Carl-Fuhlrott-Gymnasium
Jahrgangsstufe 12

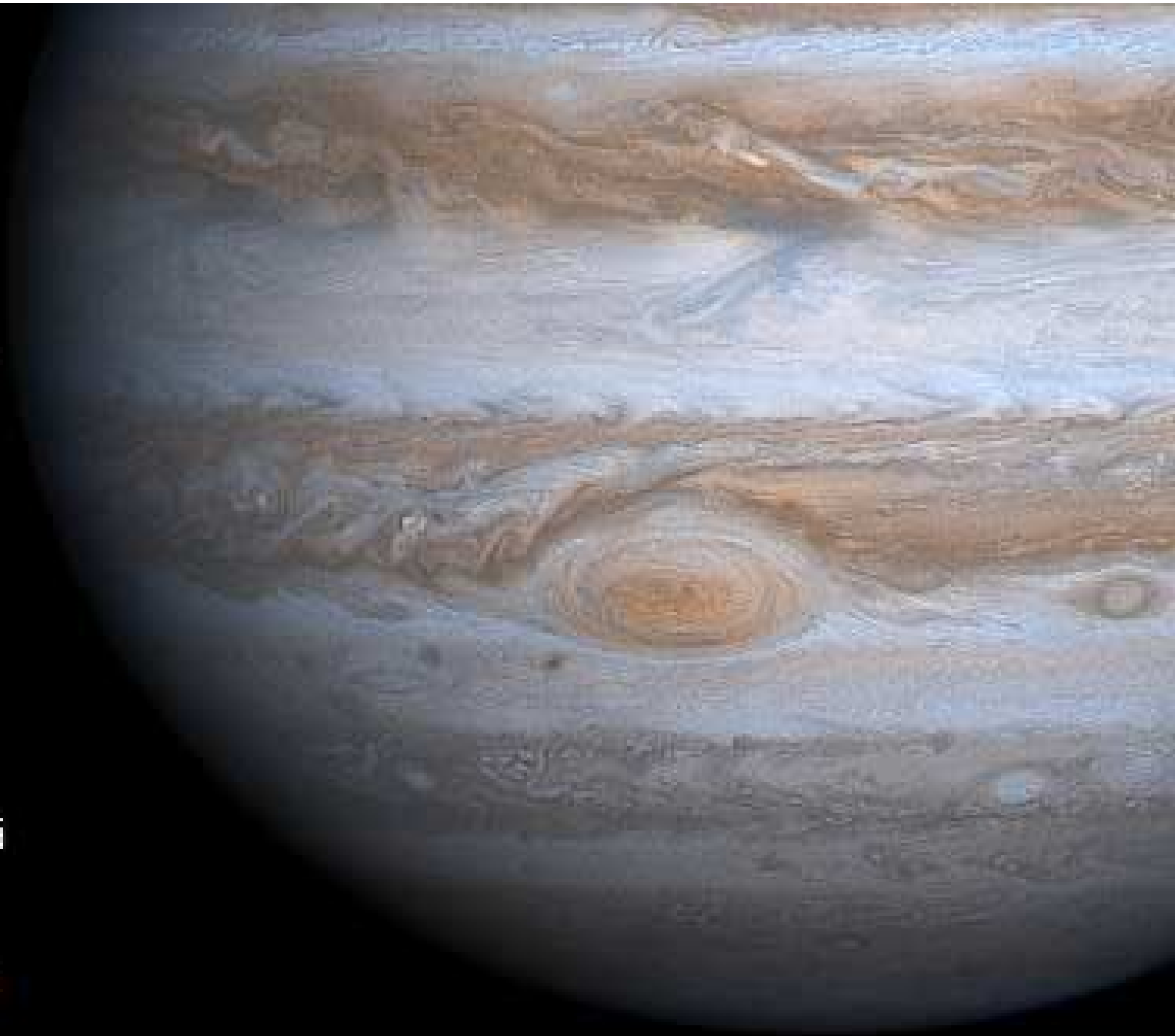
Wuppertal Schuljahr
2011/2012

Facharbeit im Leistungskurs
Physik

Thema: Spektroskopie der
Jupiteratmosphäre

Verfasser: Robert Wroblowski
und Marius Weise

Kursleiter: Michael Winkhaus



Aufnahme von:http://www.meta-
evolutions.de/images/ssdc/ssdc-
planet-jupiter-mond-io-cassini.jpeg

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis _____Seite 1

2. Einleitung _____Seite 2

3. Der Planet Jupiter _____Seite 3-4

4. Spektroskopie _____Seite 4-6

5. Aufnahmetechnik _____Seite 7

5.1. Astro-Physics Teleskopmontierung AP-900 _____Seite 7

5.2. Celestron C11 Edge HD _____ Seite 8

5.3. Digitalkamera Canon EOS 450D_____ Seite 9

5.4. DADOS-Spektrograph _____ Seite 10-11

6. Arbei an der Sternwarte _____ Seite 12-13

7. Bearbeitung der Beobachtungsdaten _____ Seite 14

7.1. Bearbeiten der Spektren mit Photoshop _____ Seite 14-15

7.2. Stacken mit Fitswork _____ Seite 16

7.3. Kalibrieren und Normieren mit Visual Spec _____ Seite 17-19

7.4. Synthese des Spektrums in ein Farbspektrum _____ Seite 19

8. Ergebnisse _____ Seite 20

8.1. Präsentation der Spektren _____ Seite 20-23

8.2. Molekularer Wasserstoff H_2 _____ Seite 24-26

8.3. Ammoniak NH_3 _____ Seite 26-27

8.4. Methan CH_4 _____ Seite 28-29

9. Zusammenfassung der Ergebnisse _____ Seite 30

10. Literaturverzeichnis _____ Seite 30

2. Einleitung

Begründung des Themas

Die Wahl eines astronomischen Themas war für uns schon fast eine Selbstverständlichkeit, weil wir als Schüler des CFG eine Sternwarte zur Verfügung stehen haben. Wir hatten uns also von Anfang an auf den Themenbereich Astronomie, mit Kursen im Bereich der Spektroskopie und Astrophotographie, vorbereitet.

Unser eigentliches Thema war die Spektroskopie vom „Großen Roten Fleck“ des Jupiters. Da dieser aber an beiden Beobachtungsnächten, die wir durchgeführt hatten, nicht aufgenommen werden konnte, weil dieser beim ersten Abend auf der Rückseite des Jupiters war und beim zweiten Abend wegen Unschärfe der Nachführkamera für uns nicht sichtbar war, wählten wir stattdessen das Thema „Spektroskopie der Jupiteratmosphäre“.

Die Arbeit an der Sternwarte war außerdem sehr Zeitintensiv und schwierig. Trotzdem hat sich der Zeitaufwand für diese Facharbeit mehr als gelohnt, da wir ein sehr spannendes Thema bearbeiten konnten. Dafür bedanken wir uns vor allem bei unserer Betreuung durch Bernd Koch.

Außerdem bedanken wir uns auch bei der Schule und den Sponsoren, die das Projekt der Schülersternwarte, die von Herrn Winkhaus geplant wurde, erst möglich gemacht haben.

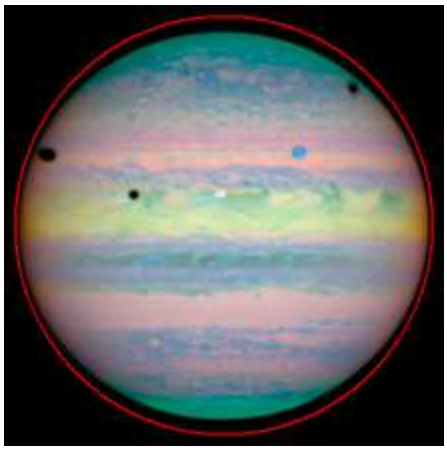
3. Der Planet Jupiter [1]

Planet	Jupiter
Masse (kg)	$1.889*10^{27}$
Radius/Äquator	$7.036*10^{7}$
kleinste Entfern	$7.409*10^{11}$
größte Entfernu	$8.157*10^{11}$
Umlaufzeit um S	11.86 Jahre
Rotationszeit	9.9 h

Abbildung 1: Allgemeine Daten (links) und Jupiter (rechts)[http://darkstarastrology.com/jupiter-conjunct-uranus-2010/]

Der Jupiter ist der fünfte und größte Planet in unserem Sonnensystem. Der Planet ist ein Gasriese und wurde nach dem römischen Hauptgott Jupiter benannt, da er das hellste Objekt am Nachthimmel ist. Für die Babylonier galt er außerdem als Königsstern. Das Astronomische Symbol für Jupiter ist „♃“.

Da der Jupiter eine sehr große Masse im Verhältnis zu den anderen Planeten des Sonnensystems hat, spielt er eine wichtige Rolle im Massengleichgewicht des Sonnensystems. Denn würde er nicht so massig sein würde statistisch gesehen alle 100.000 Jahre die Erde von einem Asteroiden getroffen werden, welches das Leben auf der Erde nicht möglich machen würde. Außerdem besitzt der Jupiter 67 klassifizierte Monde, von denen die vier größten die Galileischen Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto sind. Die Beobachtung dieser Monde und die daraus folgenden Ergebnisse stützten zu Galileis Lebzeiten das heliozentrische Weltbild, konnten es aber nicht beweisen, weil das Problem der Paralaxe immer noch nicht gelöst werden konnte.



