mars sind auch zwei Polkappen und mit Fotos von Raumsonden sind die tiefen Krater und auch früher aktive Vulkane zu sehen. Zudem hat der Mars zwei Monde, die um ihn kreisen, Phobos und Deimos.

Der Mars bewegt sich in 687 Tagen mit 1,38 AE bis 1,67 AE um die Sonne herum. Der Abstand zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Erde wird sich in den nächsten 25.000 Jahren noch ein wenig verkleinern.

Die Rotation beträgt ca. 24h und 37min, das heißt, dass ein Sol (Marstag) in etwa so lang ist, wie ein Tag auf der Erde. Da die Äquatorebene des Planeten um 25° 12’ gegen die Bahnebene geneigt ist, gibt es auch auf dem Mars Jahreszeiten. Weil aber der Mars fast doppelt so lange braucht, um die Sonne zu umkreisen wie die Erde, dauern die Jahreszeiten auf dem Mars auch fast doppelt so lange.

Das Klima auf dem Mars ist deutlich kühler als das auf der Erde, da die Atmosphäre dünner ist und daher nicht so viel Sonnenwärme speichern kann. Die Durchschnittstemperatur beträgt daher nur -55 °C. Die Atmosphäre ist ziemlich staubig und enthält Teilchen mit etwa 1,5 µm im Durchmesser. Der Himmel über dem Mars hat einen blassen gelb- bis orange-braunen Farbton, weil Eisenoxide in der Luft sind. Der Druck der Marsatmosphäre beträgt im Schnitt nur 6,36 hPa, was 0,63 % des Luftdrucks der Erdatmosphäre entspricht. Die Atmosphäre wurde wahrscheinlich im Laufe der Zeit von Sonnenwinden der Erde stark geschwächt.

Abhängig von den Jahreszeiten und der Intensität der Sonneneinstrahlung finden in der Atmosphäre dynamische Vorgänge statt. Die vereisten Polkappen schmelzen im Sommer teilweise, sodass Wasser und Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Die vergleichsweise große Exzentrizität seines Orbits hat eine beträchtliche Auswirkung auf die Jahreszeiten. Die Jahreszeiten sind auf der Südseite der Hemisphäre viel stärker ausgeprägt als auf der nördlichen Seite, wo das Klima milder ist. Die Jahreszeiten sind aufgrund der Exzentrizität der Umlaufbahn des Mars unterschiedlich lang.

Auf dem Mars können auf ausgedehnten flachen Ebenen heftige Staubstürme wüten.

An den Stellen, an denen schon Marssonden gelandet sind, wurden Gesteinsbrocken, sandige Böden und Dünen vorgefunden. Die roten Böden sind offensichtlich durch die Verwitterung von eisenhaltigen, vulkanischen Basalten entstanden.

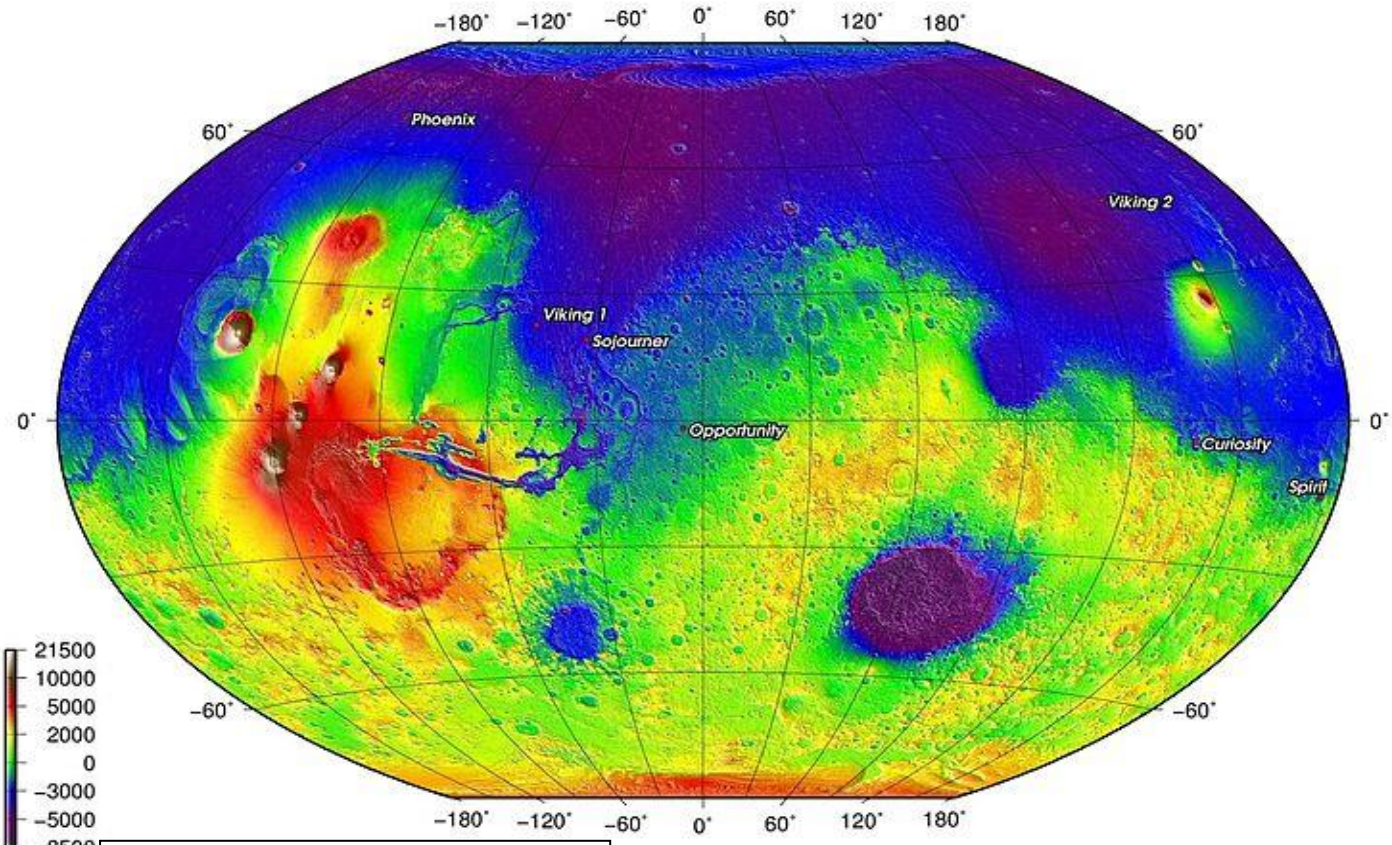


Abbildung 1: Landeorte der Marssonden

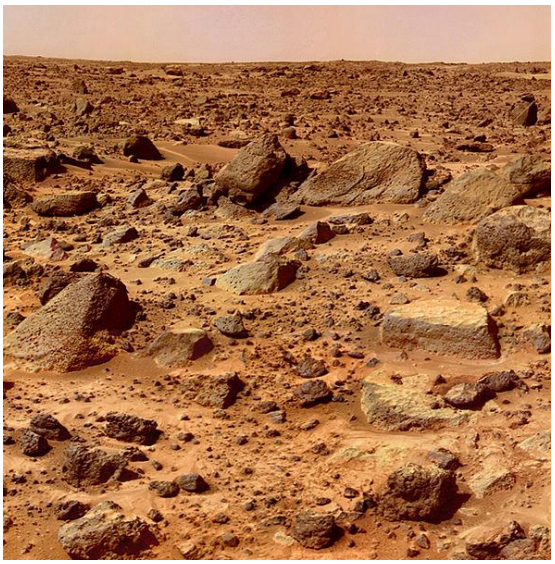


Abbildung 2: Die Marsoberfläche.

Bei der topographischen Hemisphäre fällt auf, dass der Mars eine „Zweiteilung“ besitzt. Man kann in die Tiefebenen des Nordens und die Hochländern des Südens unterteilen. Die südliche Halbkugel ist im Durchschnitt sechs Kilometer höher als die nördliche. Dieser deutliche Unterschied kann durch innere Prozesse oder durch einen Einschlag von einem Asteroiden auf die Nordhalbkugel erklärt werden. Das stufenartige Ansteigen der Marskruste ist ein Indiz dafür, dass der innere Prozess die Ursache ist.

Die Oberflächenstruktur des Planeten ist durch den Graben „Valles Marineris“ südlich vom Äquator geprägt. Dieser ist ganze 4000 km lang, teilweise bis zu 700 km breit und bis zu 7 km tief. Es handelt sich um einen gewaltigen, tektonischen Bruch. Aus dem nördlichen Tiefland ragt der größte bekannte Vulkan unseres Sonnensystems, der Olympus Mons, heraus. Er hat eine Höhe von 21,3 km über dem mittleren Null-Niveau.

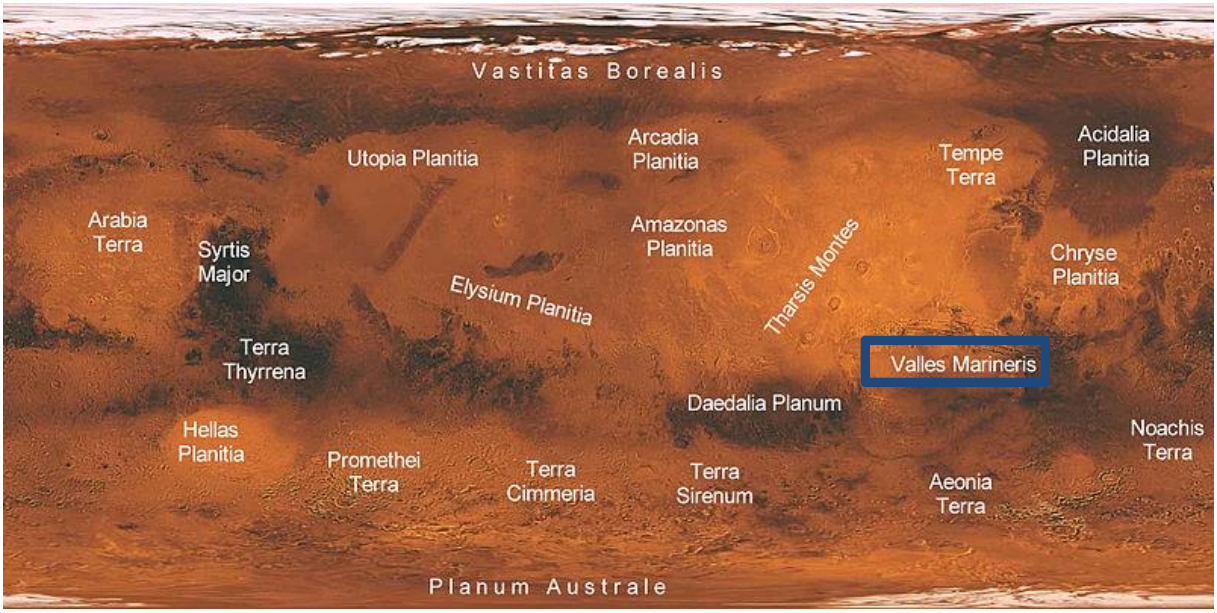


Abbildung 3: Übersichtskarte des Mars.

Über den inneren Aufbau des Mars ist noch nicht viel geforscht worden. Es wurde aber schon festgestellt, dass der Mars einen ähnlichen Aufbau hat wie die Erde. Er hat auch einen Schalenaufbau. Anders als die Erde besitzt der Mars kein globales Magnetfeld mehr, wahrscheinlich weil der radioaktive Zerfall von Elementen nicht mehr genug Energie freigesetzt hat, um Konvektionsströmungen auszulösen. Dennoch gab es Messungen an denen ein lokales Magnetfeld festgestellt worden ist. Möglicherweise wird sich der Mars, durch das Abkühlen des Kerns und der daraus folgenden mit Entstehung von Wärme verbundenen Auskristallisation des Eisens, wieder ein eigenes Magnetfeld aufbauen.

[1]vgl.: http://de.wikipedia.org/wiki/Mars_(Planet)

3. Wochenkurs Spektroskopie:

Ich habe den Spektroskopie-Kurs besucht, damit ich verstehe, wie man von einem entfernten Objekt Sachen wie chemische Elemente, Temperatur, Geschwindigkeit, Größe und Leuchtkraft bestimmen kann. Am Planeten Mars wollte ich dann die Spektroskopie ausprobieren.

In dem Wochenkurs beschäftigten wir uns mit Licht und wie dieses Licht in Regenbogenfarben zerlegt werden kann. Durch die Analyse des zerlegten Lichtes kann herausgefunden werden, welche physikalischen Zustand und welche chemische Zusammensetzung der Stern/Planet hat. Die Sterne, also auch die Sonne, strahlen selber Licht aus. Planeten können spektroskopiert werden, da sie das Licht (der Sonne) reflektieren.

Michael Winkhaus brachte uns an zwei Tagen umfangreiche Theorien über Atome, Licht und Sternspektroskopie bei. Zudem nutze er eine Reihe von Experimenten von denen wir einige auch selber durchführen konnten.

Bernd Koch lehrte uns an zwei weiteren Tagen alles Wichtige zum Umgang mit dem DADOS-Spektrographen und wie man Spektren aufnimmt und kalibriert.

Ernst Pollmann rundete am letzten Tag den Wochenkurs ab, indem er uns zeigte, wie man die Spektren, mit Hilfe der Programme GIOTTO und VisualSpec, astronomisch auswertet.

Themen bei Michael Winkhaus:

-Was ist Licht und wie zerlegen wir es?
-Beobachtungen zum Aussehen und zum Zustandekommen von Spektren
-Atomphysikalische Erklärung für das Zustandekommen der verschiedenen Spektren
-Genauere quantitative Analyse zum Spektrum von Wasserstoff
-Durchführung von Experimenten zur Spektroskopie (4 Stationen):

- Aufbau eines Prismen- und Gitterspektralapparates auf einer optischen Bank

- Ausmessen von Emissionslinienspektren verschiedener Spektrallampen

- Flammenspektroskopie diverser Salze

- Aufnahme und Analyse der Spektren von verschiedenen Lichtquellen mit dem

  Leybold-Spectralab (wellenlängenkalibrierte Echtzeitdarstellung von Spektren)

  Im Direktlicht und im Durchsichtlicht)

-Was sind Sternspektren?
-Was bedeutet Sternspektroskopie?
-Aussehen und Analyse der Sternspektren
-Spektralklassifikation (auch mit Übungen)
-Physikalische Strahlungsgesetze ==> Oberflächentemperatur kosmischer Objekte
-Dopplereffekt und Linienverbreiterung
-Leuchtkraftklasse (Morgan-Keenan-Klassifikation) (mit Übungen)
-2-dimensionale Klassifikation und Herzsprung-Russel-Diagramm
-Interpretation des HRD und Lebenswege der Sterne
-Einblick in die Physik der Emissionslinniensterne

Themen bei Bernd Koch:

-Theorie und Praxis des DADOS-Spektrographen (Gitter 200 – 1800 L/mm)
-Aufnahmetechnik mit dem DADOS-Spektrographen und den Kameras EOS 450D und Alccd 5.2
-Vorstellung von DADOS-Spektren ausgewählter Himmelsobjekte (Sonne/Sterne/Nebel)
-Aufnahme von Sternspektren mit dem DADOS -Spektrographen unter Verwendung der EOS 450D- und der Alccd 5.2-CCD-Kamera mit den Teleskopen Celestron 11 Edge HD und Pentax 75

-Stacken und Kalibrieren von Sternspektren der EOS450D/Alccd 5.2 mit Giotto und Fitswork
-Grundlegende Arbeitsschritte in Vspec
-Wellenlängenkalibrierung und Normierung von Sternspektren mit Vspec
-Vorstellung konkreter Projektideen

-Aufnahme von Sternspektren mit dem DADOS-Spektrographen unter Verwendung der EOS 450D- und der Alccd 5.2-CCD-Kamera mit den Teleskopen Celestron 11 Edge HD und Pentax 75

Themen bei Ernst Pollmann:

-Erzeugung eines Summenspektrums
-Erzeugung von Flat/Dark/Bias
-Wellenlängenkalibration
-Instrumentenfunktion
-Temperaturen ausgewählter Sterne (Anwendung Planck-Funktion)
-Messung von Äquivalentbreiten (EW)
-Übung: Messung von EW als Spektralklassifikationskriterium
-Bedeutung der EW in der praktischen Astronomie
-Messung von Doppelpeakprofilen
-Bedeutung von Doppelpeakprofilen i. d. prakt. Astronomie

Abbildung 4: An der Sternwarte.

4. Theorie:

Um den Mars analysieren zu können, braucht man das nötige Wissen, wie man das macht. Zentral sind dafür die Themen was Licht ist und wie daraus ein Spektrum entsteht, die drei Arten von Spektren und die Analyse von Spektren.

4.1 Was ist Licht?

Was ist Licht? Diese Frage haben Sir Isaac Newton und Christiaan Huygens versucht zu beantworten und haben zwei verschiedene Theorien aufgestellt. Newton war der Auffassung, dass Licht aus winzigen kleinen Partikeln besteht, welche durch die Luft fliegen. Huygens war aber der Meinung, dass Licht eine Welle ist.