Durch die schnelle Umlaufzeit von nur 9,9h wirken Fliehkräfte auf den Jupiter, welche zu einer Abplattung führen, die man auf Aufnahmen sehen kann. Das Bild zeigt die Abplattung des Jupiters im Vergleich mit einem Kreis.

Abbildung 2: Jupiter mit Kreis im Vgl. [http://de.wikipedia.org/wiki/Jupiter_%28Planet%29]

Der Jupiter wurde außerdem, von der südlichen Polarregion bis zur nördlichen Polarregion in mehrere Bänder unterteilt. Wie in der Abbildung zu sehen gibt es vom Südlichen Pol (South Polar Region) aus gesehen: den South - South Temperate Belt, den South Temperate Belt, den South Equatorial Belt mit dem Great Red Spot (Großer Roter Fleck), die Equatorial Zone, den North Equatorial Belt, das North Temperate Belt und den North – North Temperate Belt. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass wir in dieser Arbeit nur die Äquatorzone und das NEB (North Equatorial Belt) spektroskopiert und ausgewertet haben, weil wir nicht genug Zeit hatten den gesamten Jupiter mit allen Bändern (Belts) zu spektroskopieren.

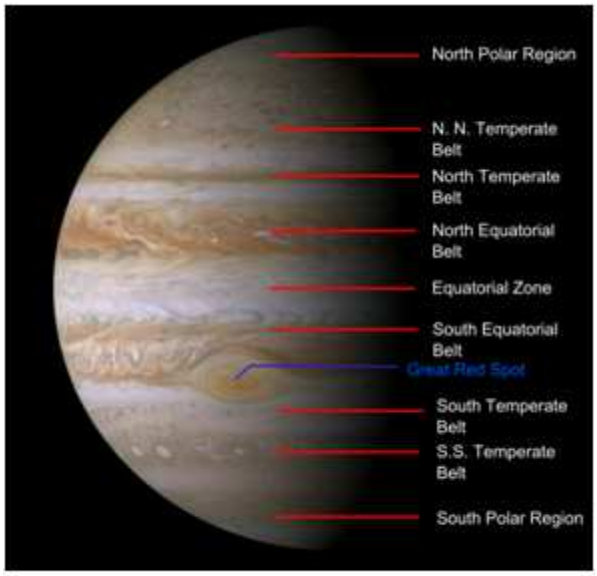


Abbildung 3: Zonen des Jupiters

Die Atmosphäre des Jupiters besteht hauptsächlich aus Wasserstoff H und zwar zu 89,8%. Der zweitgrößte Bestandteil der Atmosphäre ist das Helium He mit 10,2%. Desweiteren kommt Ammoniak NH3 in festem Aggregatzustand vor (-125°C), welches für die weißen „Zirruswolken“ verantwortlich ist.

4. Spektroskopie [2]

An dieser Stelle folgt eine Einführung in die Spektroskopie.

Bevor wir genau mit der Spektroskopie anfangen, folgen erstmal ein paar grundlegende Informationen zum Thema Licht. Wie Isaac Newton schon 1666 herausfand, setzt sich das weiße Licht aus allen Farben zusammen. Außerdem ist nicht jedes Licht sichtbar. Wir sehen mit dem menschlichen Auge nur einen Bruchteil des Spektrums vom Licht. Die Wellenlängen, die wir sehen, liegen zwischen 380 und 750 Nanometer. Auf der Abbildung sieht man, wie bereits erwähnt, dass das sichtbare Licht nur einen sehr kleinen Teil ausmacht. Im kurzwelligen Wellenlängenbereich befinden sich die UV- und Röntgenstrahlen sowie die Gammastrahlen, während im Langwelligen Wärme- sowie Radiostrahlung ist.

Wenn wir auf der Erde spektroskopieren, brauchen wir uns nur um den sichtbaren Bereich und vielleicht noch um die Infrarotstrahlen zu kümmern, da von der Erdatmosphäre sämtliche andere Strahlen fast gänzlich absorbiert werden. Wir befassen uns also mit dem sichtbaren Bereich von violett über blau, grün, gelb bis rot (Abbildung 4).

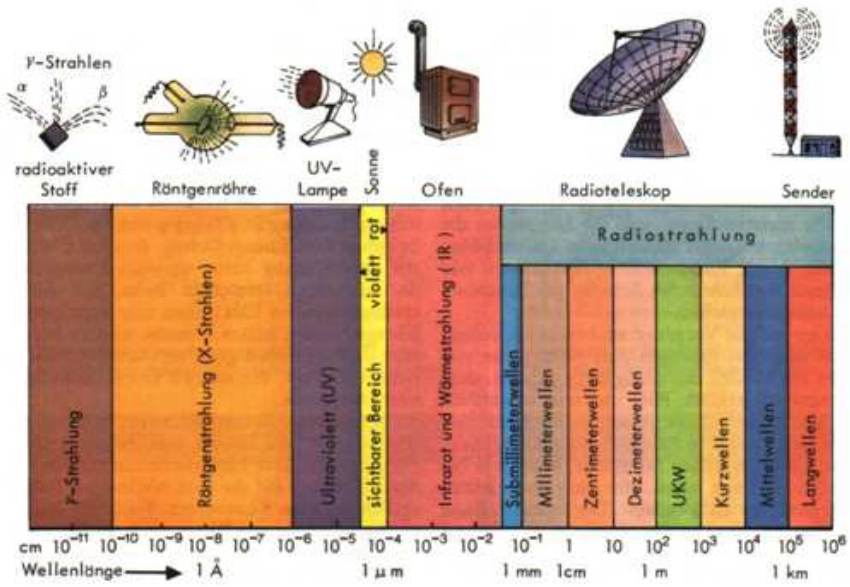


Abbildung 4: Das elektromagnetische Spektrum von kurzwelliger Gammastrahlung bis langwelliger Radiostrahlung

Mit diesem "Farbband" können wir nun das Licht von anderen Sternen klassifizieren, indem wir es in seine Farbbestandteile zerlegen. Dies können wir auf zwei Arten tun, wobei die erstere veraltet ist.

Prismenspektrograph

Beim Prismenspektrographen wird das "Mischlicht" durch ein Prisma in seine Farbbestandteile zerlegt, welches auf der dahinterliegenden Wand erscheint, wobei der blaue Bereich stärker gebrochen wird als der rote Bereich (Abbildung 5).

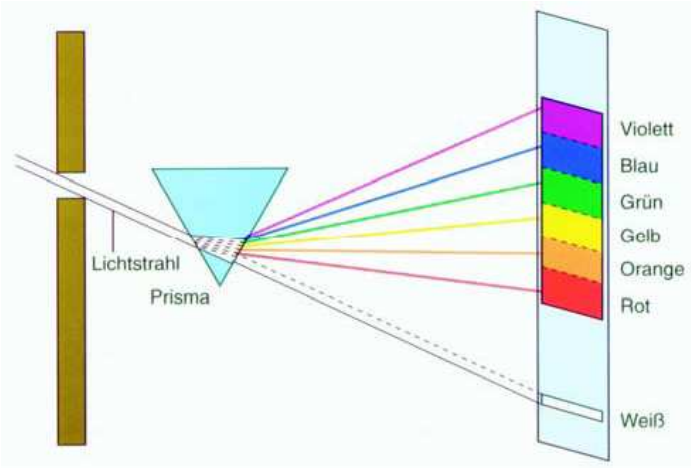


Abbildung 5: Prismenspektrgraphenmodell

Gitterspektrograph

Bei der besseren und moderneren Methode nimmt man einen Gitterspektrographen. Der Unterschied zum Prismenspektrographen ist, dass der Gitterspektrograph sich die Lichtbeugung und nicht der Lichtbrechung zunutze macht. Das an der Spaltöffnung eintretende Licht wird gebeugt, dann gebündelt und erzeugt im Brennpunkt der Sammellinse das charakteristische Beugungsmuster auf dem Kamerasensor (Abbildung 6).

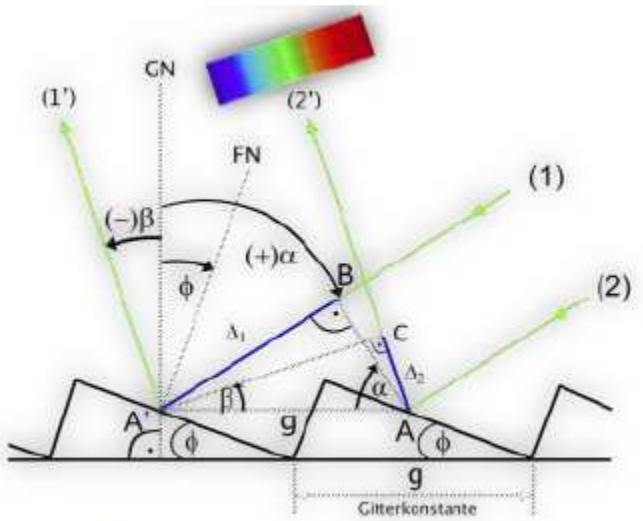


Abbildung 6: Aufbau des Blaze-Reflexionsgitters

Zitat aus dem Tutorial für den Dadosspektrographen von Bernd Koch:

"Das Beugebild entsteht aus der Interferenz(Überlagerung) der einzelnen Elemntarwellen aus den Spalten des Gitters."

5. Aufnahmetecknik [3]

5.1. Astro-Physics Teleskopmontierung AP-900

Das Celestron C11 wird auf die AP900-Montierung der Firma Astro-Physics montiert. Die Montierung basiert auf dem parallaktischen Prinzip. Das heißt, dass die Stundenachse der Montierung exakt parallel zur Erdachse ausgerichtet wird. In Wuppertal ist die Achse um ca. 51°10‘ geneigt. Am Nordpol z.B. würde die Stundenachse senkrecht zur Erdoberfläche stehen. Die Drehachsen sind nicht senkrecht zur Erde, aber zueinander senkrecht montiert. Dadurch ist es möglich das "Sichtfeld" nachzuführen ohne das sich das Bildfeld "dreht". Bedient wird die Montierung durch eine simple GoTo-Steuerung (siehe Abbildung), weshalb kein separater Computer benötigt wird.

Mit der Steuerung kann man mittels Tastendruck das Bildfeld bewegen, aber auch einfach Planeten in unserem Sonnensystem, Sterne und andere Himmelsobjekte "anfahren". Die Steuerung bedient sich an verschiedenen Katalogen wie z.B. den "Messier-Katalog" oder den " New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars".

Man kann diese Montierung auch mit einem "Auto-Guider" steuern, der Laufungenauigkeiten kompensiert. Folgen dieser Ungenauigkeit können strichförmige Bilder sein.

Trotzdessen ist dieser Fehler nicht Besorgnis erregend, da er sich erst ab einer relativ langen Belichtungszeit auf die Qualität des Bildes auswirkt.

Abbildung 7: Handsteuerung

5.2. Celestron C11 Edge HD

Typbezeichnung	Celestron 11 Edge HD
Optischer Aufbau	Aplanatisches Schmidt-Cassegrain Teleskop
Freie Öffnung	280 mm
Brennweite	2800 mm
Öffnungsverhältnis	10
Auflösungsvermögen	0,5 “
Lichtsammelvermögen	1600 x
Tubuslänge	610 mm
Gewicht	12,7 kg

Abbildung 8: Allgemeine Daten (links) und C11 (rechts)

Das Celestron C11 Edge HD ist einer der besten Astrographen heutzutage. Wegen seiner kompakten Bauart ist es leicht transportabel und wenig windanfällig.

Das Celestron C11 kann trotz seiner langen Brennweite aber nicht nur als Teleskop sondern auch als Astrograph eingesetzt werden. Es hat außerdem einen deutlichen Vorteil gegenüber anderen Astrographen, denn die meisten anderen System bilden die Sterne auf einer gekrümmten Bildebene ab, was dazu führt, dass die Bilder zum Rand hin immer unschärfer werden. Das C11 kann aber auch große Bereiche am Himmel lichtstark abbilden, ohne Defizite bei der Schärfe zum Rand hin (daher der Name: "Edge").

5.3. Digitalkamera Canon EOS 450D

Bildsensor:	CMOS-Sensor
Sensorgröße:	22.2 *14.8 mm
Auflösung:	4272 * 2848 Pixel
Pixel effektiv:	12.2 Megapixel
Pixel gesamt:	12.4 Megapixel

Die Spektren wurden mit der digitalen Spiegelreflexkamera EOS 450D von Canon aufgenommen. Da die normale nicht modifizierte Kamera nur den für das menschliche Auge sichtbaren Wellenlängenbereich des Lichtes aufnimmt, wurde die Kamera modifiziert. Bei der Modifizierung wird der herkömmliche Filter durch einen anderen ersetzt, der einen wesentlich größeren Wellenlängenbereich des Lichtes auf den Bildsensor fallen lässt, wodurch die Lichtempfindlichkeit der Kamera gesteigert wird.

Dies ist für unsere Arbeit sehr wichtig da die entsprechenden Stoffe, die wir nachgewiesen haben, an der Grenze des Wellenlängenbereichs zum Infraroten liegen, welche vom Auge nur noch schwer zu erkennen sind. Auf die Kamera bezogen würde der entsprechende Bereich nicht scharf genug auf dem Bild dargestellt sein, weil die Lichtempfindlichkeit zu gering ist um die wichtigen Linien zu identifizieren.

Abbildung 9: Eos 450d

(http://www.canon.de/For_Home/Product_Finder/Cameras/Digital_SLR/EOS_450D/index.aspx?specs=1)

5.4. DADOS-Spektrograph

Das wichtigste Instrument in unserem Aufbau stellt der DADOS-Spektrograph von Baader Planetarium dar. Der DADOS besteht aus zwei „Würfeln“, die dem DADOS auch seinen Namen geben. Der DADOS wird mithilfe einer 2“ Steckhülse (1) an das Teleskop, in diesem Fall das C11, angeschlossen. An diesem Teil des Spektrographen gelangt das Licht ins Innere des ersten „Würfels“. Dort fällt das Licht auf das Spaltplättchen, auf welchem das Licht zum einen Teil ins Nachführokular (3,11) gespiegelt wird und zum anderen Teil durch den Spalt in den zweiten „Würfel“ gelangt. Im zweiten „Würfel“ fällt das Licht auf den Kollimator, welcher das gebündelte Licht auf das Gitter, welches wie ein Prisma funktioniert, wirft. Dieses Gitter erzeugt nun das für unsere Arbeit wichtige Spektrum und lenkt dieses zum Beobachten bzw. Fotografieren durch den Drehfokussierer (7), in welchem das Spektrum scharf gestellt wird, in das Okular bzw. in die Kamera ab.

1. 2" Steckhülse (-> Teleskop)
2. Spaltbeleuchtung (rote LED)
3. 1 ¼" Okularstutzen für Nachführokular oder -kamera
4. Klemmschraube der Nachführ-Klemmfassung
5. Mikrometerschraube zur Verstellung des Gitters
6. Rückstellfeder des Gitterhalters (fest voreingestellt)
7. Drehfokussierer (Spektrum scharfstellen)
8. Klemmschraube des Drehfokussierers
9. Klemmschraube für den Gitter-Einstellwinkel
10. Zweites Gitter mit 900 L/mm. (Blazegitter, Echelette-Gitter)
11. Nachführokular, Blick auf den Spalt
12. Schnellwechsel-Vorrichtung (optional)
13. Drehfokussierer 1 ¼ "
14. Okular (-> Betrachtung des Spektrums)

Abbildung 10: DADOS mit Beschriftung (Tutorial DADOS Bernd Koch 3.0)

Den Weg des Lichtes im DADOS verdeutlicht diese Abbildung. Sie zeigt den Verlauf des Lichts im Inneren des DADOS. Von links kommt das Licht in den DADOS hinein und wird auf dem Spaltplättchen (Sp) auf den Spiegel (S) für das Nachführokular gespiegelt. Wie oben schon erklärt fällt das Licht durch den Spalt auf den Kollimator (K) und durch ihn auf das Gitter (G), auf welchem das Licht ins Objektiv (O) abgelenkt wird, um das vom Gitter erzeugte Spektrum aufzunehmen.

Für unsere Aufnahmen wurde außerdem das Standardgitter mit 200 L/mm gegen ein höher auflösendes Gitter mit 900 L/mm ausgetauscht, da wir ein möglichst hoch aufgelöstes Spektrum haben wollten. Für den DADOS haben wir an der Sternwarte noch dazu ein 1800 L/mm welches aber für zu hoch auflösend erachtet wurde.

Abbildung 11: Innere Darstellung des DADOS (Tutorial DADOS Bernd Koch 3.0)

6. Arbeit an der Sternwarte [2]

An dieser Stelle wird erklärt, wie wir an der Sternwarte gearbeitet und unsere Spektren aufgenommen haben.

Insgesamt haben wir in zwei Beobachtungsnächten unsere Spektren vom NEB und vom Äquator des Jupiters aufnehmen können. Das Wetter spielte dabei eine wesentliche Rolle, welches aber kein Problem darstellte, da wir an den entsprechenden Tagen keine Wolken am Himmel hatten und die Nächte auch sehr klar waren.