Young hat später mit Hilfe des Doppel-Spalt-Experimentes bewiesen, dass Licht wellenartig sein muss. Doch dabei blieb es nicht. Nach heutigem Stand der Wissenschaft besteht Licht aus Photonen. Photonen besitzen im Ruhezustand keine Masse und können durch physikalische Prozesse erzeugt und vernichtet werden. Die Energie, die ein Photon besitzt, ist proportional zu der Frequenz der Lichtwelle.

4.1.1 Wie zerlegt man Licht?

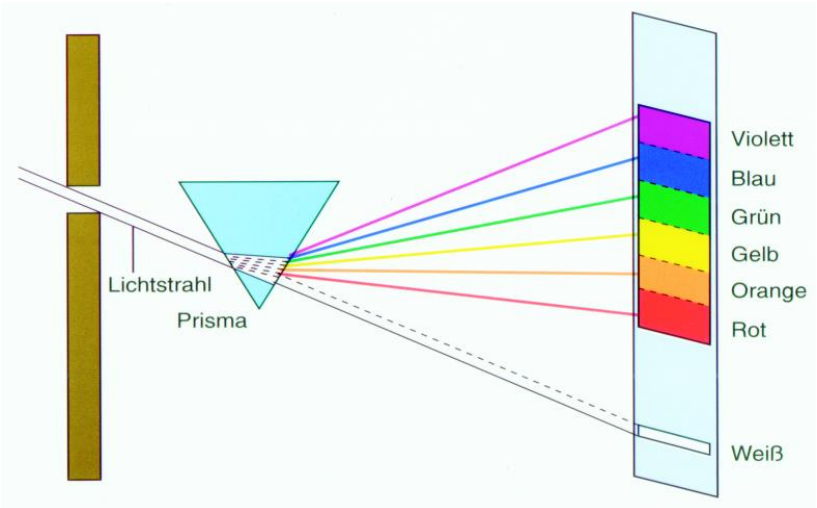


Abbildung 5: Hier sieht man die Zerlegung von Licht mit Hilfe eines Prismas.

Ein Spektrum entsteht auf Grund der verschiedenen Wellenlängen. Es wird erzeugt, wenn Licht durch ein Prisma oder auf einen Spalt fällt. In beiden Fällen wird das Licht gebrochen und dadurch in seine Bestandteile, die unterschiedlichen Wellenlängen und damit Farben, aufgeteilt. Den entstandenen Farbverlauf nennt man Spektrum.

Lichtbrechung findet beispielsweise dann statt, wenn das Licht durch ein anderes Medium will. Licht nimmt immer den zeitlich kürzesten Weg, welcher nicht zugleich der räumlich kürzeste Weg sein muss. Der zeitlich kürzeste Weg ist für jede Wellenlänge ein anderer, da violettes, energiereiches Licht leichter durch das Prisma dringt als rotes, energiearmes Licht. Jede Wellenlänge wird also in einem anderen Winkel gebrochen. Dies hat den Effekt, dass der weiße Lichtstrahl in die verschiedenen Wellenlängen aufgespalten wird.

In welchem Winkel das Licht gebrochen wird, ist sowohl von der Wellenlänge des Lichts als auch von dem Brechungsindex des Materials, auf das das Licht trifft, abhängig. Ein Medium mit einem höheren Brechungsindex wird als optisch dichter bezeichnet und entsprechend wird das Medium mit dem niedrigeren Brechungsindex als optisch dünner bezeichnet. Warme Luft, kalte Luft, Wasser, Glas und Diamant, sind in zunehmender Reihenfolge optisch dicht.

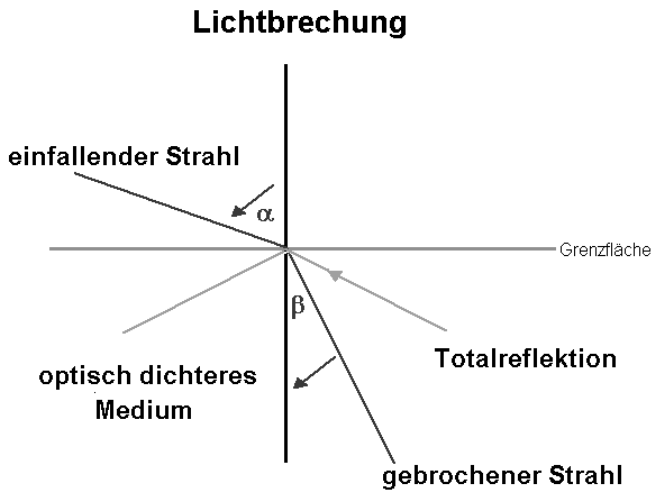


Abbildung 6: Lichtbrechung

Das Licht kann auch an einem Doppelspalt oder Gitter gebrochen werden. Wenn auf einen Doppelspalt monochromatisches Licht fällt, breiten sich von den beiden Spalten Lichtwellen aus. An einer Wand hinter dem Spalt sieht man ein Streifenmuster, welches durch Interferenz entsteht. Je nachdem wie der Abstand zur Wand und den beiden Spalten ist, heben sich die beiden Lichtwellen entweder auf (man sieht nichts) oder sie verstärken sich (man sieht helles Licht). Wenn man beispielsweise weißes Licht nimmt, erhält man ein Spektrum, weil violettes Licht kurzwelliger ist und die Interferenzstreifen näher beieinander liegen als bei Rot, da Rot eine größere Wellenlänge hat.

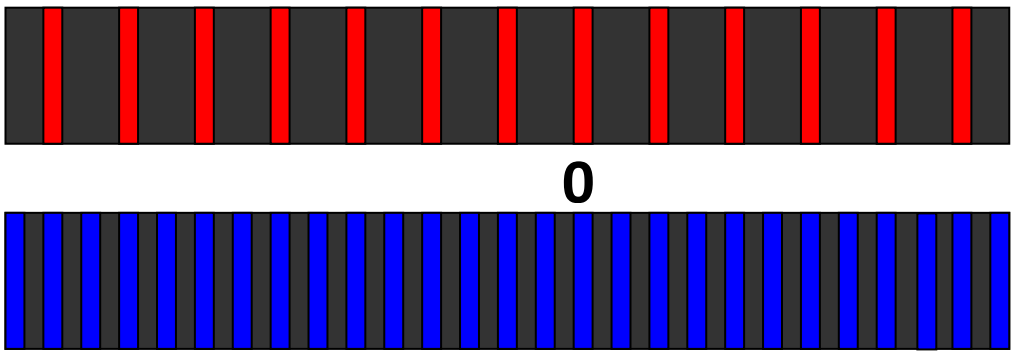


Abbildung 7: Vergleich der Interferenzmuster für blaues und rotes Licht.

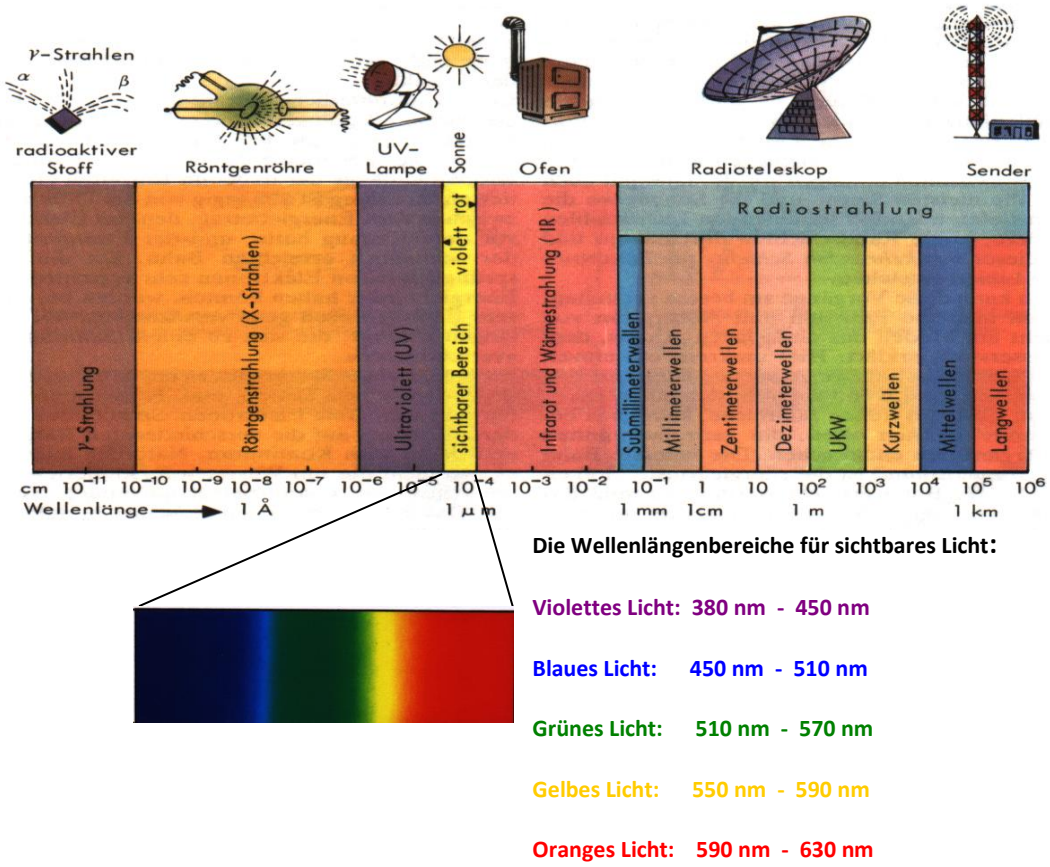


Abbildung 8: Hier sieht man Unterteilungen von Licht. Besonders hervorgehoben ist der Bereich, welcher mit dem Auge sichtbar ist.

Durchlässigkeit der Atmosphäre:

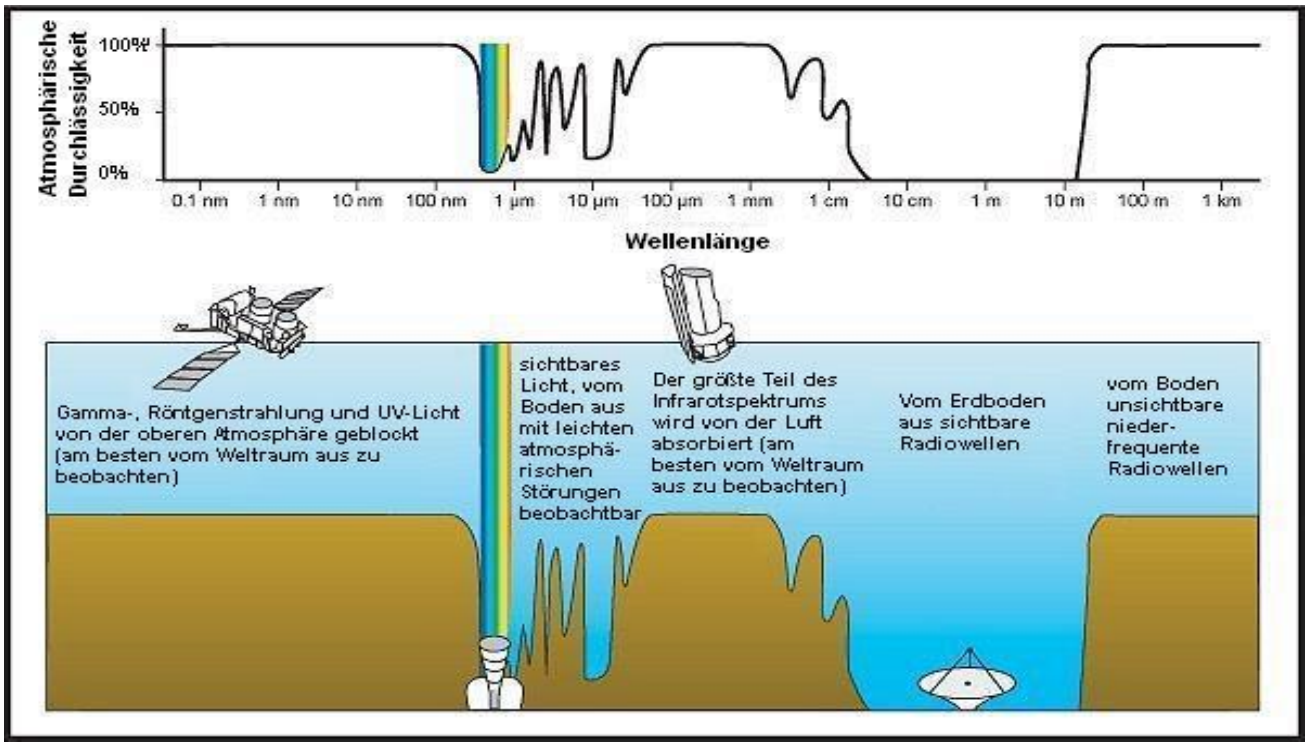


Abbildung 9: Hier wird veranschaulicht, was für Strahlung die Atmosphäre durchlässt.

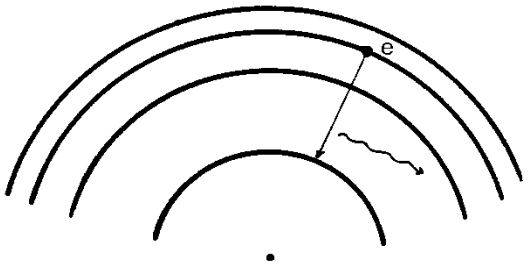
4.1.2 Mögliche Entstehungsarten von Licht:

Der Ursprung des Lichts der Sterne ist eine Energieveränderung von Elektronen. Elektronen liegen in Atomen auf sogenannten „Elektronenschalen“. Solange ein Elektron nicht von außen gestört wird, bleibt es auf der niedrigsten Energiestufe, dem Grundzustand. Ein höherer Energiezustand wird erreicht, indem dieses Elektron genau den Energiebetrag aufnimmt, welches es benötigt um auf einen angeregten Zustand, eine höhere Schale, zu kommen. Da das Elektron nicht auf dem angeregten Zustand bleibt, sondern auf den Grundzustand zurückfällt, entsteht eine Energiedifferenz von ΔE. Diese Energiedifferenz wird in Form einer Lichtwelle abgestrahlt. Die Wellenlänge λ ist dabei antiproportional zu ΔE, d. h. je größer die Energiedifferenz ist umso kurzwelliger ist das Licht.

Berechnungsformel der entstehenden Wellenlänge: $\lambda = \frac{1{,}98 \cdot 10^{-25}}{\Delta E}\ \mathrm{J \cdot m}$

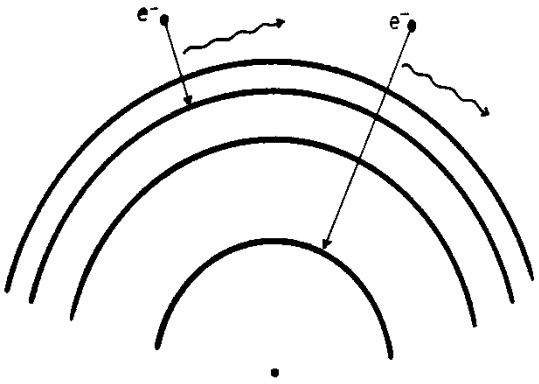
Gebunden – Gebunden – Übergänge:

Fällt ein Elektron in einem Atom von einer Schale höherer Energie zu einem energetisch tiefer gelegenen Niveau, so sendet es dabei Licht der Wellenlänge aus, die sich aus der Energiedifferenz der beiden Niveaus ergibt. Da sich das Elektron nur auf ganz bestimmten Schalen (Energiestufen) aufhalten kann, kann auch nur Licht ganz bestimmter Wellenlängen ausgesandt werden.



Frei – Gebunden – Übergänge:

Werden freie Elektronen von einem positiven Ion eingefangen und dadurch wieder Teil in einen Atomverband, so müssen sie so viel überschüssige Energie abgeben, dass ihre verbleibende Energie gerade dem Energiezustand auf einer Schale in dem Atom entspricht. Hierbei geht also ein Elektron vom freien Zustand in den gebundenen Zustand über. Im Gegensatz zu den bestimmten Energiezuständen eines Elektrons im gebundenen Zustand können freie Elektronen jedoch beliebige Energien besitzen. Werden also freie Elektronen wieder in den Atomverband aufgenommen, so werden die unterschiedlichsten Energiebeträge als Licht aller möglichen Wellenlängen frei.



Frei – Frei – Übergänge:

Freie Elektronen können aber auch sehr dicht an einem Ion vorbeifliegen, ohne dass sie eingefangen werden. Dabei tritt jedoch eine gewisse Änderung ihrer Bewegungsenergie auf, deren Betrag ebenfalls als Licht abgestrahlt wird.
Durch derartige „Frei-Frei-Übergänge“ kann wegen der beliebigen Energie des Elektrons vor und nach dem Vorbeiflug Licht beliebiger Wellenlänge ausgesandt werden.