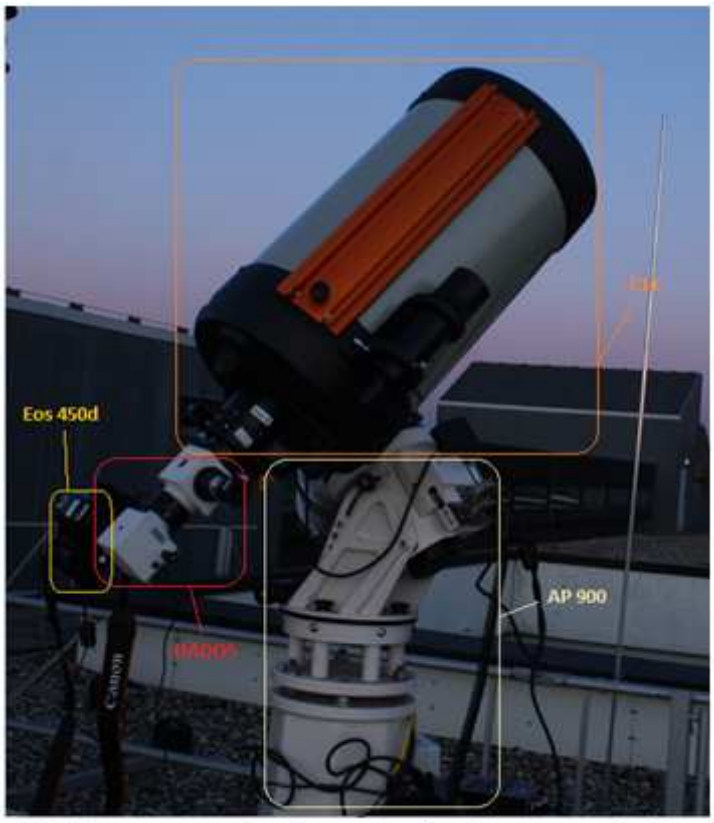


Abbildung 12: Beobachtungsaufbau(eigene Aufnahme)

Das Aufbauen des Teleskops mit DADOS und Kamera wurde an den jeweiligen Tagen schon früh durchgeführt, weil es gegen 18 Uhr schon dunkel wurde und wir dann möglichst schnell anfingen zu beobachten. Nachdem es dunkel geworden war, richteten wir das Teleskop auf unser Objekt, mithilfe der Handsteuerung und eines Okulars, aus. Nun wurde der DADOS an das Teleskop angebracht und mithilfe einer Energiesparlampe wurde die Kamera mit dem Drehfokussierer des DADOS auf das Spektrum scharf gestellt. Dafür konnten wir die „Live View“ – Option von Eos Utility nutzen die uns auf einem Laptop das Blickfeld der Kamera zeigt . Jetzt mussten wir nur noch das Teleskop so fein ausrichten, dass der Spalt des Spektrographen, bildlich gesehen, über dem zu spektroskopierendem Objekt liegt. Zuerst ersetzten wir das Nachführokular durch eine Nachführkamera. Bei dieser Auswechselung wird das Teleskop minimal verschoben, welches bei uns auch zum Sichtverlust unseres Objekts durch die Nachführkamera führte. Danach schalteten wir die Spaltbeleuchtung ein damit wir sehen

konnten, wo der Spalt gerade liegt, und damit wir mit der Handsteuerung den Spalt auf unser Objekt richten konnten.

Nachdem nun alles aufgebaut und ausgerichtet war, konnten wir ein paar Probeaufnahmen durchführen. Da sich unser Objekt am Himmel bewegt mussten wir mit der Handsteuerung bei den Aufnahmen genau nachführen, damit der Spalt, während der Belichtung, genau auf dem Objekt bleibt.

Abbildung 13: Eos Utility (eigener Screenshot)

Die Einstellungen wurden mit dem Programm Eos Utility von Canon vorgenommen. Die Probeaufnahmen wurden mit unterschiedlichen Belichtungszeiten und anderen ISO-Werten aufgenommen bis wir unsere, für den Abend perfekten, Einstellungen gefunden hatten. Wir arbeiteten mit ISO 800 und einer Belichtungszeit von einer Sekunde. Dies führte zu rauscharmen und gut belichteten Spektren, die wir später sehr gut auswerten konnten. Insgesamt wurden pro Objekt 20 Bilder aufgenommen. Dies ist zu empfehlen, weil es beim nachführen schnell passiert ist, wegen z.B. starkem Wind, dass der Spalt von dem Objekt abweicht.

7. Bearbeitung der Beobachtungsdaten [4]

7.1.Bearbeiten der Spektren mit Photoshop

Da ein Einzelspektrum ein zu schlechtes Signalrauschverhältnis aufweist, bilden wir den Mittelwert aus allen aufgenommenen Spektren. Diesen Vorgang nennt man „Stacken“. Wir erhalten so ein Summenspektrum, welches rauschärmer ist als ein Einzelspektrum.

Photoshop ist sehr praktisch für die Bildbearbeitung, da man im Gegensatz zu anderen Programmen alle Bilder gleichzeitig – und nicht einzeln – bearbeiten kann. Dafür kopieren wir zuerst alle Dateien in einen Ordner.

Wir öffnen alle Bilder in diesem Ordner. Photoshop bietet hier automatisch Einstellungen an, um die Bildqualität zu verbessern. Da wir aber mit den Rohdaten arbeiten wollen, setzen wir diese Einstellungen zurück. Damit diese Einstellungen bei allen Bildern übernommen werden, synchronisieren wir diese.

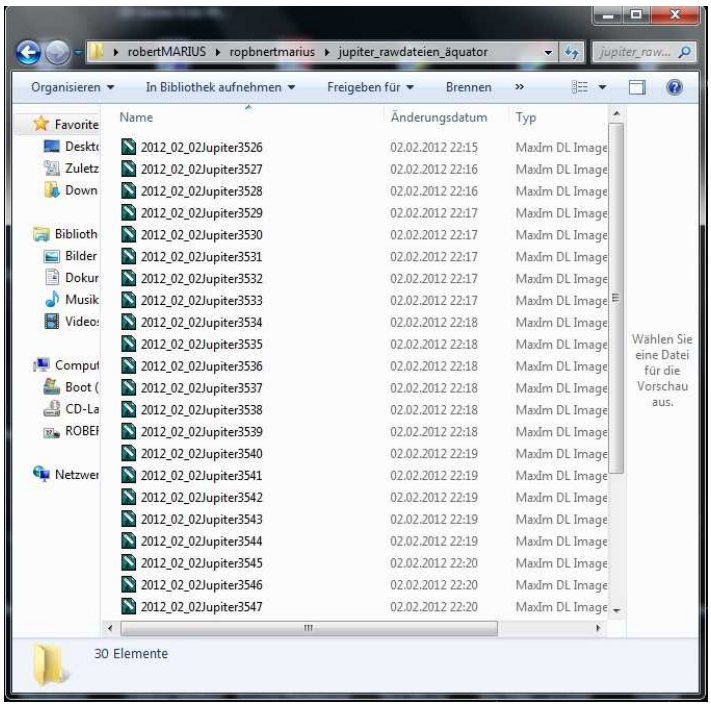


Abbildung 14: RAW Dateien in einem Ordner(eigener Screenshot)

Um die Bilder gerade auszurichten, benutzen wir das Gerade-Ausrichten-Werkzeug. Wir setzen an beide Enden des Spektrums jeweils einen Punkt und definieren damit die Drehachse. Photoshop dreht das Bild nun so, dass das Spektrum parallel zu den Rändern liegt.

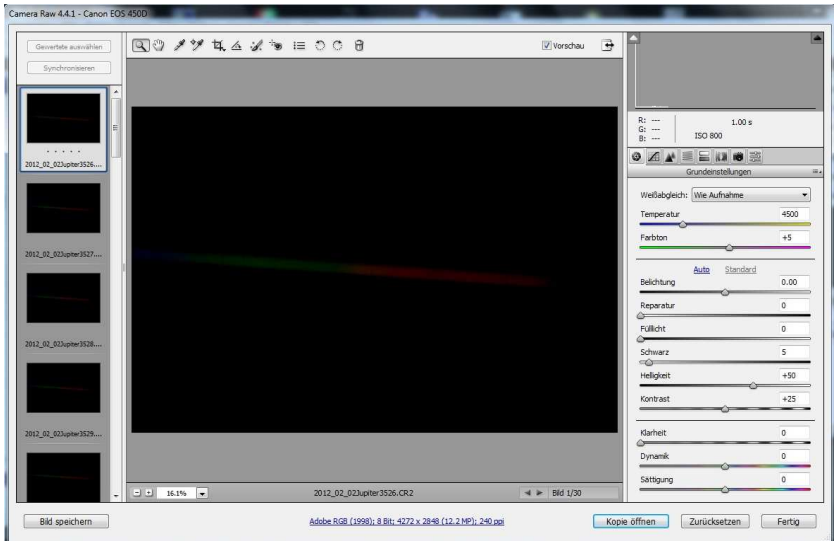
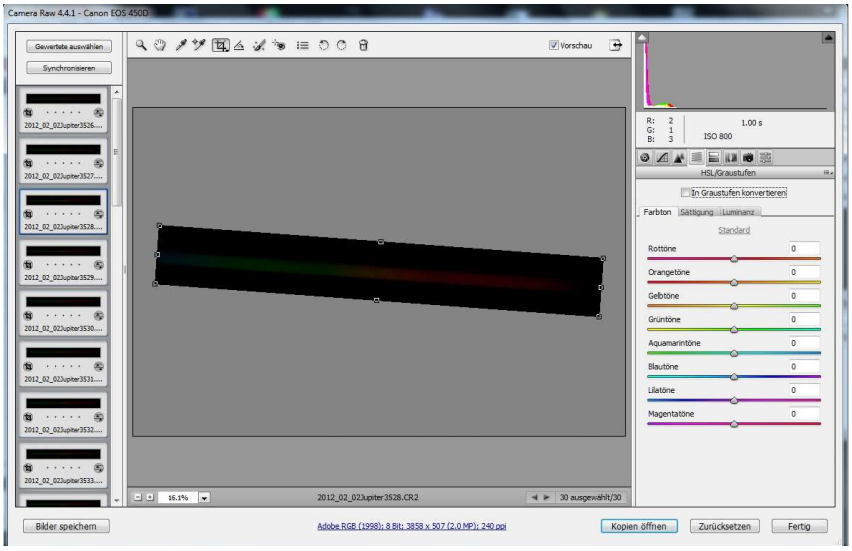


Abbildung 14: Begradigung (Oben) und Beschneiden der Bilder (unten) [eigene Screenshots].