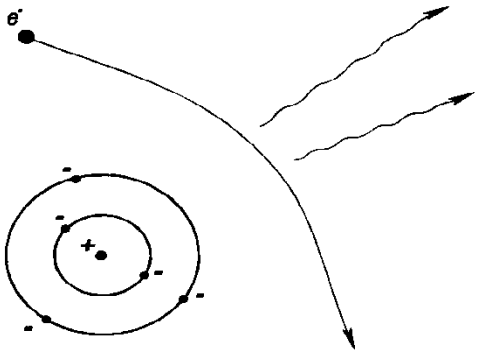


Abbildung 10, 11, 12: Entstehungs-arten von Licht

4.1.3 Lichtwellen aus einem Wasserstoffatom:

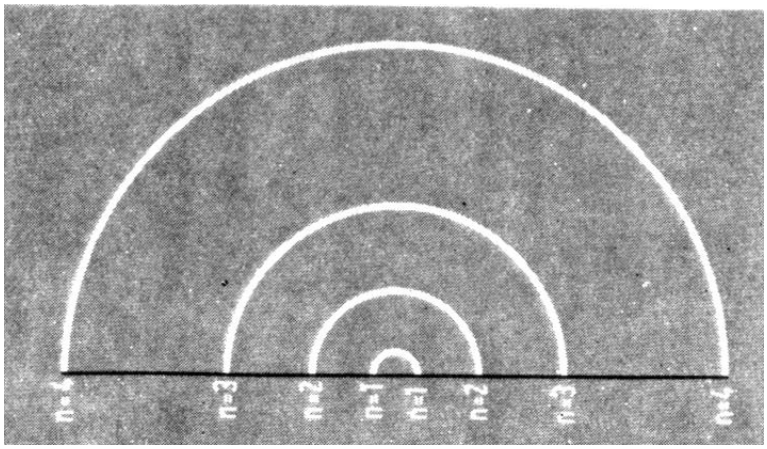


Abbildung 13: Abstände der Elektronenbahne eines Wasserstoffatoms.

Die Abstände können mit dieser Formel berechnet werden: $r_n = 5,29 \cdot 10^{-11} m \cdot n^2$

Wenn nun ein Gebunden – Gebunden – Übergang in einem Wasserstoffatom stattfindet können nur folgende Wellenlängen entstehen:

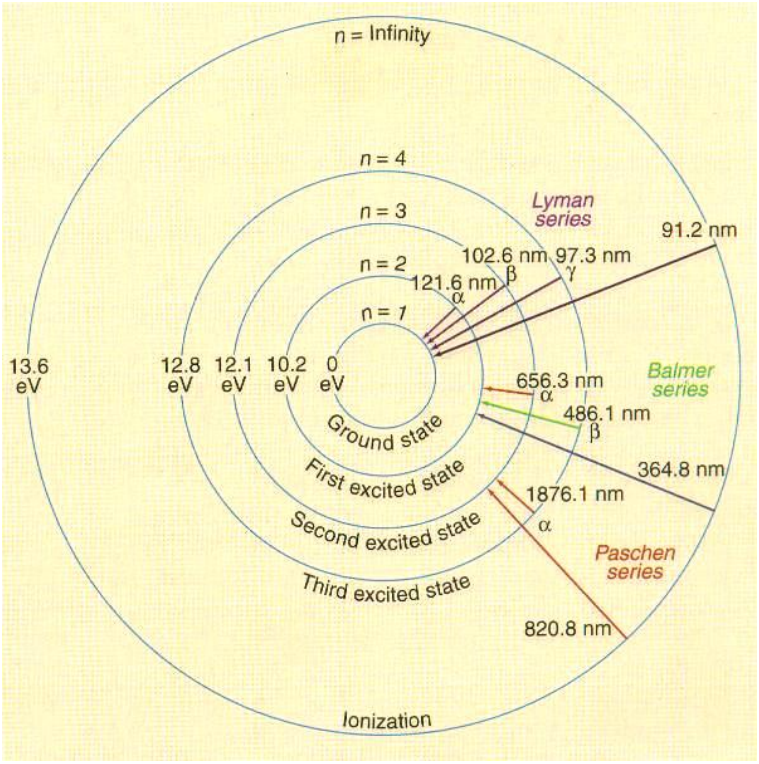


Abbildung 14: Gebunden – Gebunden – Übergang.

Daraus entsteht dann bei der Balmer - Serie folgendes Spektrum:

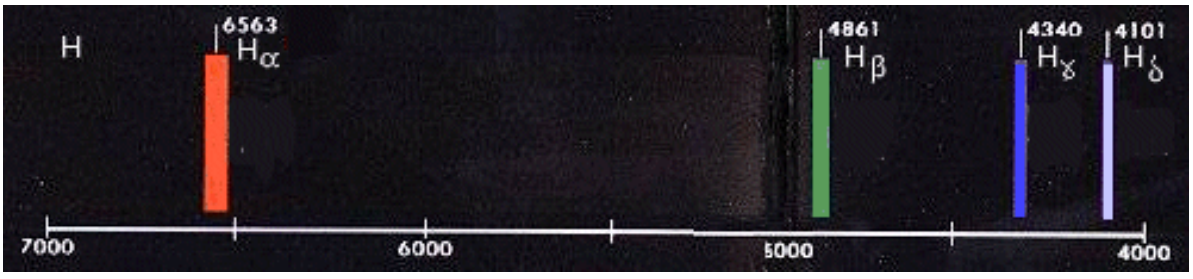


Abbildung 15: Balmer-Spektrum.

4.2 Die drei Arten von Spektren:

Kontinuierliche Spektren:

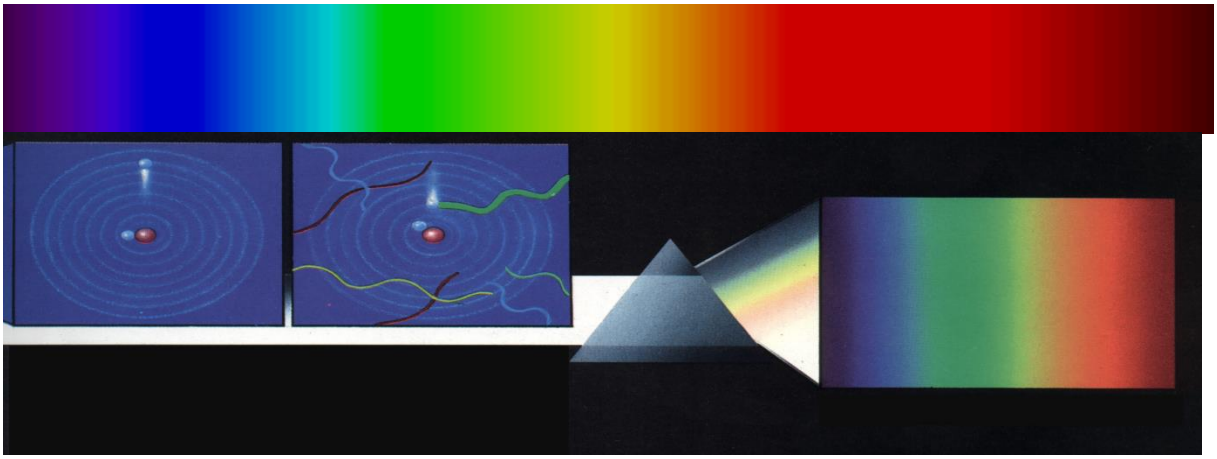


Abbildung 16: Ein kontinuierliches Spektrum erhält man, wenn Licht diskreter Wellenlänge entsteht. Das heißt also, dass das Elektron frei gewesen sein muss.

Emissionslinien Spektren:

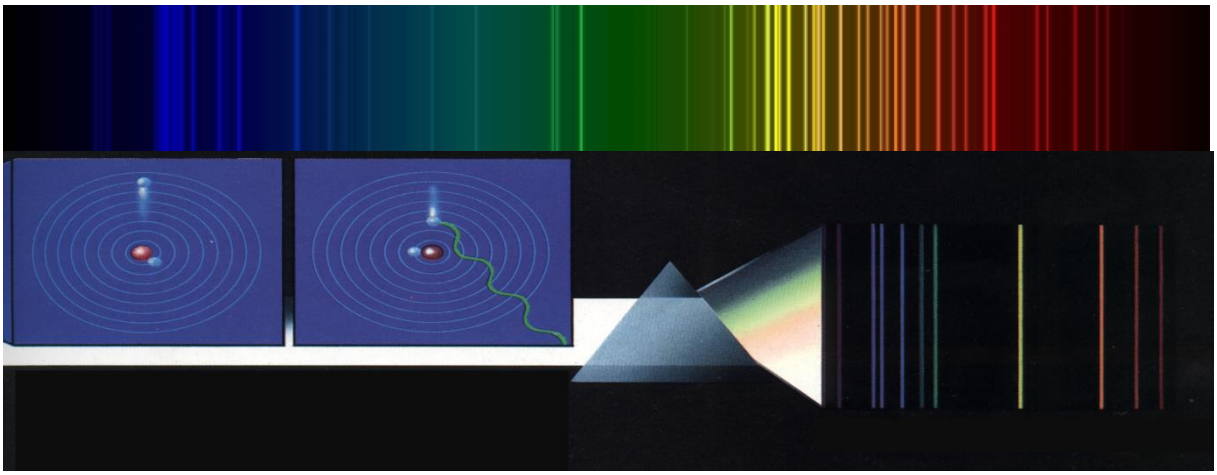


Abbildung 17: Ein Emissionslinien-Spektrum entsteht, weil Gebunden – Gebunden –Übergänge nur ganz bestimmtes Licht ausstrahlen können.

Absorptionslinien Spektren:

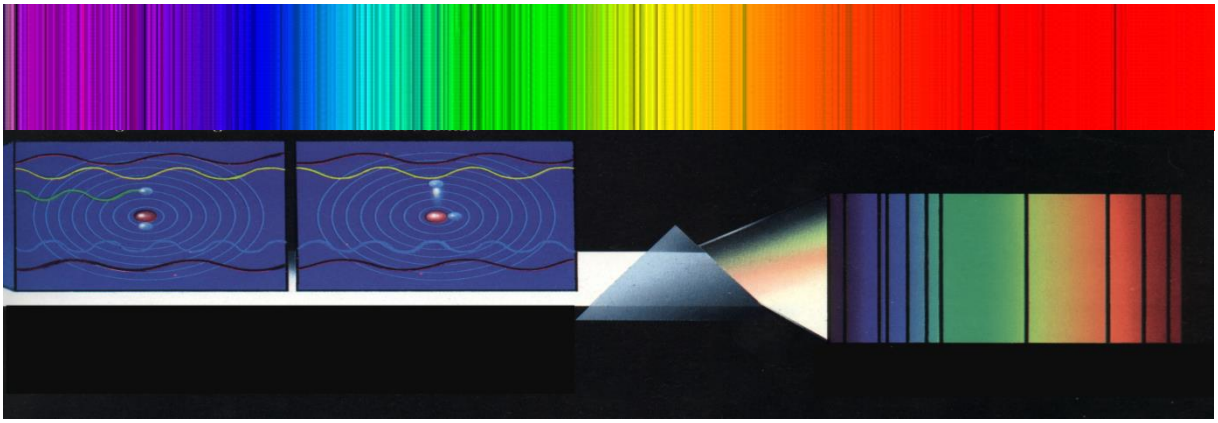


Abbildung 18: Das Absorptionslinien-Spektrum entsteht, wenn Licht diskreter Wellenlängen von einem zwischen Sender und Empfänger liegendem Medium absorbiert wird.

4.3 Analyse und Klassifikation der Spektren:

Ein aufgenommenes Spektrum sieht Beispielsweise so aus (Mars, 14-03-06, 22:58, Wuppertal):

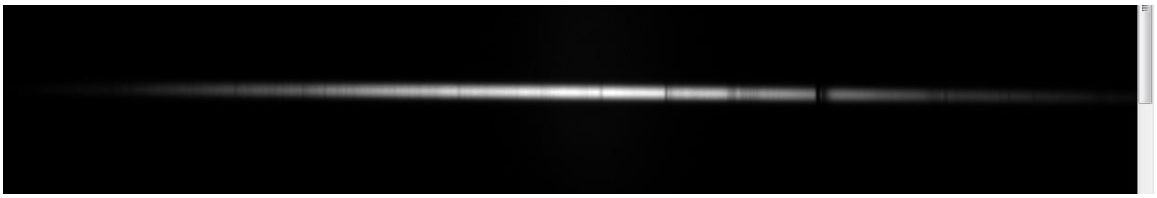


Abbildung 19: Aufgenommenes Spektrum.

Nachdem das Spektrum gestackt, gedreht und ausgeschnitten ist, sieht das Spektrum möglicherweise so ähnlich (vergrößert) aus:

Abbildung 20: Bearbeitetes Spektrum.

Um nun die Spektren miteinander vergleichen zu können, wurde um 1890 herum eine Klassifikation beschlossen, die in etwa so ausgesehen hat:

A	starke, breite Wasserstofflinien
B	wie A, zusätzlich sog. Orion-Linien, die bei vielen Sternen im Orion gefunden und später als Heliumlinien erkannt wurden
C	doppelte Wasserstofflinien
D	mit Emissionslinien
E	Fraunhofer-Linien H und K sichtbar
F	ähnlich wie E, aber zusätzlich alle Wasserstofflinien erkennbar
G	wie F, aber mehr Linien
H	wie F, aber weniger hell im blauen Teil des Spektrums
I	wie H, aber mit zusätzlichen Linien
K	breite Banden im Spektrum
L	Abwandlungen von K
M	Banden und stärker werdende Linien zum blauen Teil des Spektrums hin
N	Banden, die zur roten Seite des Spektrums stärker werden
O	hauptsächlich Emissionslinien
P	Spektren von nebligen Objekten
Q	alles andere

Abbildung 21:Die Klassifikation von 1890.

Von Antonia Maury und Annie Cannon wurde eine neue Klassifikation erstellt, welche sich auch durchgesetzt hat:

Klasse	Charakteristik	Farbe	Temperatur in Kelvin	typische Masse *für die Hauptreihe* in Sonneneinheiten
O	Ionisiertes Helium (He II)	blau	30000–50000	60
B	Neutrales Helium (He I) Balmer-Serie Wasserstoff	blau-weiß	10000–28000	18
A	Wasserstoff, Calcium (Ca II)	weiß (leicht bläulich)	7500–9750	3,2
F	Calcium (Ca II), Auftreten von Metallen	weiß-gelb	6000–7350	1,7
G	Calcium (Ca II), Eisen und andere Metalle	gelb	5000–5900	1,1
K	Starke Metalllinien, später Titan(IV)-oxid	orange	3500–4850	0,8
M	Titanoxid	rot-orange	2000–3350	0,3

[2]vgl.: http://de.wikipedia.org/wiki/Spektralklasse

Die Klassen B bis M sind aber noch einmal unterteilt in Einheiten von 0 bis 9. O hat nur eine Unterteilung von 3 bis 9. Das heißt also Sterne werden mit zum Beispiel A3 klassifiziert.

Da Spektren aus dem Universum nahe zu immer Absorptionslinien-Spektren sind, kann man daraus schließen, dass Sterne grundsätzlich aus einem heißen Kern bestehen und drum herum eine kühlere Atmosphäre ist. Die kühlere Atmosphäre absorbiert nämlich das kontinuierliche Licht, welches aus dem Sternkern tritt.

Mit Hilfe der Spektralanalyse können dem Spektrum darüber hinaus noch Informationen über die chemischen Elemente, die Temperatur an der Oberfläche des Objektes, die Geschwindigkeit relativ zur Erde, die Größe und die Leuchtkraft entnommen werden.