Mit dem Freistellwerkzeug schneiden wir nur noch die Ränder weg und erhalten nun Bilder, welche bestens geeignet für das Stacken sind.



Um die Bilder stacken zu können, müssen wir noch das Dateiformat in „TIFF 16bit“ ändern und abspeichern.

7.2. Stacken mit Fitswork

Um mit Fitswork unsere Spektren zu stacken, wählen wir den Ordner, der die mit Photoshop bearbeiteten Bilder beinhaltet, aus. Dafür gehen wir unter „Datei“ -> „Stapelbearbeitung“ -> „Alle Dateien im Ordner“ -> „Ordner Auswählen“ -> „zur Zieldatei addieren“.

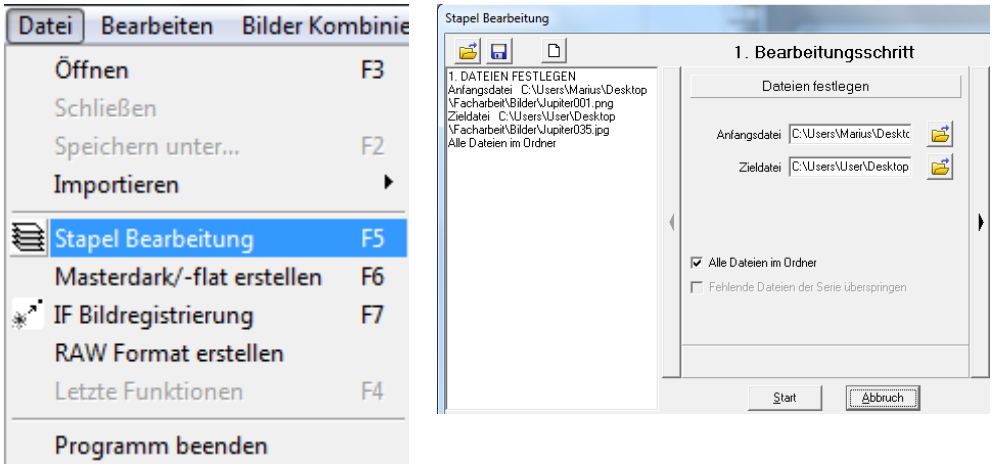


Abbildung 15: Stapelbearbeitung(eigener Screenshot).

Nun legen wir einen „Kasten“ um die Erkennungsstelle und stellen sicher, dass der Kasten bei jedem Bild an der gleichen Stelle ist. Das dient dazu, dass die Bilder an derselben Stelle übereinandergelegt werden und nicht gegeneinander verschoben werden. Diesen Vorgang nennt man „Registrieren“.

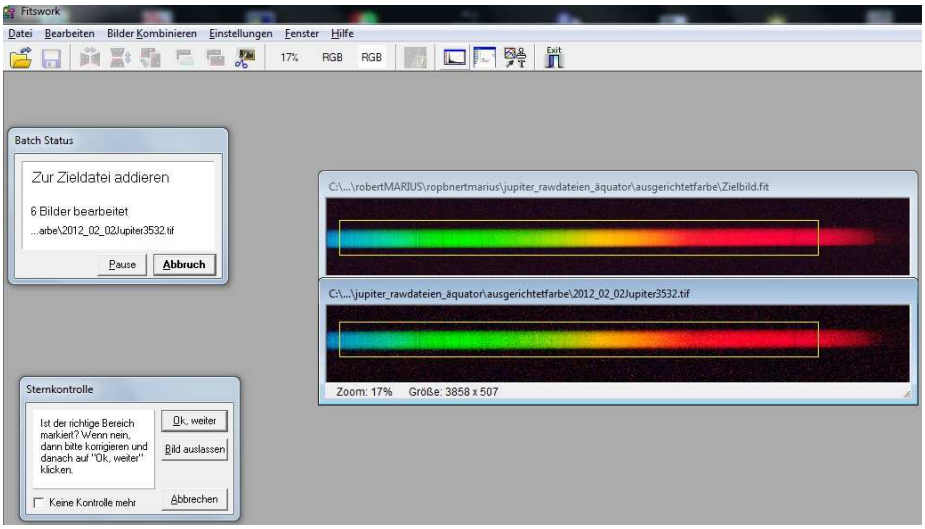


Abbildung 16: Stacking der Bilder(eigener Screenshot).

Für die Weiterverarbeitung müssen wir dieses Bild als Schwarzweißbild im TIFF -16Bit-Format abspeichern.

7.3. Kalibrieren und Normieren mit Visual Spec

Mit Vspec öffnen wir nun das vorher mit Fitswork gestackte Summenbild.

Um das Spektrum als Graphen darzustellen, klicken wir auf den Button „display reference binning zone“ und rahmen das Spektrum mit dem roten Kasten ein. Jetzt können wir das Spektrum mit dem Button „object binning“ scannen lassen(Abbildung 16).

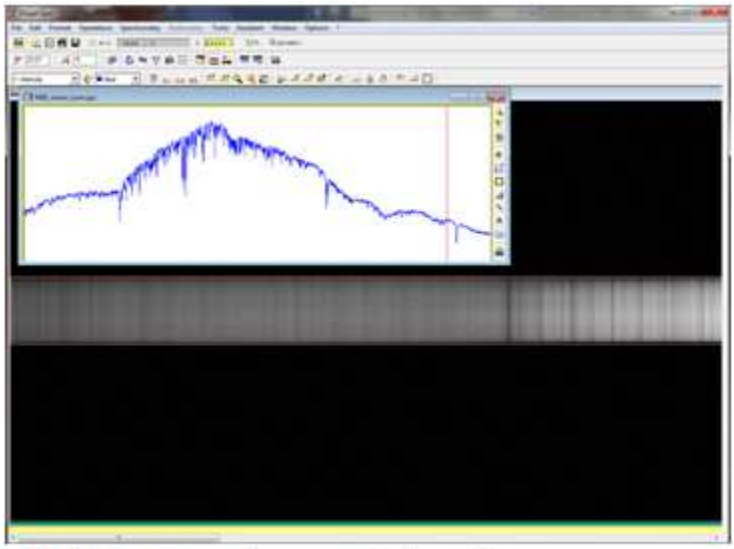


Abbildung 16: Spektrengraph darstellen

Zuerst müssen wir die Wellenlängenskala kalibrieren, die bisher nur relativen x-Werte darstellt. Dies tun wir, indem wir auf „Calibration multiple lines“ klicken und die Wellenlängen von im Spektrum identifizierten Elementen eingeben(Abbildung 17). Mithilfe des „graduation“- Buttons können wir uns nun das Koordinatensystem anzeigen lassen. Desweiteren klicken wir auf den „Normalize“ – Button, um den Intensitätswert des Kontinuums ungefähr auf den mittleren Wert von „1“ zusetzen, damit das Programm später nicht durch zu hohe Zahlen teilen muss und eventuell keine keine Spektrum ausgibt. Dieses Spektrum speichern wir ab, da wir es später noch brauchen. Um das Spektrum zu normieren, müssen wir das Kontinuumsspektrum erstellen, welches durch das Spektrum dividiert wird. Dieses Kontinuum können wir unter „radiometry“ -> „compute continuum“ erstellen, indem wir auf den „point/courbe“ – Button klicken und nun den Verlauf des Kontinuums mithilfe der gesetzten Punkte bestimmen(Abbildung 17).

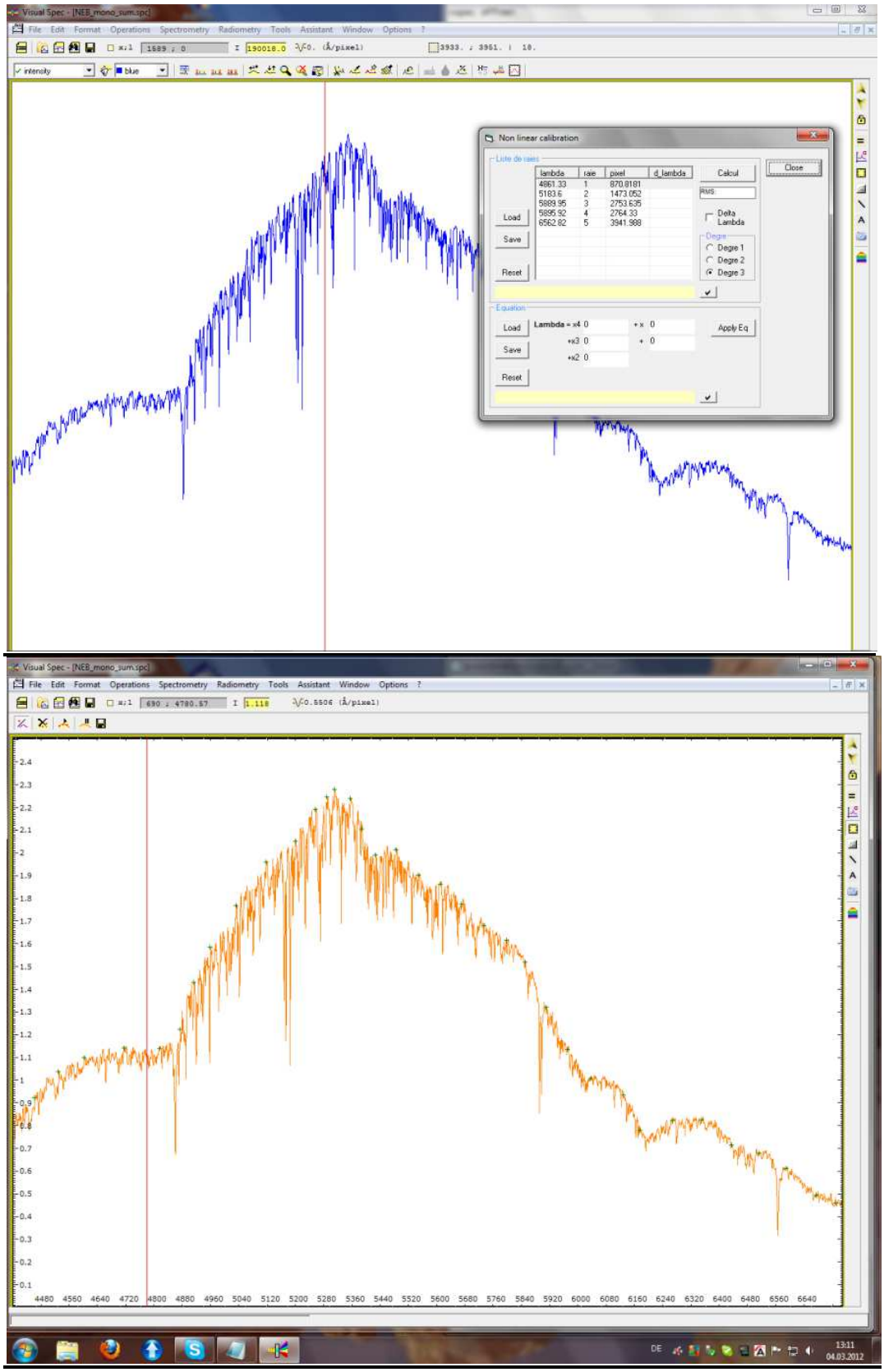


Abbildung 17: Wellenlängenkalibrierung (oben) und Punkte des Kontinuums setzen (unten)[eigene Screenshots].

Das Kontinuum wird mit dem „Execute“ – Button gezeichnet. Jetzt müssen wir den Graphen komplett durch das Kontinuum ersetzen und abspeichern.

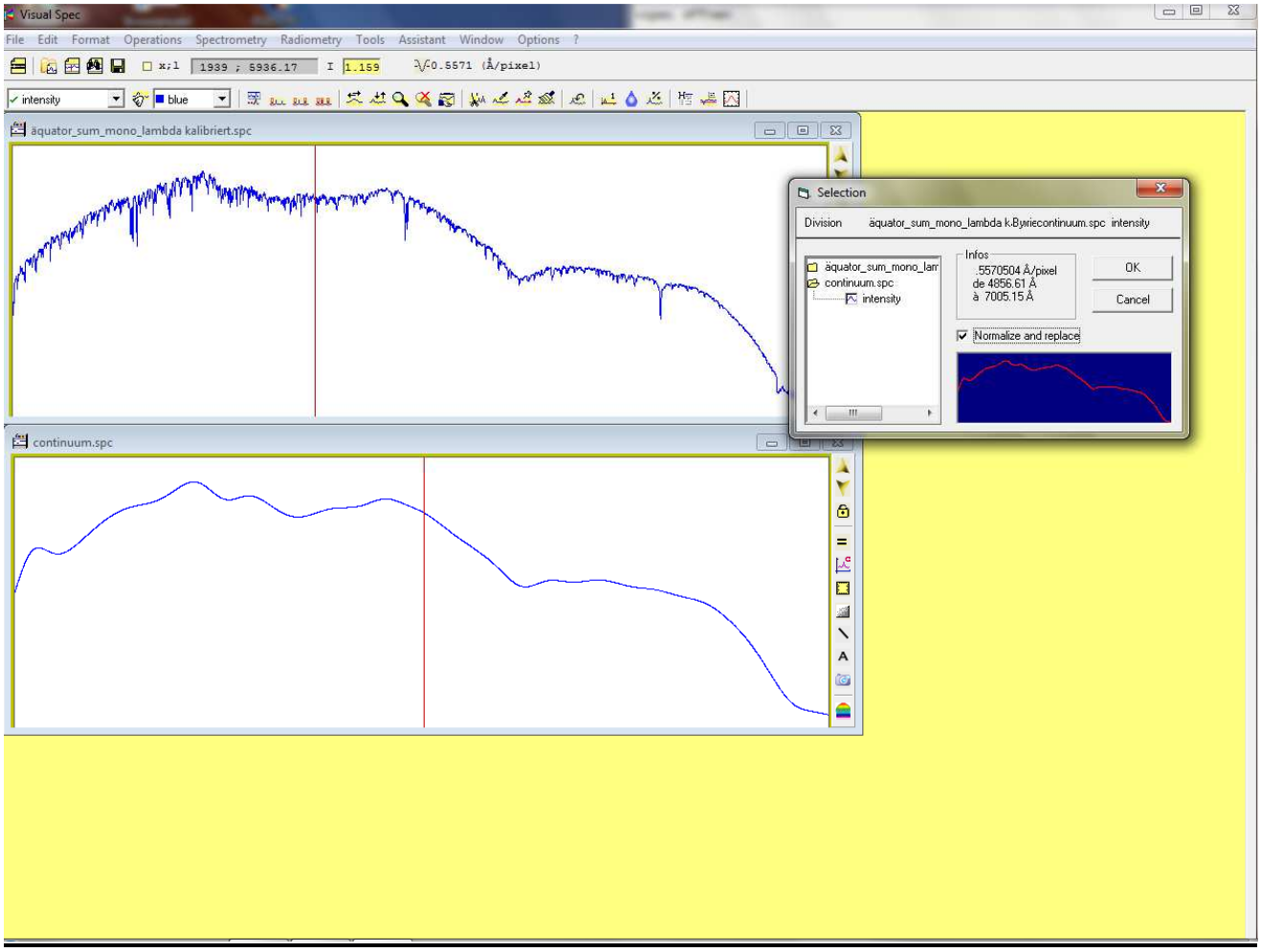


Abbildung 18: Normierung des Spektrums durch Division(eigener Screenshot).

Um das normierte und kalibrierte Spektrum zu erhalten, müssen nur noch das vorher abgespeicherte Spektrum durch das Kontinuum dividieren (Abbildung 18). Dies geschieht unter „Operations“ -> „divide Profile by Profile“. In dem folgenden Kästchen kreuzen wir noch „normalize and replace“ an und drücken auf „Ok“.

Nun liegt das vollständig kalibrierte Spektrum vor(Abbildung 19).

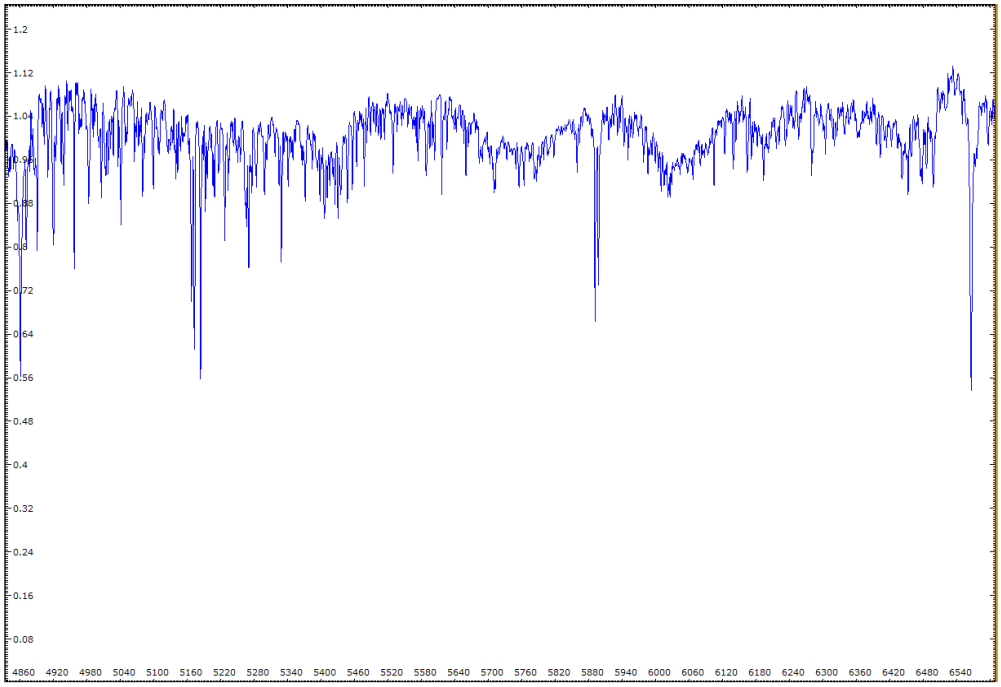


Abbildung 19: Kalibriertes und normiertes Spektrum (eigener Screenshot).

7.4. Synthese des Spektrums in ein Farbspektrum mit Vspec

Dieses Spektrum kann nun wiederum in ein Farbspektrum synthetisiert werden (Abbildung 20). Um das Spektrum zu synthetisieren geht man unter „Tools“ -> „Synthesis“. Mit dieser Option haben wir aber nur ein Schwarzweißspektrum erstellen können. Um dem Spektrum Farbe zu geben muss man unter „synthese“ -> „colorer“ gehen und schon bekommt das vorher schwarzweiße Spektrum Farbe.