4.3.1 Zuordnung zu Klassifikationen:

Die Vorgehensweise um die Klassifikation zu bestimmen:

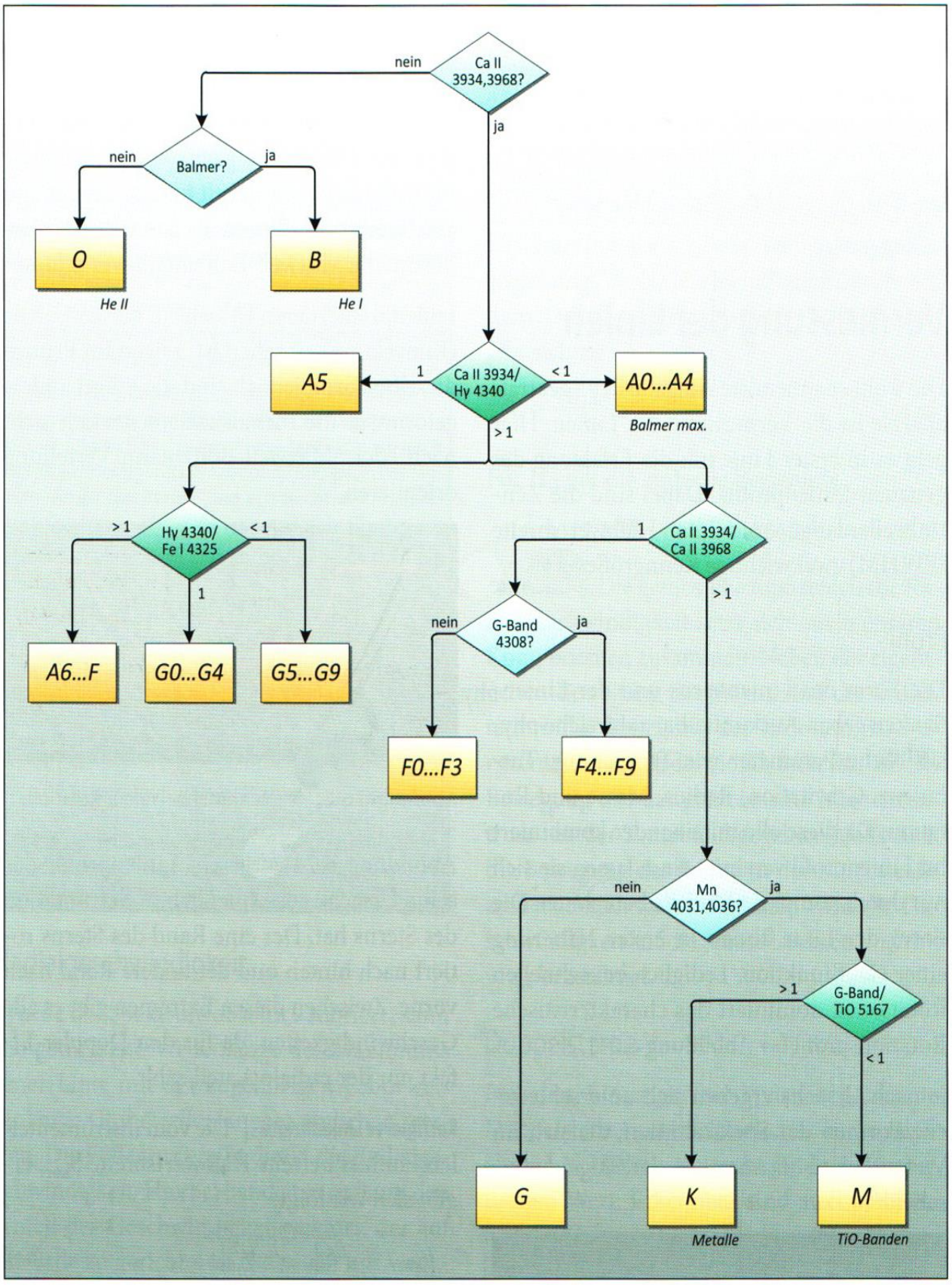


Abbildung 22: Klassifikationen.

4.3.2 Bestimmung der Elemente:

Um die chemischen Elemente heraus zu finden werden Vergleichsspektren benötigt, von denen man die chemische Zusammensetzung kennt. Es werden zuerst die Wellenlängen der Absorptionslinien im Spektrum bestimmt. Diese werden dann mit den Spektren der chemischen Elemente verglichen.

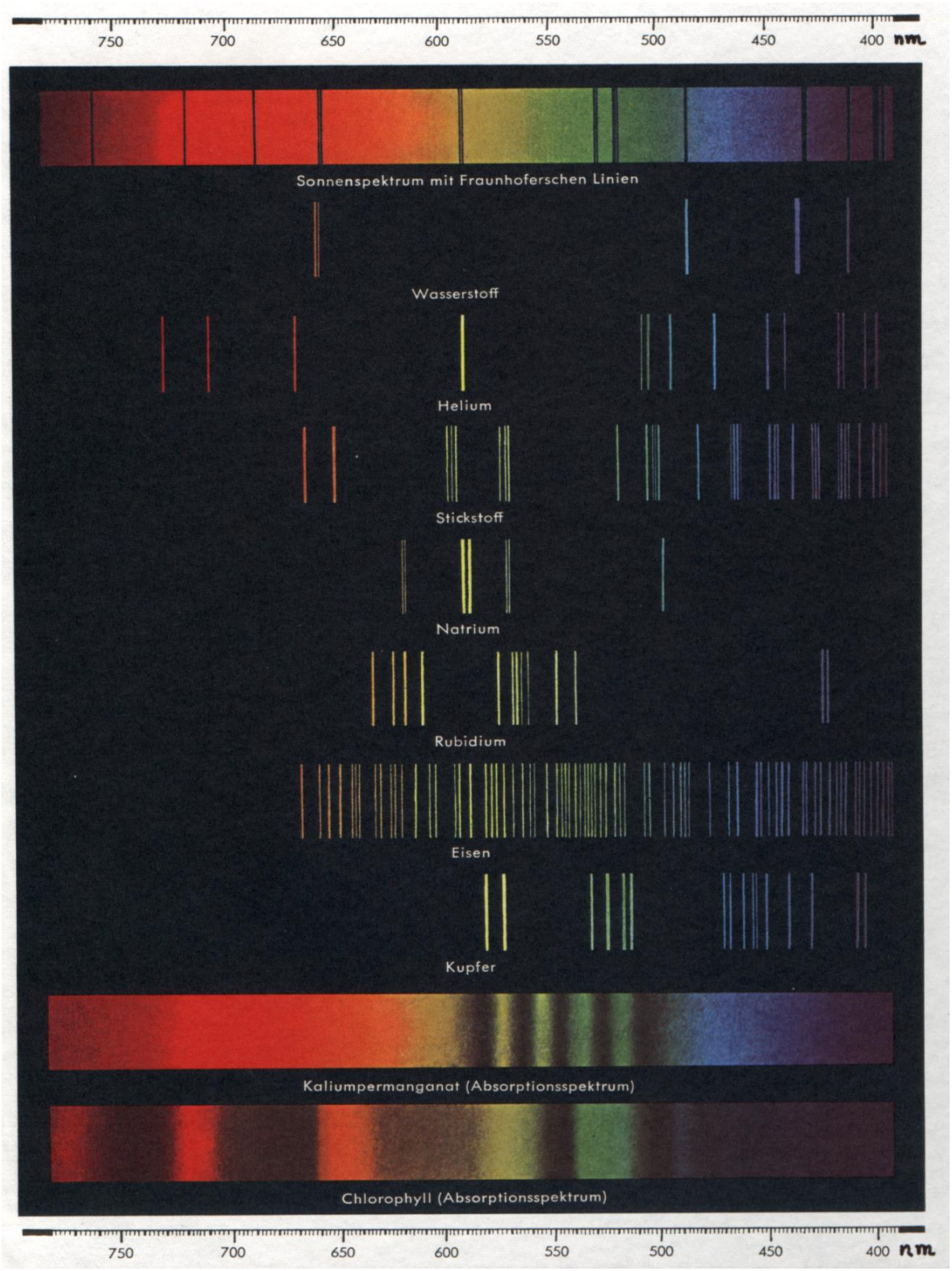


Abbildung 23: Die Elemente in einem Spektrum.

4.3.3 Bestimmung der Atmosphärentemperatur:

Um die Temperatur der Atmosphäre zu ermitteln, sind die Balmer-Linien sehr gute Indikatoren. Sie entstehen, wenn beim Wasserstoff ein Elektron von einer Schale über dem Grundzustand wieder zurück zum Grundzustand fällt. Wenn keine Balmer-Linien zu sehen sind, wird es sich um einen sehr kühlen Stern handeln, da sich die Elektronen nicht so schnell bewegen und daher auch nicht so häufig zusammen stoßen, sodass dein Elektron den Grundzustand verlässt. Der Stern wird eine Temperatur unter 3000° besitzen. Bei Sternen zwischen 3000° und 10.000°, sind die Balmer-Linien sehr stark ausgeprägt, weil die Elektronen meistens auf die zweite Stufe gestoßen werden und sich daher starke Balmer-Linien zeigen. Bei schwachen Balmer-Linien wird wohl der Stern über 10.000° warm sein, weil sich dann einige Elektronen auf höheren Niveaus befinden.

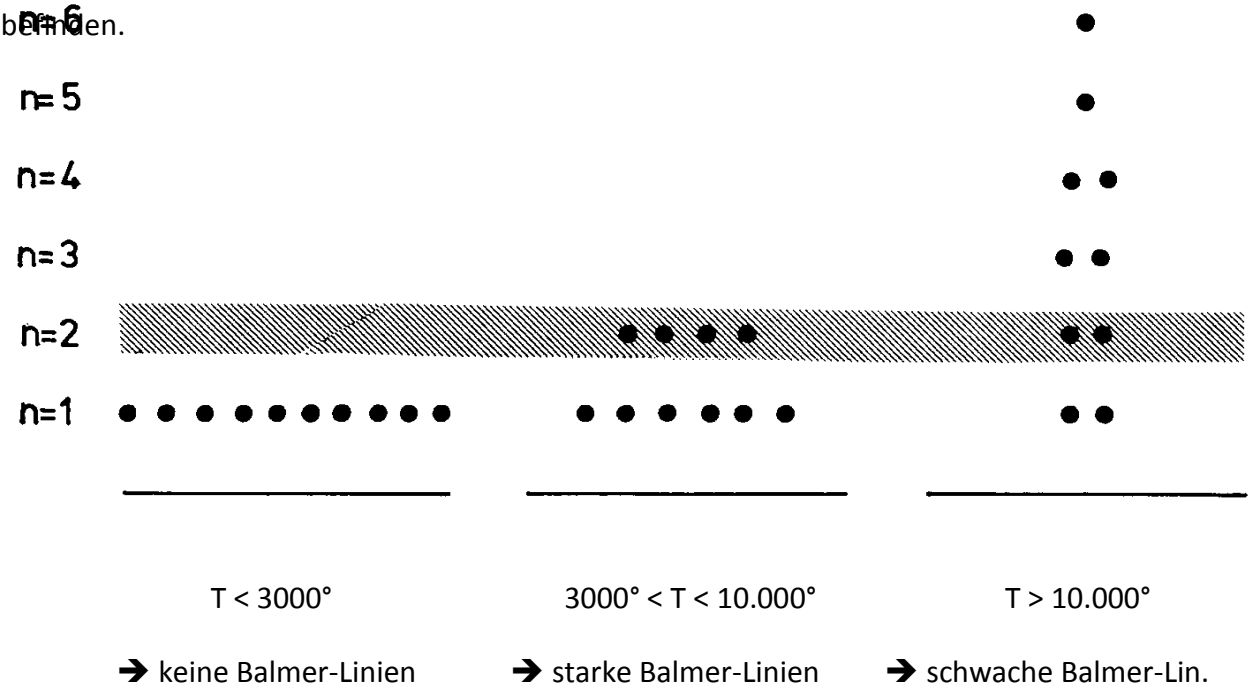


Abbildung 24: Bestimmung der Temperatur durch Balmer-Linien

Die Atmosphärentemperatur lässt sich auch anhand anderer Elemente als Wasserstoff bestimmen. Von je mehr Elementen man die Temperatur ermittelt hat, desto genauer kann sie bestimmt werden. Hier eine Beispielgraphik, in der man sieht, an welchen Elementen man welche Temperaturen erkennen kann:

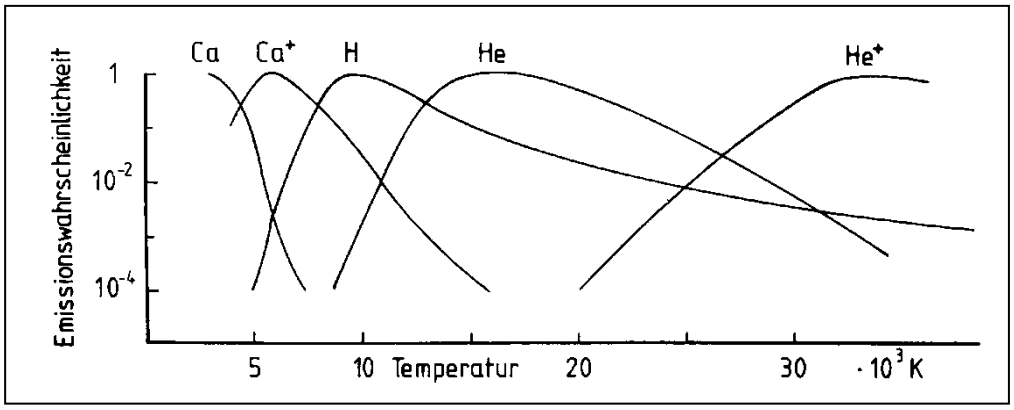


Abbildung 25: An diesen Stoffen kann man auch noch die Temperatur ermitteln.

4.3.4 Bestimmung der Geschwindigkeit relativ zur Erde:

Um die Geschwindigkeit relativ zu Erde bestimmen zu können, muss man verschiedene Spektren miteinander vergleichen. Wenn die Absorptionslinien, wie zum Beispiel die Balmer-Linien, im Spektrum weiter nach rechts gerückt sind und dieses Phänomen auch für die anderen Absorptionslinien im gleichen Maße zutrifft, so bewegt sich das Objekt von der Erde Weg. Wenn sich das Objekt in unsere Richtung bewegt, so sind die Absorptionslinien nach links verschoben. Hier zwei Beispiele:

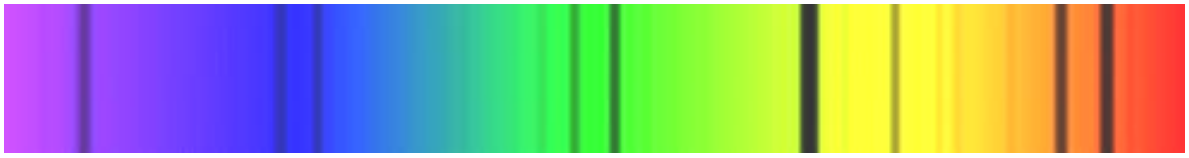


Abbildung 26: Dies ist ein Spektrum, welches sich relativ zu der Erde nicht bewegt.

Abbildung 27: Im Gegensatz zu dem oberen Spektrum sind die gleichen Absorptionslinien nach rechts verschoben. Daraus lässt sich schließen, dass sich das Objekt von der Erde wegbewegt.

4.3.5 Bestimmung der Leuchtkraft und der Größe:

Damit die Leuchtkraft eines Objektes bestimmt werden kann, benötigt man verschiedene Vergleichsspektren mit der gleichen Oberflächentemperatur. Aus der Breite der Absorptionslinien kann man verschiedene Tatsachen ableiten. Je schmaler die Linien sind, umso geringer ist der Druck, dadurch ist das Objekt lockerer gebaut und besitzt einen größeren Radius, woraus resultiert, dass das Objekt eine größere Leuchtkraft hat, als das Vergleichsobjekt. Gegenteilig sieht es bei dickeren Absorptionslinien aus. Je dicker die Linien sind umso höher ist der Druck, dadurch ist das Objekt kompakter gebaut und besitzt einen geringeren Radius, woraus man schließen kann, dass das Objekt eine geringere Leuchtkraft besitzt als ein Vergleichsobjekt. Ein Bespiel von HR 1040 und αLyr (Wega):

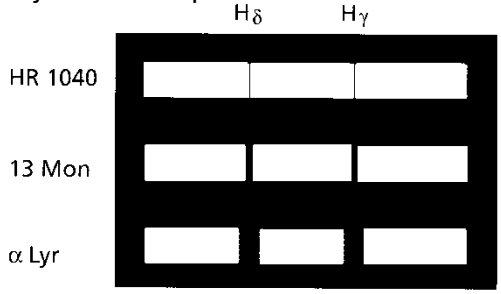


Abbildung 28: Beispiel der Leuchtkraftbestimmung.

Man erkennt anhand der Absorptionslinien, dass HR 1040 eine höhere Leuchtkraft und einen größeren Radius als 13 Mon und αLyr (Wega) hat.

5. Aufbau und Durchführung der Aufnahme vom Tageslichtspektrum:

Ich nehme zum Vergleich vom Mars- und Venusspektrum das Tageslichtspektrum, weil Mars und Venus das Sonnenlicht absorbieren und daher das Licht der Sonne nötig ist, um die Unterschiede von dem Sonnenlicht und dem reflektierten Licht vom Mars fest zu stellen. Um das Sonnenlichtspektrum aufzunehmen, habe ich mir nach der Schule Zeit genommen und bin zur Sternwarte gegangen. Ich habe mir den Dados-Koffer besorgt und an einer Insel den Laptop aufgebaut.

Abbildung 29: Laptop ist schon hochgefahren und startbereit. Der Dados-Koffer liegt auch bereit daneben.

Abbildung 30: Das ist eine Aufnahme vom Dados-Koffer wenn man ihn öffnet.

Nun habe ich an den Dados den Schnellwechsler angeschraubt um dann die Schwarz-Weiß Kamera anzusetzen.

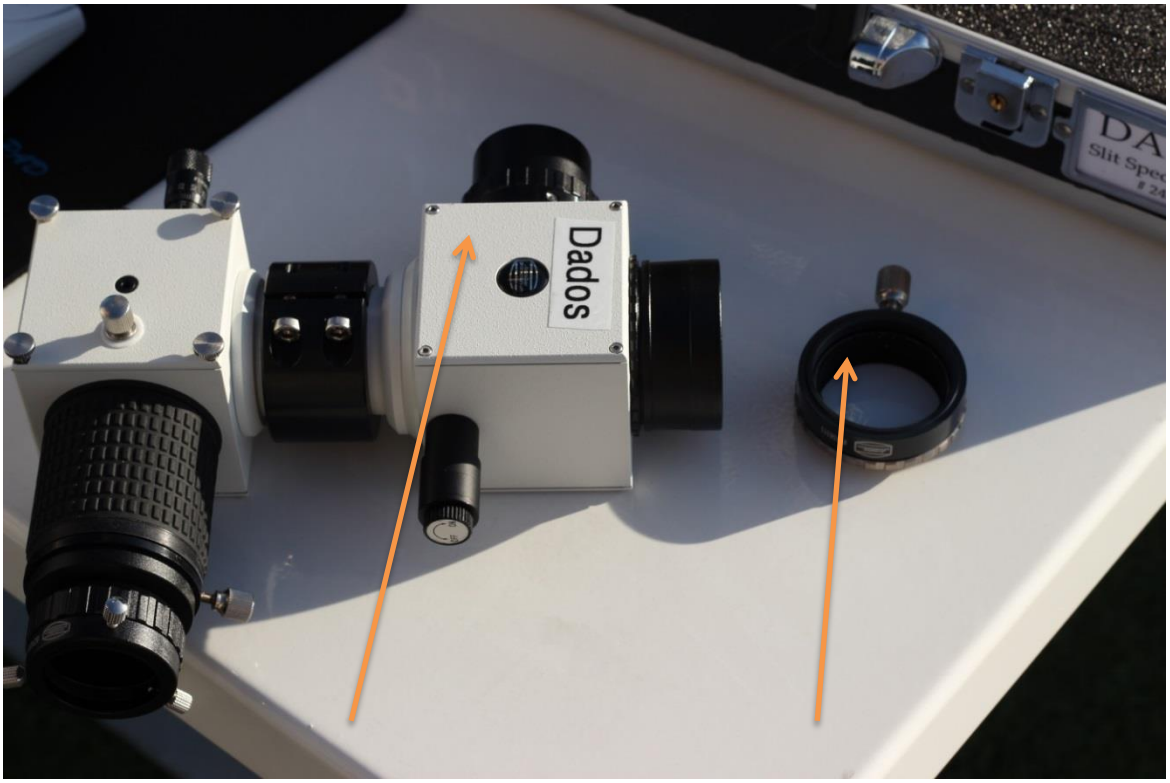


Abbildung 31: Rechs liegt der Schnellwechsler um angeschraubt zu werden.

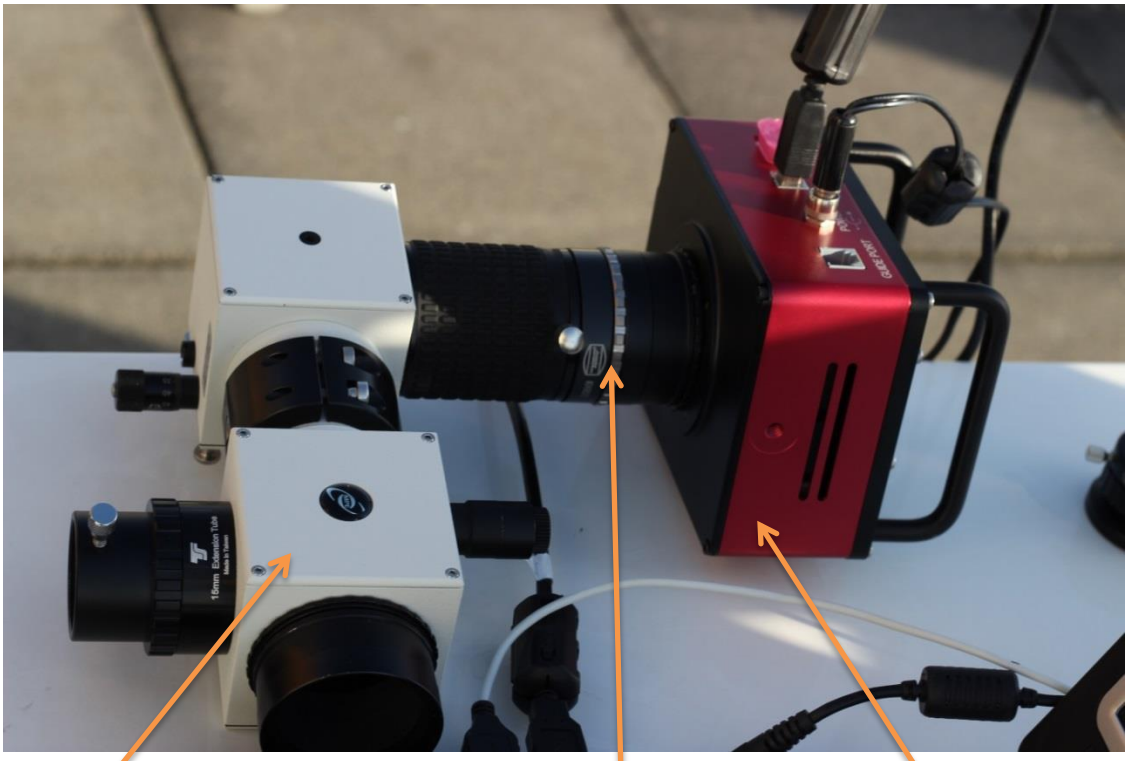


Abbildung 32: Nun wird die Schwarz-Weiß Kamera mit Hilfe des Schnellwechslers mit dem Dados verbunden.

Die Schwarz-Weiß Kamera wird nun an den PC angeschlossen und mit MaxIm DL runtergekühlt (auf 20 Grad unter Außentemperatur). Dann muss das Bild regelmäßig aktualisiert werden, damit man das Spektrum gerade und scharf aufnehmen kann. Man muss aber darauf achten, dass man die erste Ordnung fotografiert.

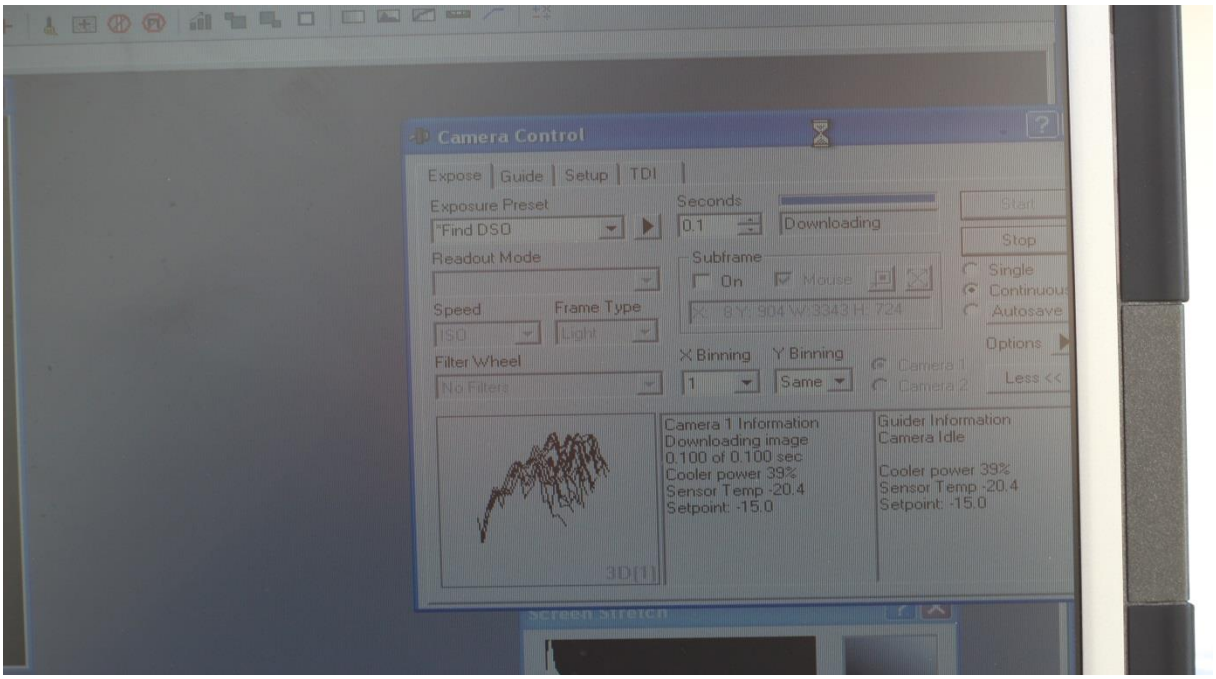


Abbildung 33: Eine mögliche Einstellung um ein immer aktuelles Bild von der CCD Kamera zu bekommen.

Man sollte nun Aufnahmen von einem geraden und geschärften Spektrum machen können.

Abbildung 34: So könnte ein scharfes und gedrehtes Spektrum aussehen.

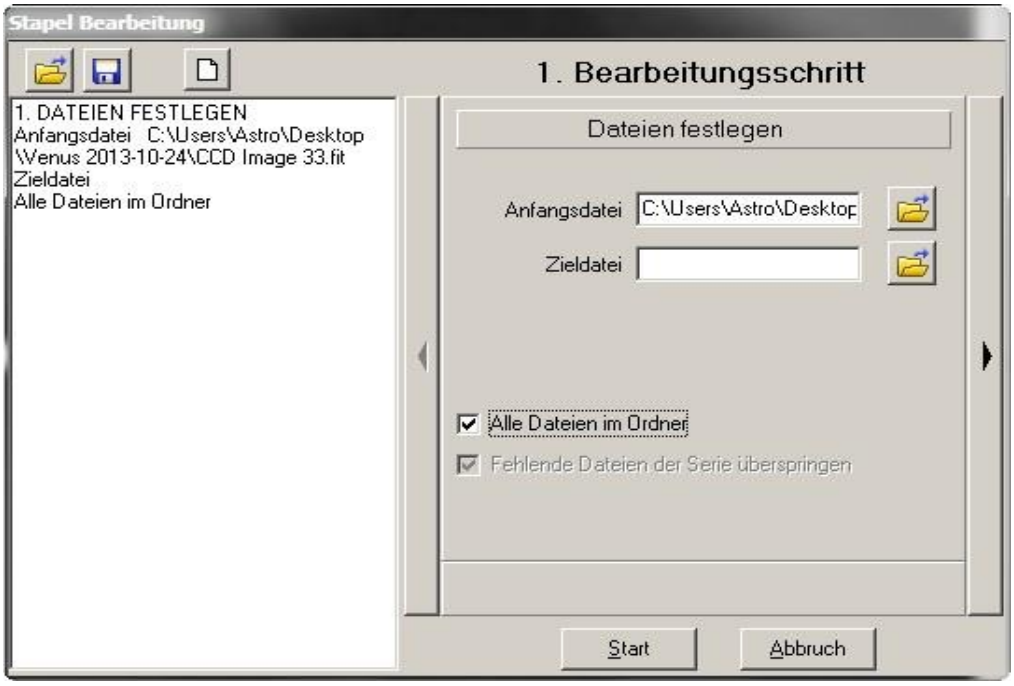
Beim Abbau muss darauf geachtet werden, dass die Kamera langsam erwärmt wird, da sie sonst beschädigt wird.

6. Die Bearbeitung von Spektren:

Die Bearbeitung von Spektren am Beispiel von einem Tageslichtspektrum. Da man ein aufgenommenes Spektrum nicht analysieren kann, weil zum Beispiel die Wellenlängen der Absorptionslinien nicht zu erkennen sind, muss es bearbeiten, sodass man die Wellenlängen ablesbar sind und damit auch auswertbar.

6.1 Das Summenspektrum:

1. Alle aufgenommenen Spektren werden in einem Ordner gesammelt.
2. „Fitswork“ öffnen, um die Spektren zu stacken
3. „Datei“ -> „Stapelbearbeiten“ -> „Ordner auswählen“ -> „Zu Zieldatei addieren“.



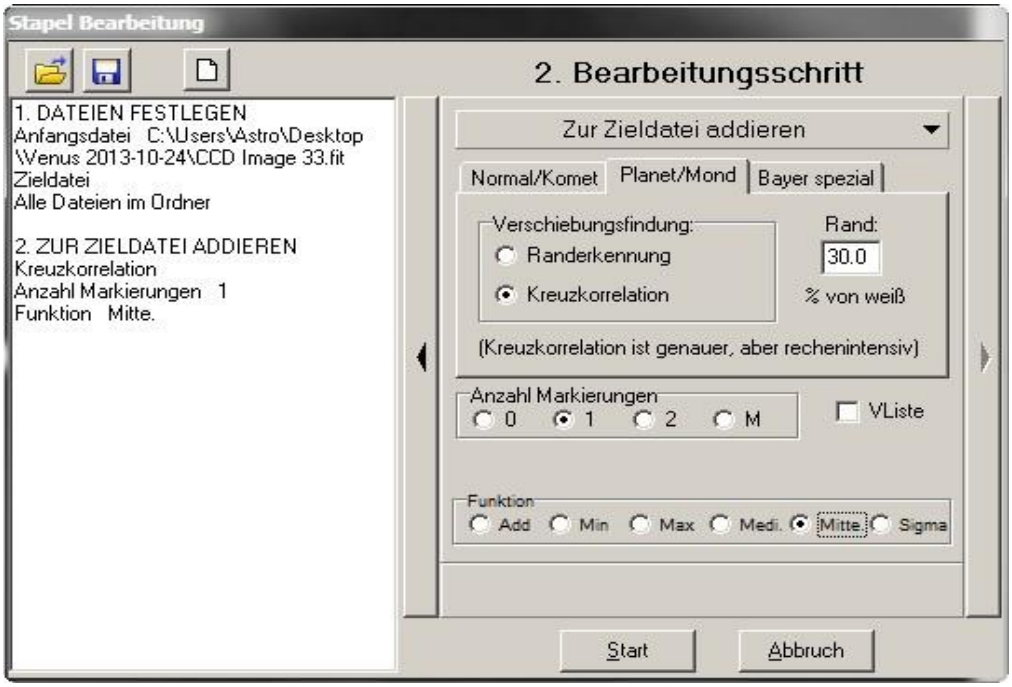


Abbildung 35, 36: Der dritte Bearbeitungsschritt für das Summenspektrum (s.o.).

4. Nun wählt man das Summenspektrum aus und speichert es ab.

6.2 Spektrum drehen und Ausschneiden:

1. Summenspektrum auswählen
2. „Bearbeiten“ -> „Bildgeometrie“ -> „Bild rotieren mit Hilfslinie“
3. Mit Maus das Spektrum horizontal ausrichten
4. Spektrum markieren und auf „Ausschnitt“ drücken

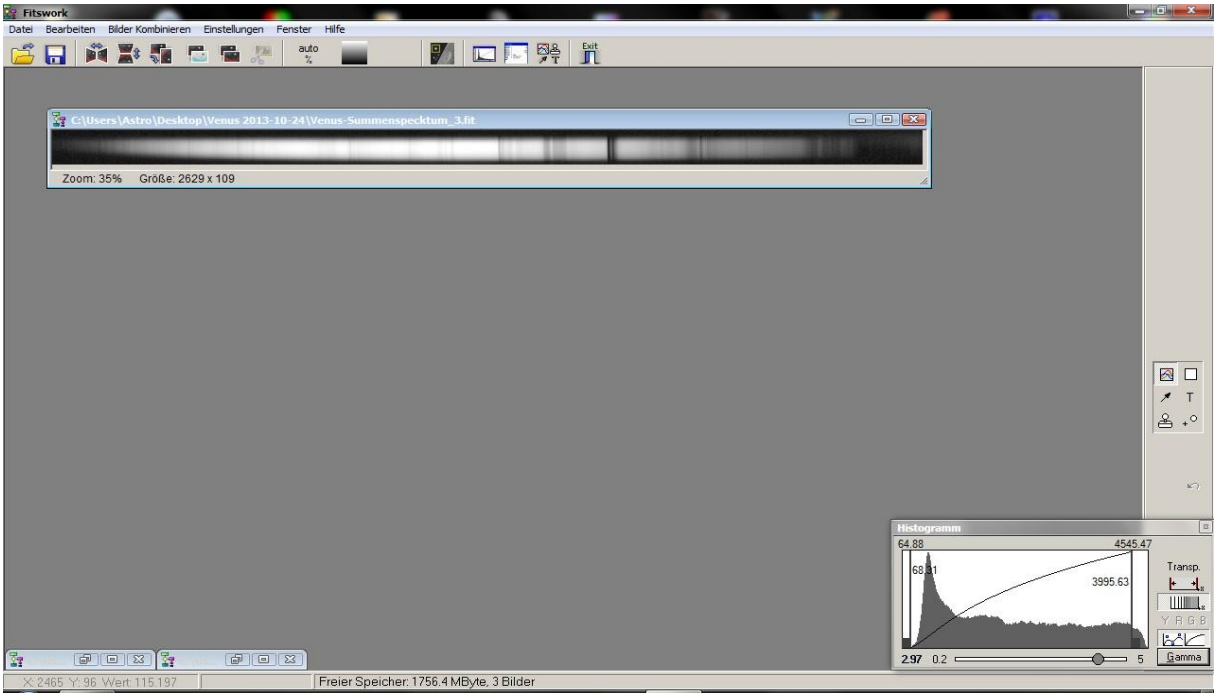


Abbildung 37: Ein gestacktes, gedrehtes und ausgeschnittenes Spektrum.