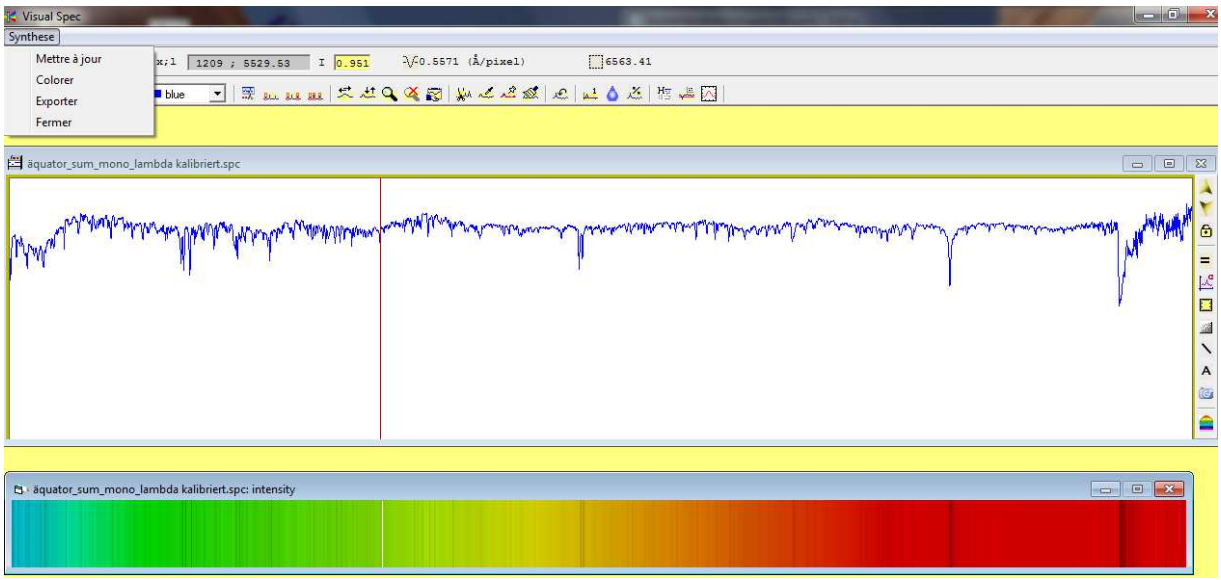


Abbildung 20: Synthetisiertes Spektrum (eigener screenshot).

8. Ergebnisse [5]

8.1. Präsentation der Spektren

Als erstes präsentieren wir Spektrum und Auswertung im nördlichen Äquatorialband (NEB, Northern Equatorial Belt, Nördliches Äquatorialband)

Das Spaltvideo zeigt den Spektrographenspalt auf dem Nördlichen Äquatorial- Band. Anmerkung: Die Blase unter dem schwarzen Spektrographenspalt ist eine fehlerhafte Stelle auf dem Spaltplättchen (Abbildung 21).

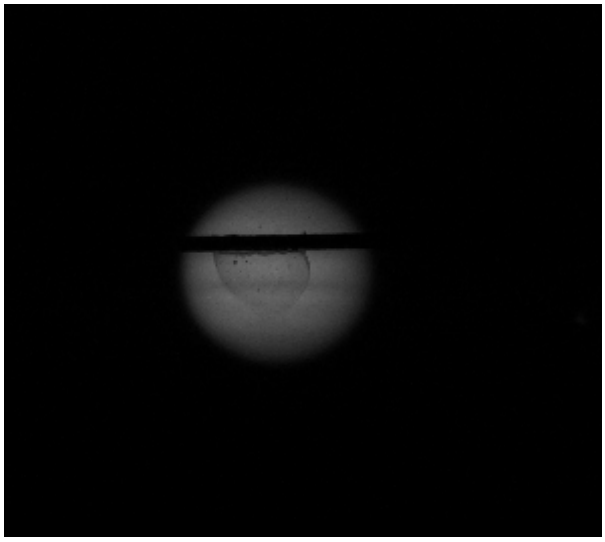


Abbildung 21: Spaltvideo NEB (eigene Aufnahme)

Das NEB Spektrum ist vollständig kalibriert und normiert mit synthetisiertem Spektrum dargestellt. Außerdem wurde das Spektrum mit den wichtigsten Linien (Hβ, Magnesium Triplet, Natrium Doublet und Hα) beschriftet (Abbildung 22).

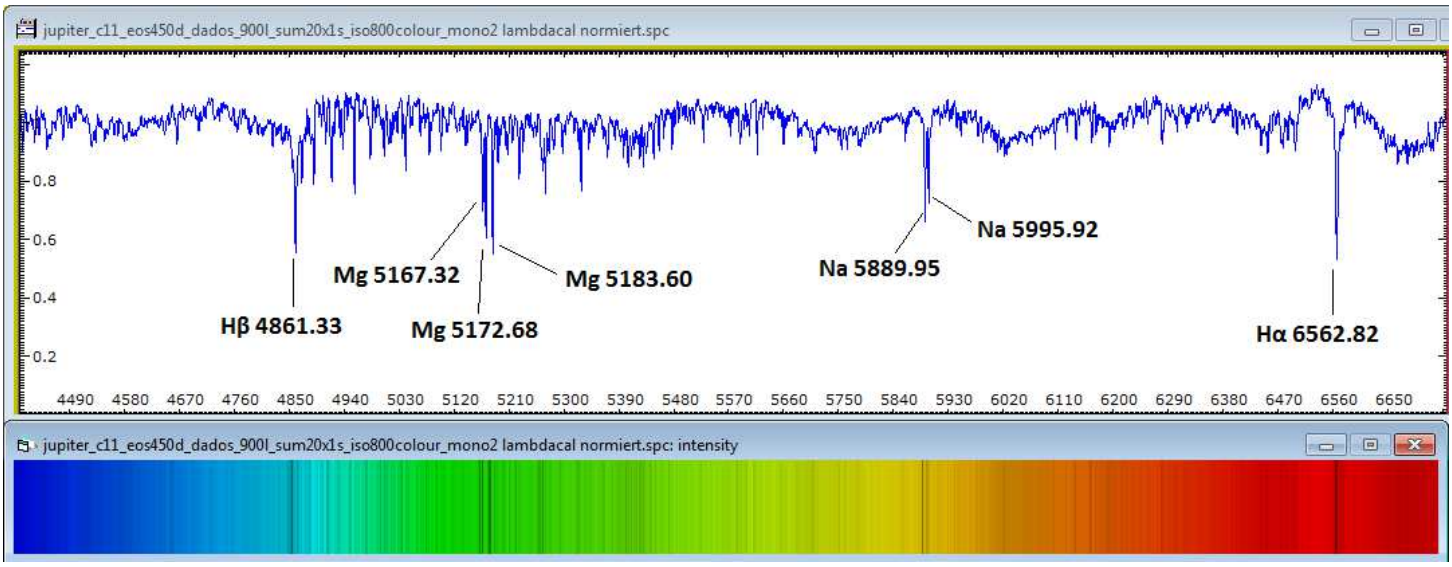


Abbildung 22: Spektrum mit synthetisiertem Farbspektrum vom NEB(eigener Screenshot).

Als zweites Präsentieren wir das Spektrum und die Auswertung des Äquators.

Das zweite Spaltvideo zeigt den Spektrographenspalt über dem Äquator. Die Unschärfe des Videos ist damit zu erklären, dass wir Probleme mit der Scharfstellung der Nachführkamera hatten, da Klebstoff auf dem Einführungsstück der Kamera war. Deshalb konnte der Jupiter nur hinreichend scharfgestellt werden (Abbildung 23).

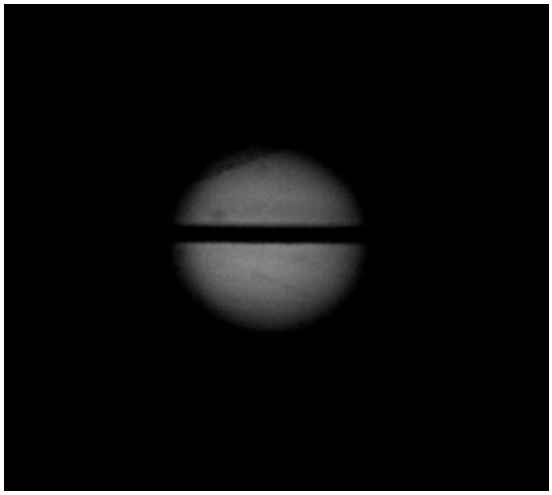


Abbildung 23 : Spaltvideo Äquator (eigene Aufnahme)

Das Spektrum des Äquators vollständig kalibriert und normiert mit synthetisiertem Spektrum dargestellt. Auch hier wurden die wichtigsten Linien (Magnesium Triplet, Natrium Doublet, Hα) beschriftet (Abbildung 24).