6.3 Mit VisualSpec einen Scan erstellen:

1. VisualSpec öffnen
2. „Options“ -> „Präferenz“ -> „Ordner auswählen“
3. „Open Image“ -> Summenspektrum auswählen
4. „Display reference binning zone“ -> Spektrum markieren
5. „Objekt binning“
6. Neu abspeichern

Abbildung 38: Mit VisualSpec einen Scan erstellen.

6.4 Wellenlängenkalibrierung:

1. Calibration multible lines
2. Erneut abspeichern

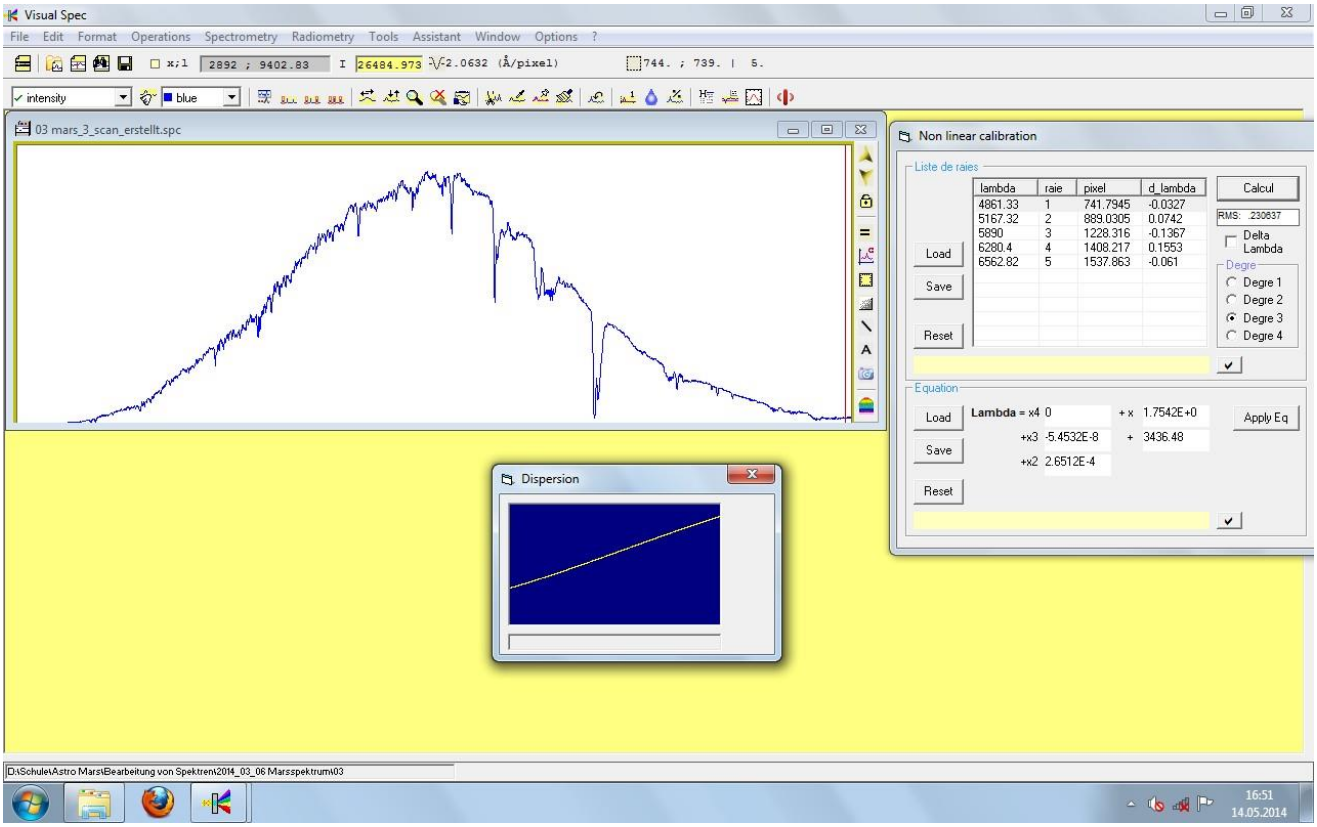


Abbildung 39: Eine Erfolgreiche Kalibrierung mit einem RMS-Wert von ca. 0.23.

6.5 Flusskalibrierung und Normierung:

1. „Assistant“ -> „Instrumental response“ -> oberer grüner Pfeil -> G2V öffnen -> 2. grüner Pfeil -> Bild speicher
2. „Radiometry“ -> „ Compute Cuntinuum“ -> „point“ -> Punkte über den ganzen Graphen setzen (Tiefpunkte werden vernachlässigt) (?)-> „Execute“ -> „Earse graphic“ -> „Fit Intensity“ -> „Edit“ -> „Replace“ -> „Intensite“ -> Bild speichern
3. Zuerst kalibriertes Spektrum und dann geglättetes Referenzspektrum öffnen
4. „Operations“ -> „Divide profile by a profile“ -> „Earse graphic“ -> “Division” -> “Normalize” -> „Edit“ -> „Replace“ -> „Intensite“ -> Bild speichern

6.6 Spektren-Vergleich:

1. Öffne die zu vergleichenden Spektren

"Tools" -> "Stack and Shift Y" -> beliebig einstellen -> „Ok"

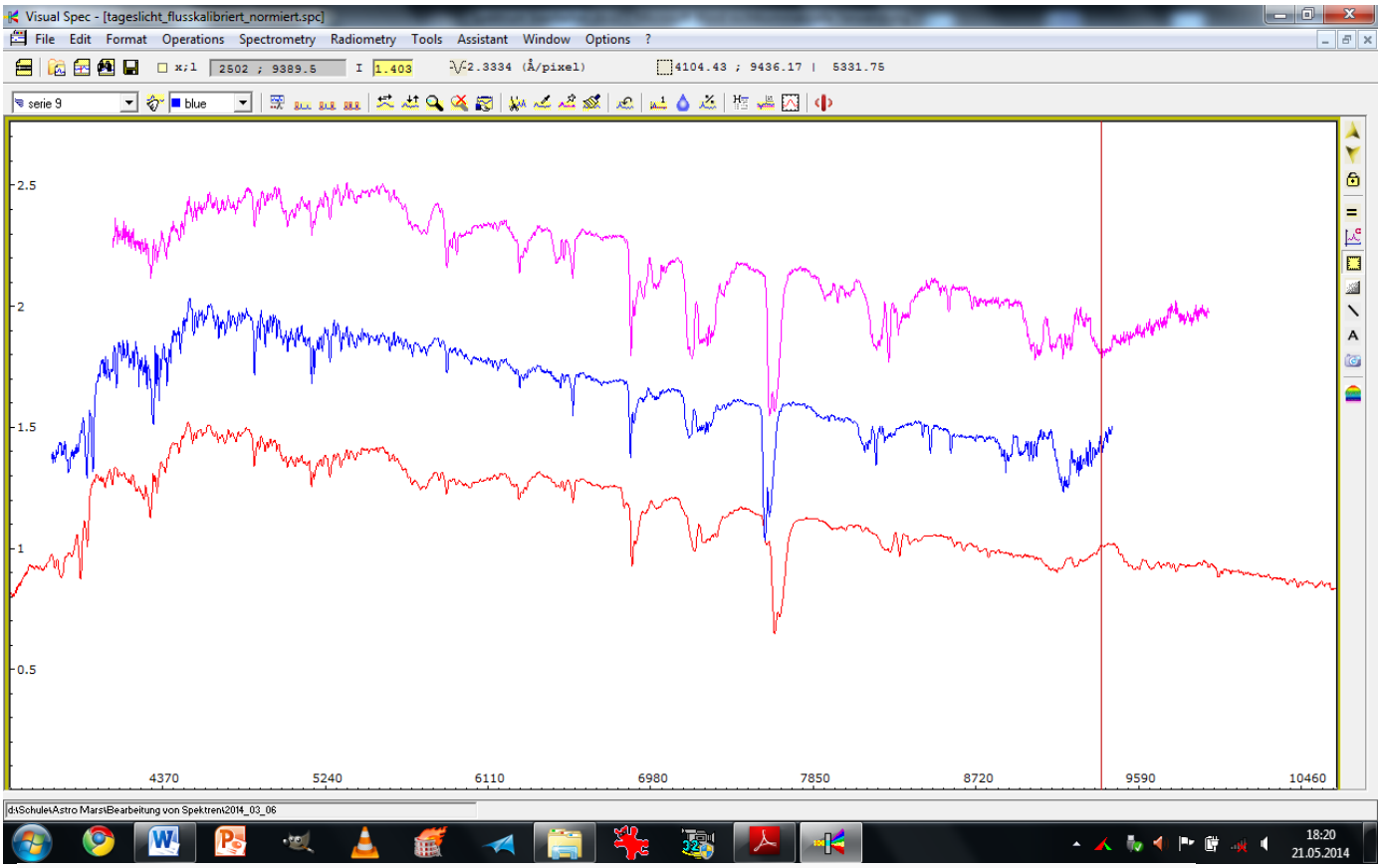


Abbildung 40: Oben: Venus, Mitte: Mars, Untern: Tageslicht. Die Spektren sind im infraroten Bereich leicht verschoben.

7. Vergleich des Marsspektrums mit Venus, Tageslicht und Walker Atlas:

Nun analysiere ich meine Spektren und vergleiche die Analyse mit dem Walker Atlas.

7.1 Analyse von Richard Walker:

Richard Walker hat bei seiner Analyse zu Mars-, Venus- und Tageslicht als erstes festgestellt, dass Mars und Venus nicht selber strahlen, sondern nur das Licht der Sonne reflektieren können. Mars und Venus bestehen beide zu ca. 96 % aus CO_2, wobei die Venus einen Druck von etwa 90 bar hat (ca. 90mal so viel wie die Erde) und der Mars nur 0,006 bar (0,63 % der Erde). Auf der Venus sollten daher Stickstoff (N_2), Wasserdampf (H_2O), und Schwefelverbindungen in der Form von Schwefeldioxid (SO_2) und Schwefelsäure (H_2SO_4) das Spektrum beeinflussen. Der Mars hingegen sollte das Sonnenlicht vor allem mit seiner Gesteinsoberfläche verändern.

Das Resultat, das Richard Walker aus der Analyse seiner Spektren gezogen hat, ist, dass er mit seinen Möglichkeiten den Unterschied nicht sicher herausstellen konnte. Er sagt aber auch, dass Experten mit hochaufgelösten Spektren diese Unterschiede sichtbar machen könnten.

[3]vgl.: http://www.ursusmajor.ch/downloads/spektralatlas-5_0-deutsch.pdf

7.2 Meine Analyse der Spektren:

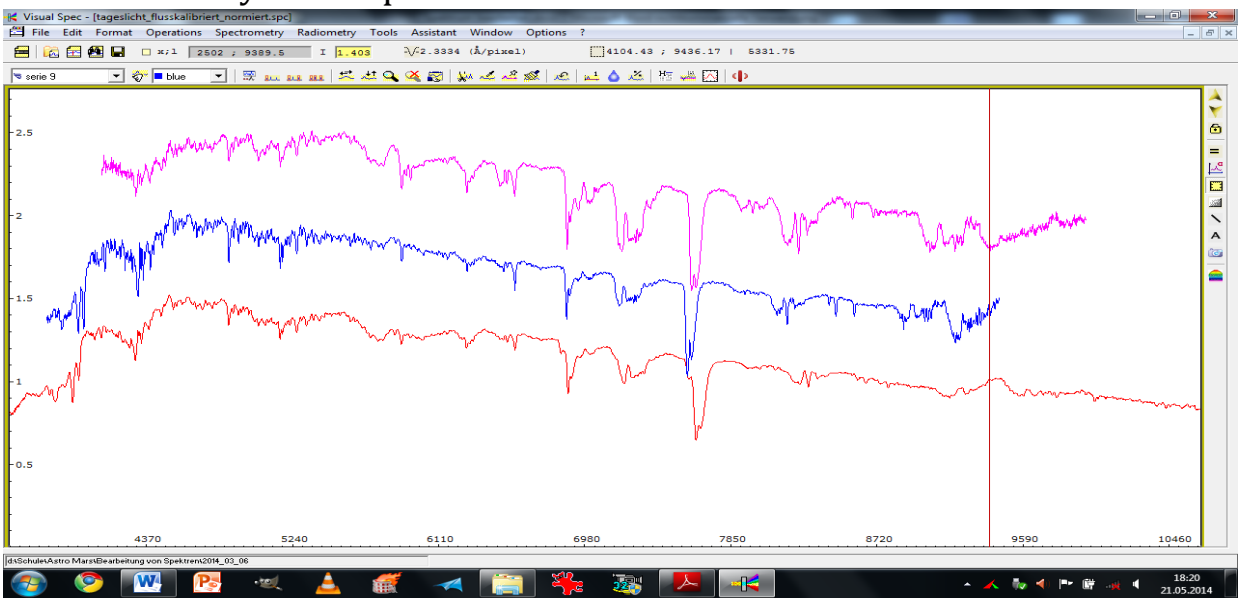


Abbildung 41: Das ist der Vergleich von Venus-, Mars- und Sonnenlicht (von oben nach Unten)

Als ich die drei Spektren (Venus, Mars, Sonne) miteinander verglichen habe, stellte sich vor allem das Problem, dass die Kalibrierung nicht ganz sauber war und im infraroten Bereich das Spektrum verschoben war. Trotzdem versuchte ich Unterschiede herauszuarbeiten.

Meine Analyse hat ergeben, dass sich die Spektren im Bereich der Wellenlängen von 5850 bis 7450 nicht nennenswerten unterscheiden. Bei den anderen Wellenlängen ist eine Analyse durch die Verschiebung nicht möglich. Diese Wellenlängen im Infraroten und im Ultravioletten zeigen am ehesten Differenzen auf, die aber nicht sicher bestimmd werden können.

7.3 Vergleich meine Analyse und die von Richard Walker:

Wir sind beide zum Entschluss gekommen, dass es Amateurastronomen nicht möglich ist, klare Unterschiede aus zu machen. Um diese feststellen zu können, müssten hochaufgelöste Spektren vorhanden sein und eine optimale Kalibrierung, welche mir im Ultravioletten und im Infraroten nicht gelungen ist, obwohl der RMS-Wert bei allen Spektren zufriedenstellend war.

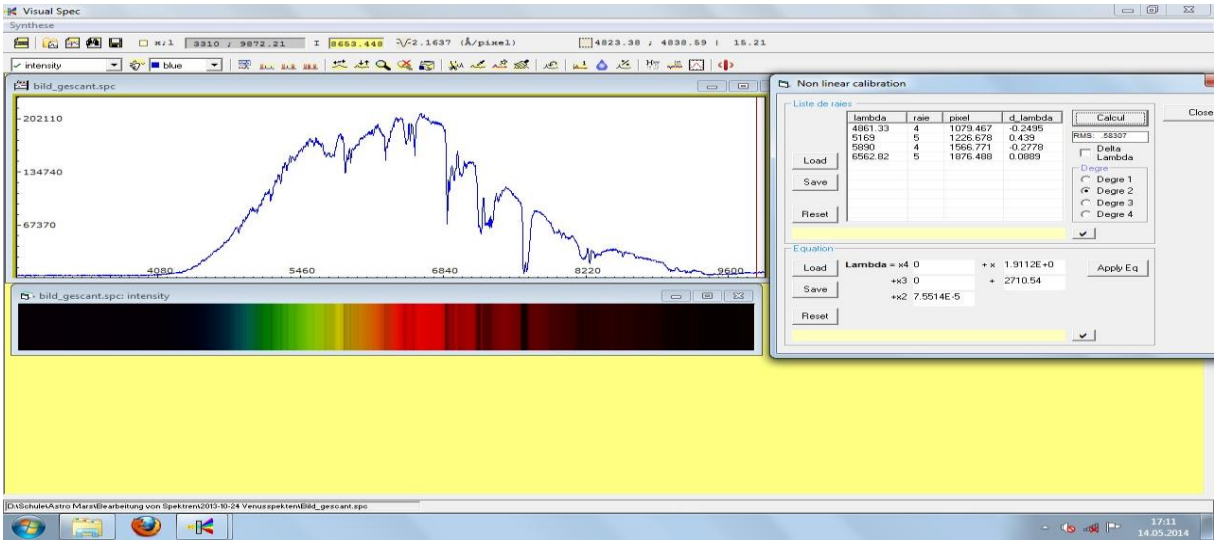


Abbildung 42: Der RMS-Wert liegt bei der Venus-Kalibrierung bei 0.58.

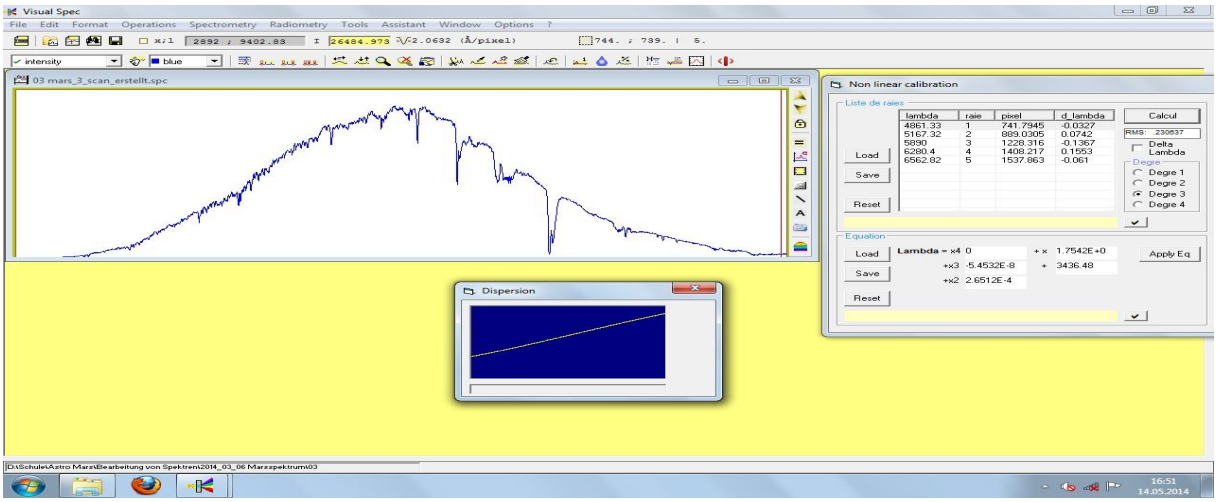


Abbildung 43: Der RMS-Wert liegt bei der Mars-Kalibrierung bei 0.23.

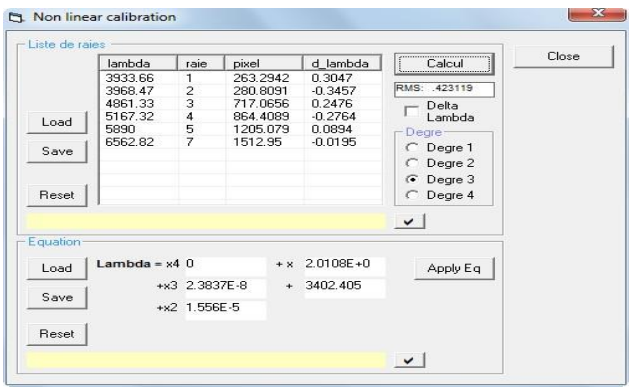


Abbildung 44: Der RMS-Wert liegt bei der Tageslicht-Kalibrierung bei 0.42.

8. Verarbeitung der Marsvideos zu Marsbildern:

Um ein scharfes Marsbild zu erhalten, bearbeitet man am besten ein Marsvideo. Dieses Bild werde ich dann auf die Topografie untersuchen.

Zuerst habe ich mit dem Programm Giotto aus den Videos die schärfsten 5% der Bilder rausfiltern lassen. Ich habe Puffer A ausgewählt -> Bildüberlagern-> Überlagere Bilder automatisch und dann habe ich Folgende Punkte ausgewählt:

1. Alle Einzelbilder

2. Kein Haken

3. Planetenscheibchen zentrieren

4. Kein Haken

5. Haken: Autosortierung und Prüfergebnis „Planet“

6. Mitteln

7. Kein Haken

Und „Weiter“.

Dann muss nur noch das zu stackende Video ausgewählt werden.

Das Schärfen und Filtern habe ich auch mit Giotto gemacht. Ich bin auf „Bearbeiten“ -> „Schärfen“ gegangen. Hier ist Ausprobieren und Fingerspitzengefühl gefragt.

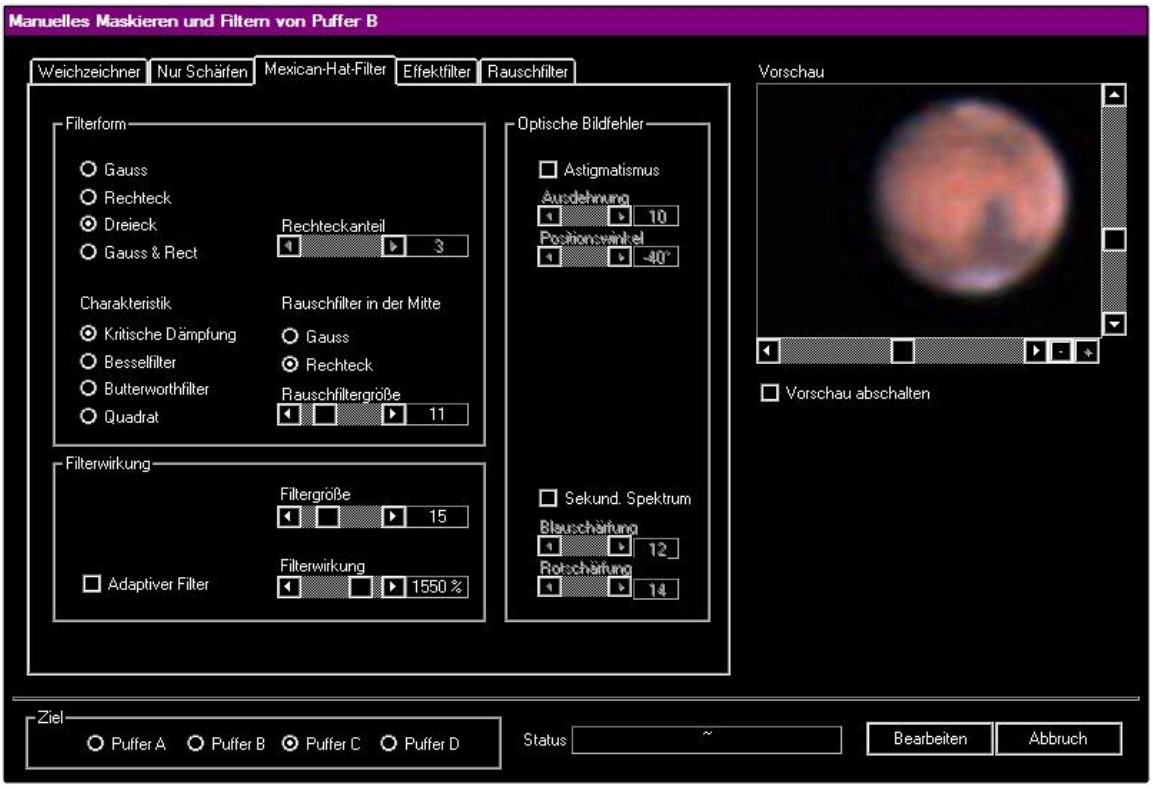


Abbildung 45: Hier sieht man das Fenster zur Schärfung und Filterung des Bildes am Beispiel Mars.

Um den Blau- und Rot-Kanal richtig einzustellen muss man auf „Bearbeiten“ -> „RGB in Lage und Größe korrigieren“ und auch hier braucht man Ruhe und ein gutes Auge, damit keine blauen oder roten Ränder entstehen. Der blaue und rote Farbkanal verschiebt sich, durch die Atmosphäre der Erde, wenn man Objekte aufnimmt, die relativ tief am Himmel stehen

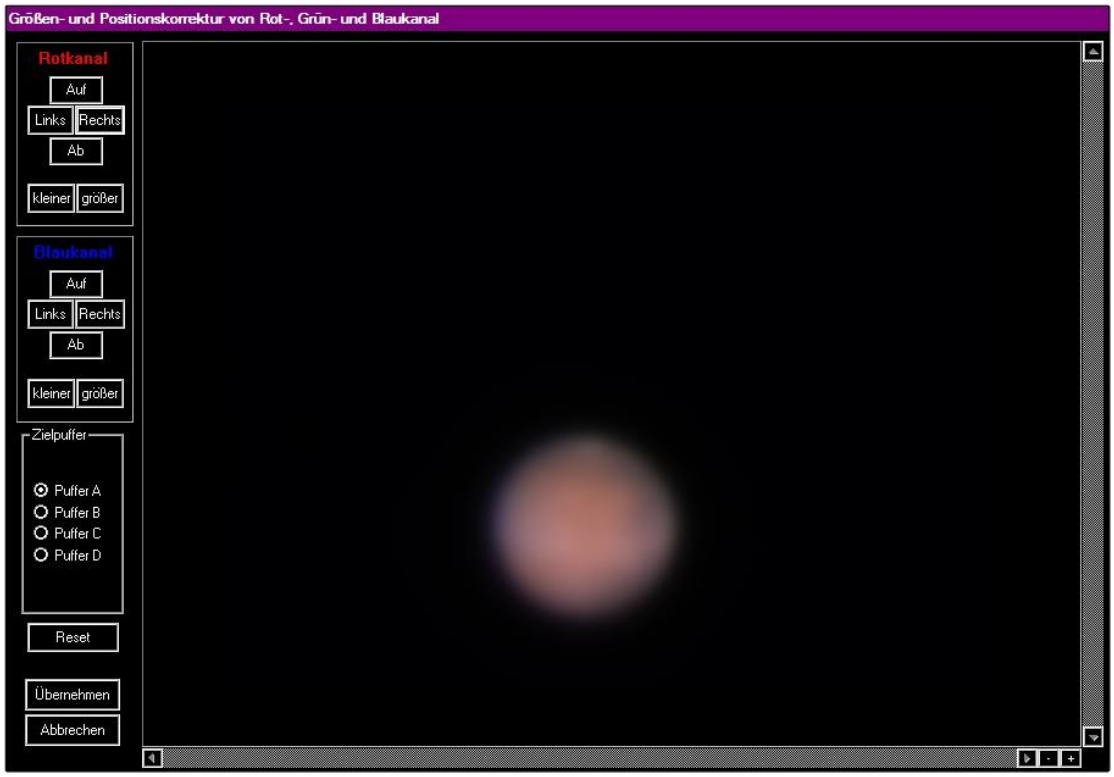


Abbildung 46: Hier kann man, falls nötig, den verschobenen Blau-/Rot-Kanal ausgleichen.

Abbildung 47: Das ist ein fertig gestackte und geschärfte Bild vom Mars.

9. Vergleich mit WinJUPOS:

Das Programm WinJUPOS soll angeben können, wie der Mars zu uns gedreht sein soll. Dies wollte ich kontrollieren und habe den Vergleich gemacht. Ich öffne WinJUPOS und stelle Datum und Uhrzeit der Bildaufnahme ein. Dann habe ich mein Bild neben die WinJUPOS-Datei gelegt, um zu prüfen, ob man die gleichen Oberflächenstrukturen wieder erkennt und diese an den gleichen Stellen liegen.

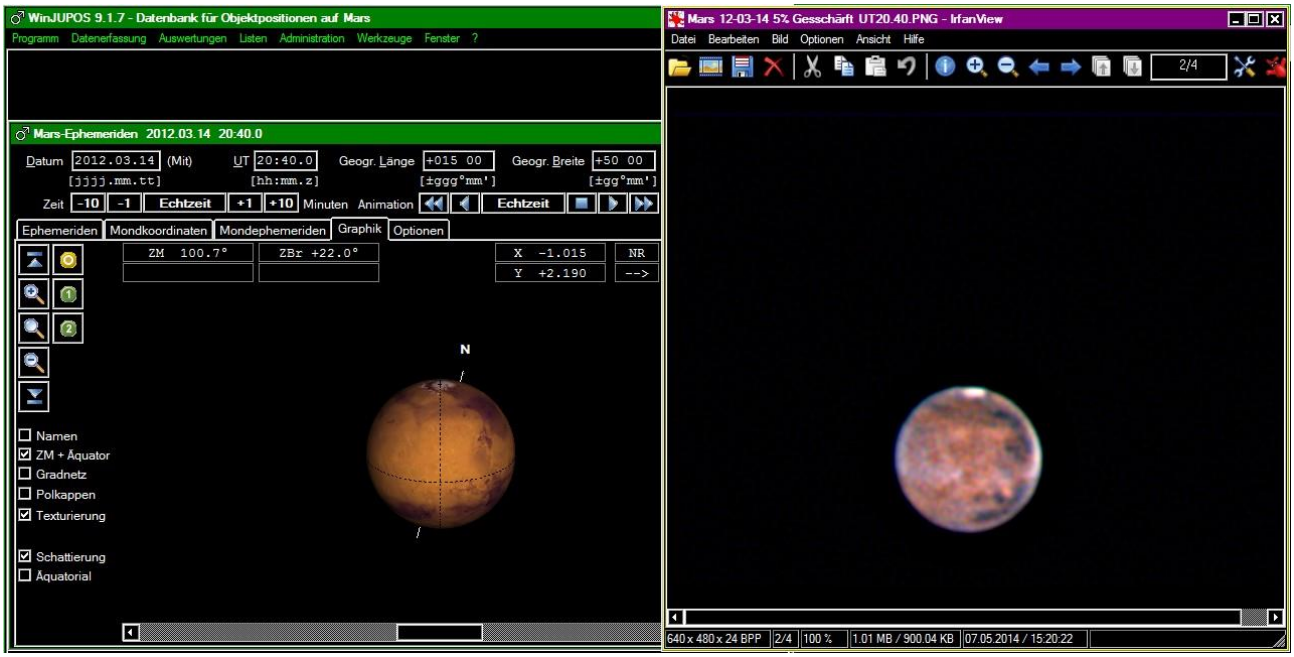


Abbildung 48: JUPOS und Aufnahme vom 14.03.2012 stimmen überein.

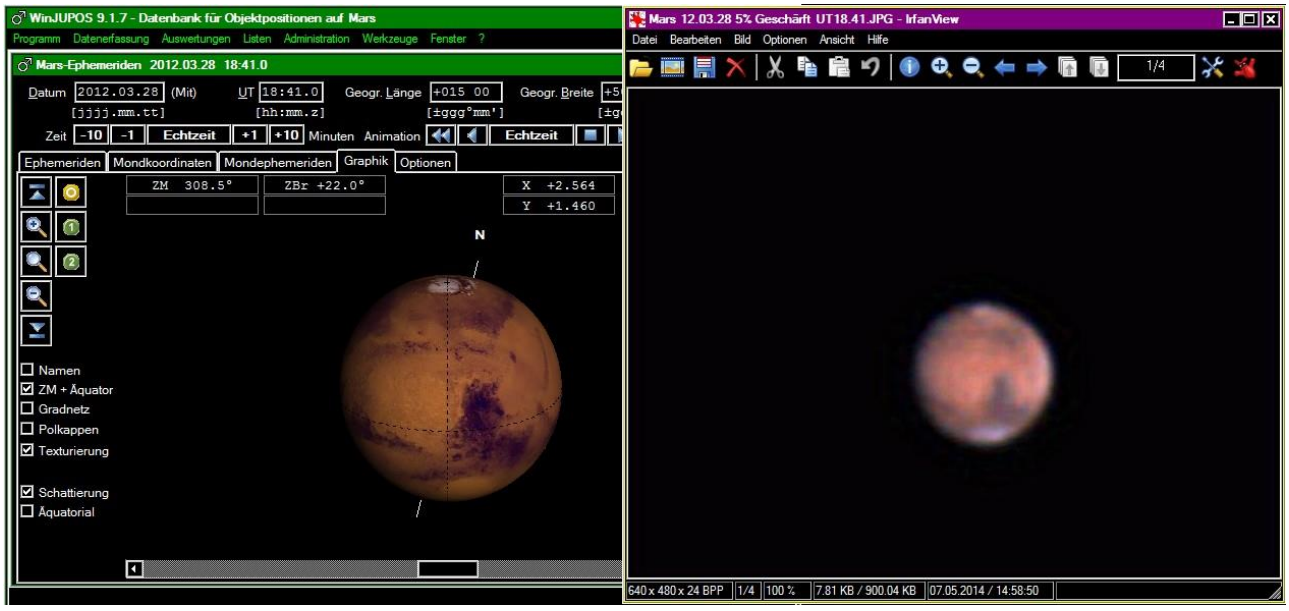


Abbildung 49: JUPOS und Aufnahme vom 28.03.2012 stimmen überein.

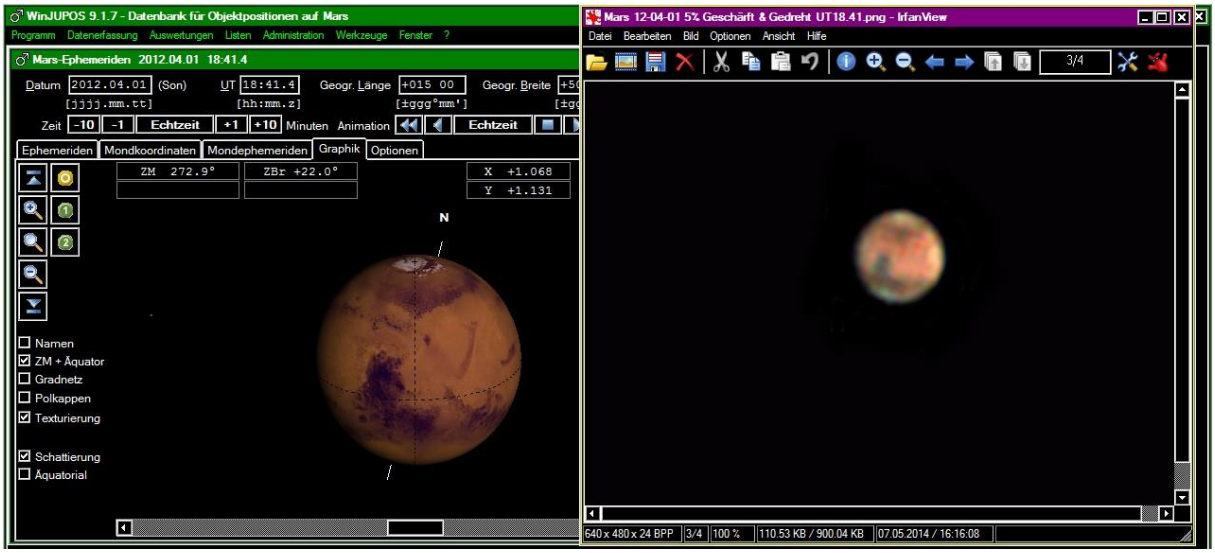


Abbildung 50: JUPOS und Aufnahme vom 01.04.2012 stimmen überein.

Das Resultat des Vergleiches ist, dass WinJUPOS und die Aufnahmen vollkommen übereinstimmen. WinJUPOS zeigt also die Rotation des Mars aus der Sicht der Erde sehr gut an.

10. Topografie:

Auf den bearbeiteten Mars Bilder habe ich versucht, die Oberflächenstrukturen zu identifizieren. Das Ziel ist es, dass ich die Marsbilder beschriften kann, sodass sie als Vergleichsmaterial genutzt werden können.

10.1 Topografie des Mars: 28.03.2012

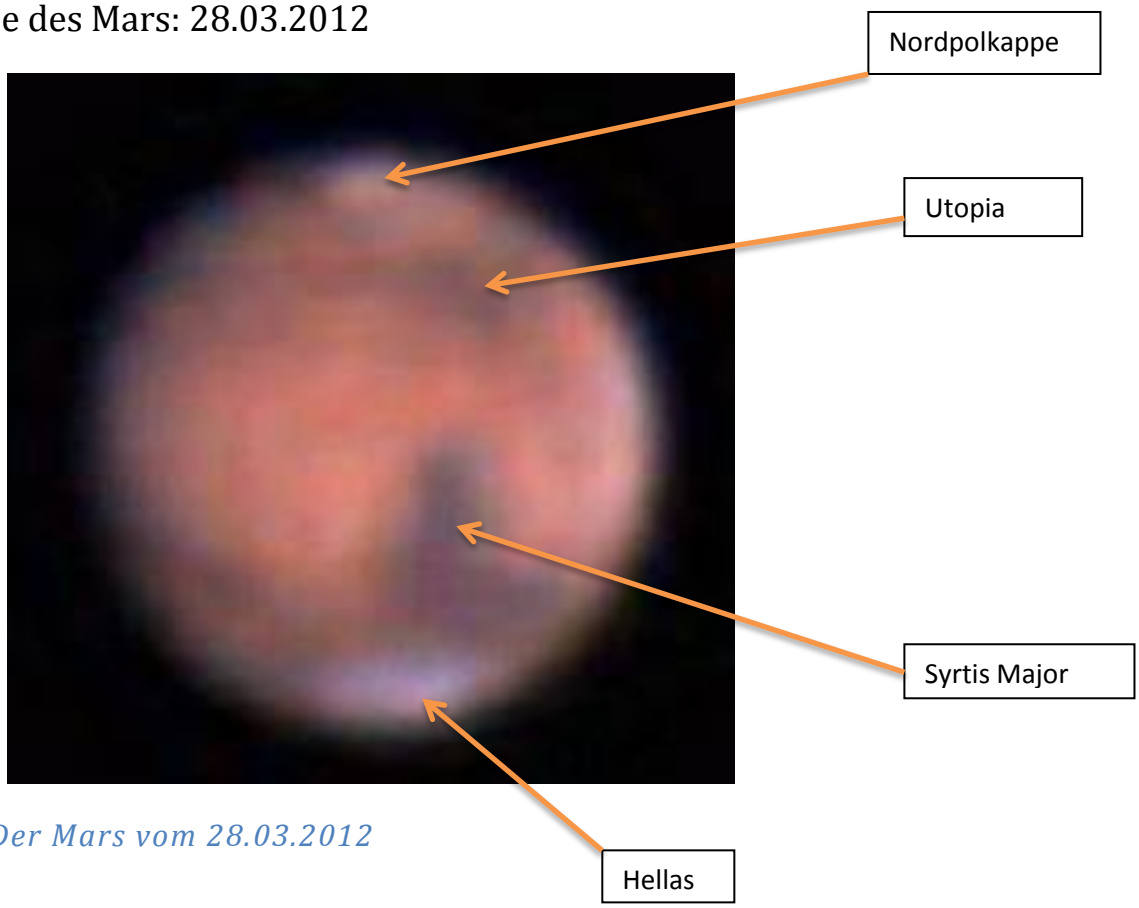


Abbildung 51: Der Mars vom 28.03.2012

10.2 Topografie des Mars: 14.03.2012

Abbildung 52: Der Mars am 14.03.2012

Bei den geschärften Marsbildern lässt sich die Topografie mit Hilfe von schon beschrifteten Marsaufnahmen bestimmen. Verglichen wurde mit der Aufnahme vom 06.03.2012 um 22:30:19 UT von Bernd Koch.

11. Mars One Mission:

Mars One Mission. Was steckt da hinter?

Das Ziel der Mars One Mission ist, dass eine menschliche Siedlung auf dem Mars etabliert wird. Der Mars soll das „Sprungbrett“ der Menschheit sein für die weitere Entdeckung des Universums. Zudem könnte der Mars uns entscheidende Hinweise auf unseren Ursprung und den Ursprung des Sonnensystems bringen.

11.1 Chronologischer Ablauf:

1. Gründung (2011)

Bas Lansdorp und Arno Wielders starten die Mars One Mission und legen damit den Grundstein für alles andere was kommt. Es wurden Zeitpläne erstellt, die Finanzierung geplant und das Ziel der Mission definiert.

2. Geplanter Ablauf (2013)

Im April 2013 wurde das Astronauten-Auswahlprogramm auf Pressekonferenzen in New York und Shanghai gestartet. Runde 1 ist eine Online-Anwendung, welche für alle Nationalitäten offen ist. Diese Anwendung wertet die Angaben der Bewerber aus, um die Bewerber heraus zu filtern, die für die Raumfahrt geeignet sind. In den darauf folgenden zwei Jahren wurde ein Selektionsprogramm, bestehend aus drei zusätzlichen Runden, durchgeführt.
Am Ende werden sechs Teams mit je vier Mitgliedern ausgewählt. Jedes Jahr werden neue Interessenten gesucht um immer genug Astronauten zu haben.

3. Ausbildung (2015)

2015 fängt für die ersten ausgewählten Astronauten die Ausbildung an. Das Training wird bis zum Jahr 2024, in dem ihrer Rakete startet, andauern. Der wichtigste Teil der Ausbildung ist, dass sie lernen, lange an einem abgelegenen Ort zu sein. Zusätzlich lernen sie, wie sie eigene Lebensmittel anbauen und Teile von den Maschinen reparieren.

4. Mission (2018)

Ein Kommunikations- und Erkundungssatellit wird im Jahr 2018 ins All geschossen. Er ermöglicht eine durchgängige Kommunikationsmöglichkeit zwischen Mars und Erde. Zudem können Bilder und Videos von der Marsoberfläche gesammelt werden.

5. Start der Roboter (2020/2022)

Ein intelligenter Rover mit Anhänger sucht eine geeignete Stelle für die Ansiedlung und bereitet die Oberfläche für den Bau vor. Eine geeignete Position sollte genug Wasser (Eis) in der nähe besitzen, flach genug sein um gut drauf bauen zu können und ausreichend Sonnenlicht für die Solaranlagen empfangen können. 2022 starten zwei Versorgungseinheiten, zwei Wohneinheiten und zwei Unterstützungssysteme von der Erde. 2023 werden sie auf der Fläche, die der Rover vorbereitet hat eintreffen.

6. Bau der Außenposten (2023)

Der Rover fängt mit dem Aufbau des Außenlagers an. Die zwei Versorgungseinheiten, zwei Wohneinheiten und zwei Unterstützungssysteme werden ca. 10 km von dem Außenposten entfernt landen. Zuerst baut der Rover das Unterstützungssystem auf, welches Solarplatten zur Energieversorgung hat. An dieser Station kann sich der Rover schneller aufladen, als dies alleine durch seine Solarplatten möglich ist. Dies führt zu einer höheren Leistungsfähigkeit des Rovers. Nun werden auch die anderen fünf Frachteinheiten angeschlossen. Durch einen Schlauch werden die Wohneinheiten mit Luft, Strom und Wasser versorgt. Wasser und Sauerstoff werden zur Auffüllung der Vorräte aus dem Eis in der Nähe es Außenpostens gewonnen. Bevor die erste Mannschaft die Reise antritt, sollen 3000 Liter Wasser, 120 Kg Sauerstoff auf den Mars gebracht bzw. dort gewonnen werden und ein Druck von 0,7 Bar in den Häusern hergestellt werden (Druck auf der Erde: ca. 1 Bar).

7. Star des ersten Teams (2024)

2024 wird die erste Crew ins All geschossen. Sie soll im Jahre 2025 auf dem Mars landen. Mit dem Start der Rakete werden wohl die Menschen an Bord, die Erde für immer verlassen, da nicht geplant ist, dass einer von ihnen zurückkommen wird.

8. Landung des ersten Teams (2025)

Über 24 Stunden vor der Landung steigt die Crew in ein Landemodul. Die gesamte Rakete wäre nämlich zu groß für eine Landung. Sie wird zurück gelassen und bleibt in der Umlaufbahn der Sonne. Nach der Landung hat das Team 48 Stunden Zeit sich langsam an die neue Gravitationskraft zu gewöhnen. Danach verlassen sie das Landemodul mit den Marsanzügen und werden von dem Rover abgeholt. Sie werden zu den Wohneinheiten gebracht, in denen sie sich die nächsten Tage erst mal erholen dürfen. Nach der Eingewöhnungszeit werden weitere Solarmodule angeschlossen. Wenige Wochen später landet die Fracht für das zweite Team, welche von der ersten Crew und dem Rover aufgebaut wird.

9. Start des zweiten Teams (2026)

Das zweite Team macht sich auf die Reise zum Mars. Es wird dann 2027 auf dem Mars landen und von der ersten Crew begrüßt werden. Erneut trifft wenige Wochen später die Fracht für das dritte Team ein. Alle zwei Jahre soll nun ein neues Team landen.

11.2 Die Technik:

Die Transit Rakete wird die Besatzung innerhalb von sieben Monaten durch das All von der Erde zum Mars bringen. Es besitzt ein Landemodul in das 24 Stunden vor der Landung eingestiegen wird. Der Rest bleibt in der Umlaufbahn der Sonne. Die Landemodule müssen die folgenden Dinge tragen können: Unterstützungssysteme, welche für Energie, Luft und Wasser zuständig sind, Wohneinheiten, Versorgungseinheiten, welche Nahrung, Solarmodule und Ersatzteile enthalten, eine Besetzung oder den Rover für die Vorbereitung der Außenposten.

11.3 Die fünf Säulen der Mars One Mission:

1. Dauerhafte Besiedlung

Die dauerhafte Besiedlung des Mars hat den großen Vorteil, dass in etwa die Hälfte gespart wird, weil nicht für den Rückflug investiert werden muss. Die Hardware kostet schon 6 Milliarden US-Dollar und jede bemannte Landung noch einmal zusätzlich ca. 4 Milliarden US-Dollar. Die zusätzlichen Kosten wären wohl nicht zu tragen gewesen.

2. Nutzung der vorhandenen Ressourcen

Der Mars bietet alle nötigen Ressourcen, die der Mensch für die Besiedlung braucht. Dies hat den Vorteil, dass keine rohen Elemente mittransportiert werden müssen, sondern nur Geräte die die Ressourcen nutzbar machen. Aus dem Eis auf dem Mars kann Trinkwasser und Sauerstoff gewonnen werden. Zudem kann Landwirtschaft betrieben werden. Komplexere Ersatzteile, oder Kleidung müssen natürlich noch hin transportiert werden.

3. Sonnenenergie

Die Energie auf dem Mars wird durch Solarmodule gewonnen. Die Sonne ist ein robuster und sicherer Energielieferant. Auch Risiken, wie bei der Kernenergie, werden so vermieden. Für die Marsmission werden sehr dünne Solarmodule genutzt. Sie haben den Nachteil, dass sie nicht so effizient sind wie normale Solarmodule, dafür sind sie aber sehr leicht. Für die erste Siedlung werden rund 3000 Quadratmeter solcher Solarmodule installiert.

4. Bestehende Technik

Für die Mars One Mission werden keine neuen Erfindungen benötigt. Es kann also auf schon getestete Technik zurückgegriffen werden. Auch die Hersteller sind schon bekannt, sodass man kein großes Risiko eingeht.

5. Unabhängigkeit von der Politik

Die Besiedlung des Mars ist politisch unabhängig. Lieferanten werden also nicht auf Grund von politischen Vorteilen gewählt, sondern auf Grund des Preis-Leistungsverhältnisses.

11.4 Die Probleme der Mission:

Die Mars One Mission bleibt trotz guter Planung, hohem finanziellen Aufwand und Erfahrung (Mondlandung) eine gefährliches Unterfangen. Daher arbeiten Sponsoren, Investoren, Lieferanten und Astronauten sehr eng zusammen, damit möglichst viele Risiken vermieden werden. Es gibt zwei wesentliche Risiken. Zum einen das ein kleiner Fehler oder Unfall zu großen Schäden, Verletzten oder sogar Toten führen kann. Zum anderen eine Kostensteigerung, die bei großen Projekten schnell die finanziellen Möglichkeiten überschreiten kann. Es wurden detailliere Risikoprofile erstellt, damit das Risiko einer Kostenüberschreitung minimiert wird.

[4]vgl.: http://www.mars-one.com/

12. Danksagung:

Zunächst bedanke ich mich bei allen Dozenten, Herren Michael Winkhaus, Bernd Koch und Ernst Pollmann für den unglaublich informativen und interessanten Herbstkurs über die Spektroskopie.

Besonderer Dank geht an Herrn Koch, der mir während meiner Facharbeit jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand und mich professionell betreut hat.

Auch allen Teilnehmern des Astronomie-Kurses möchte ich herzlich danken. Jeder unterstützte jeden bei der Lösung anstehender Fragen und Probleme. Dies bewirkte ein sehr angenehmes Arbeitsklima und machte die Arbeit „als Team“ erheblich leichter.

Insgesamt bedanke ich mich bei allen, die zu dem Gelingen meiner Facharbeit beigetragen haben.

13. Literaturverzeichnis:

Bilder:

Abbildung 1: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MarsLanderMola16.jpg (31.05.2014)

Abbildung 2: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mars_rocks.jpg (31.05.2014)

Abbildung 3: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Marsmapneu.jpg (31.05.2014)

Abbildung 4: Kursunterlagen Herbstkurs Spektroskopie 2013, „Wochenkurs Sternspektroskopie Herbst 2013“

Abbildungen 5-22: Kursunterlagen Herbstkurs Spektroskopie 2013, Michael Winkhaus, von Word-Dokument „Folie 00“ bis „Folie 15“

Abbildungen 23-28: Kursunterlagen Herbstkurs Spektroskopie 2013, Michael Winkhaus, von Word-Dokument „Teil 1“ bis „Teil 4“

Abbildungen 29-51: Eigene Fotos und Screenshots

Quellen im Internet:

[1]vgl.: http://de.wikipedia.org/wiki/Mars_(Planet), (25.05.2014)

[2]vgl.: http://de.wikipedia.org/wiki/Spektralklasse, (21.05.2014)

[3]vgl.: http://www.ursusmajor.ch/downloads/spektralatlas-5_0-deutsch.pdf, S. 169, (31.05.2014)

[4]vgl.: http://www.mars-one.com/, (03.05.2014)

14. Abschlusserklärung:

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die von uns 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 Ausdruck im Anhang beigefügt.

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

Ort, Datum Unterschrift