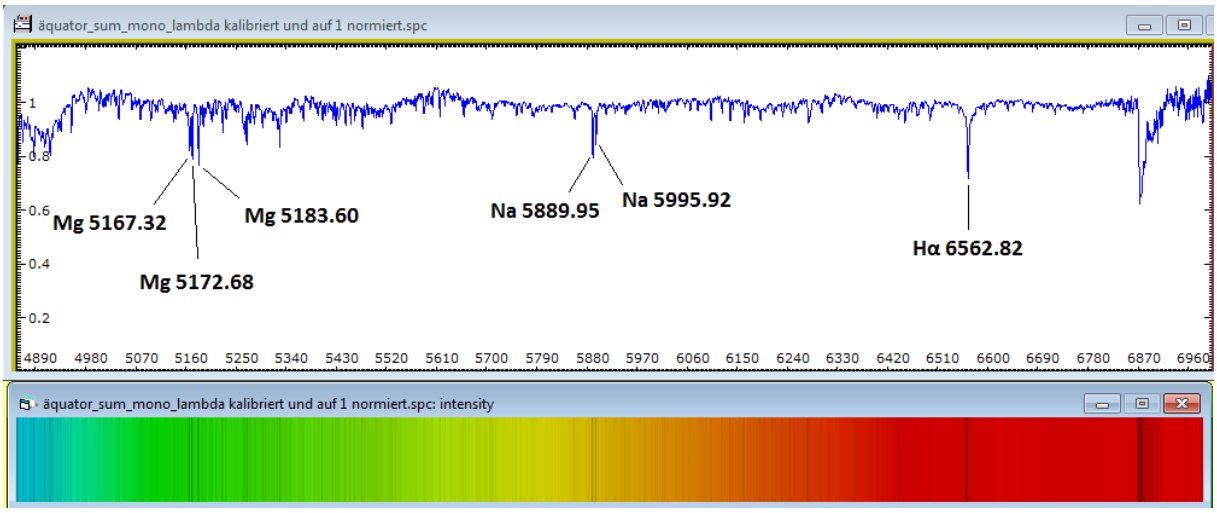


Abbildung 24: Spektrum mit synthetisiertem Farbspektrum vom Äquator(eigener Screenshot).

Als dritten Teil unserer Ergebnisse präsentieren wir das Sonnenspektrum. Dieses Spektrum ist für unsere Arbeit sehr wichtig, weil nämlich auch das Jupiter Spektrum nur ein Reflexionsspektrum der Sonne ist. Das heißt, dass die Spektren von Jupiter auch immer die Absorptionslinien der Sonne beinhalten. Deshalb wird der Kontinuumsverlauf des Spektrums „überprägt“, weil bestimmte Elemente über einen weiten Wellenlängenbereich das Licht absorbieren.

Ein Spaltvideo war für die Aufnahme des Sonnenspektrums nicht nötig, weil wir für das Spektrum den Spektrographen einfach zum Himmel ausrichten mussten. Außerdem mussten wir das Sonnenspektrum nicht stacken, da die Qualität des Spektrums schon bei der Aufnahme sehr gut war.

Das Sonnenspektrum wurde vollständig kalibriert und normiert mit synthetisiertem Spektrum dargestellt. Auch hier wurden die wichtigsten Linien (Hβ, Magnesium Triplet, Natrium Doublet, Tellurisches O_2 und Hα) beschriftet (Abbildung 25).

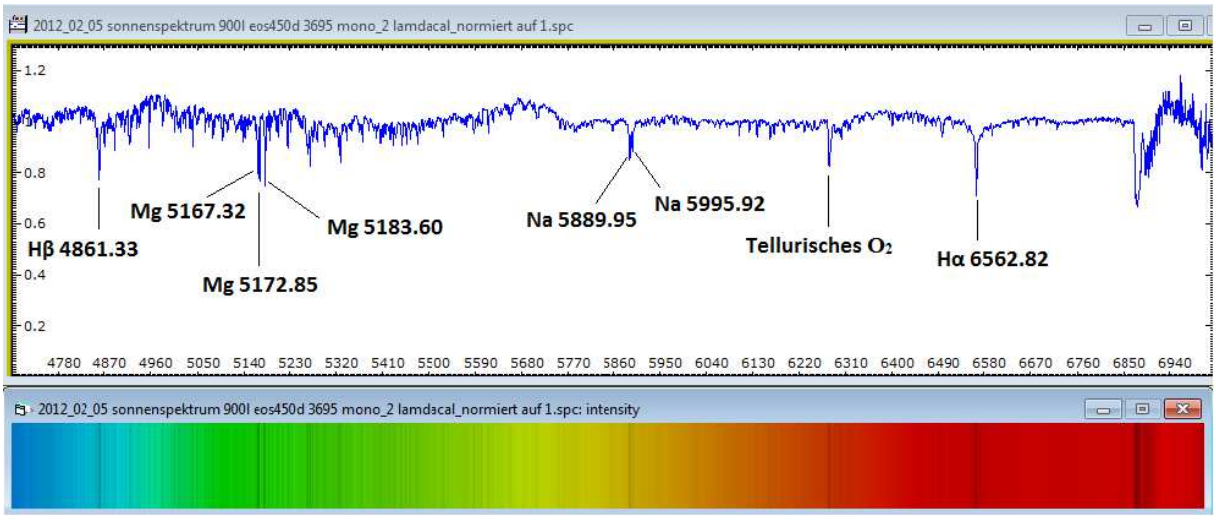


Abbildung 25: Spektrum mit synthetisiertem Farbspektrum von der Sonne (eigener Screenshot).

Wir vergleichen nun das Jupiterspektrum mit dem Referenzsonnenspektrum. Dabei stellen wir fest, dass die Spektren sich an manchen Stellen gravierend unterscheiden.

8.2. Molekularer Wasserstoff H_2

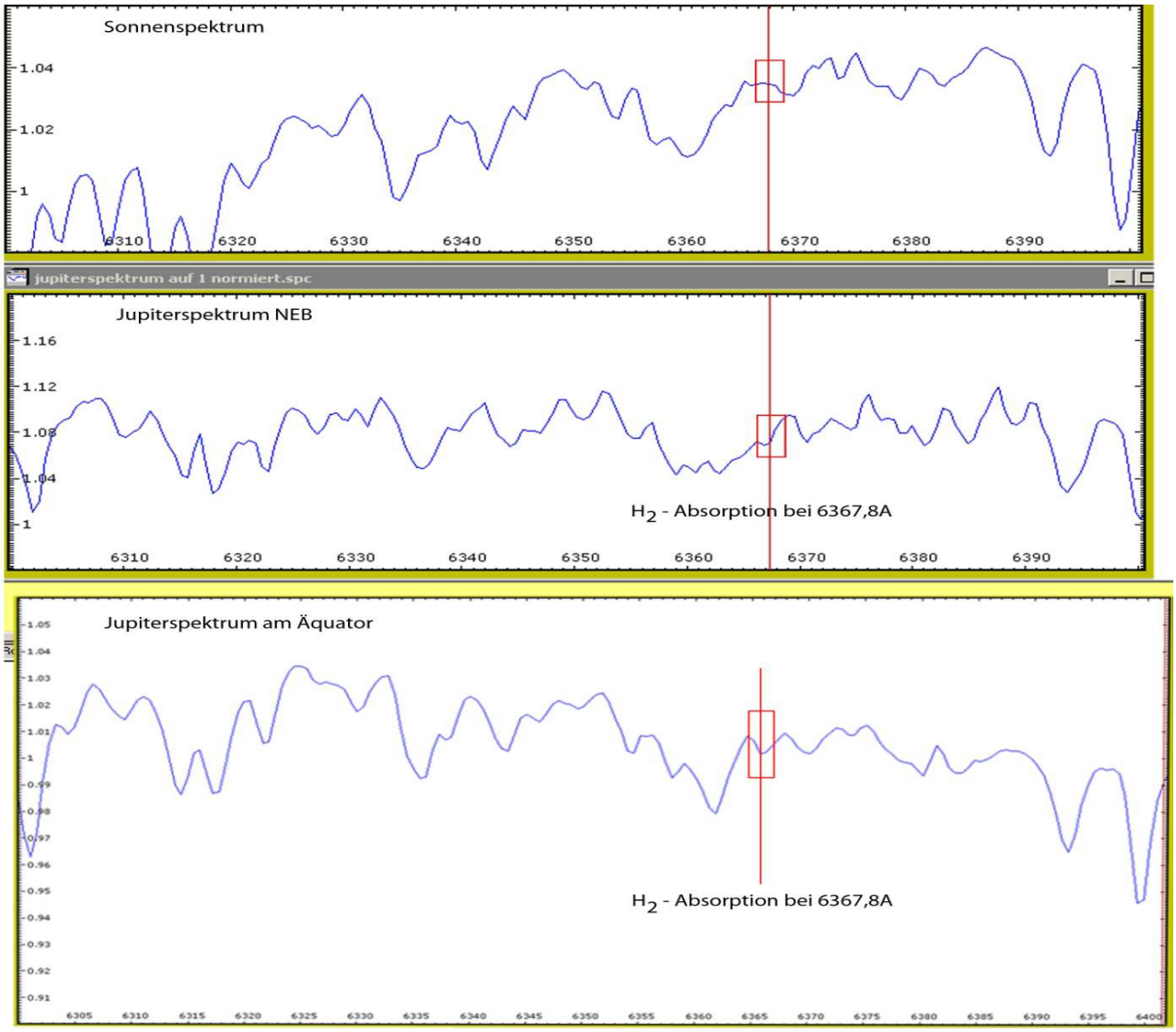
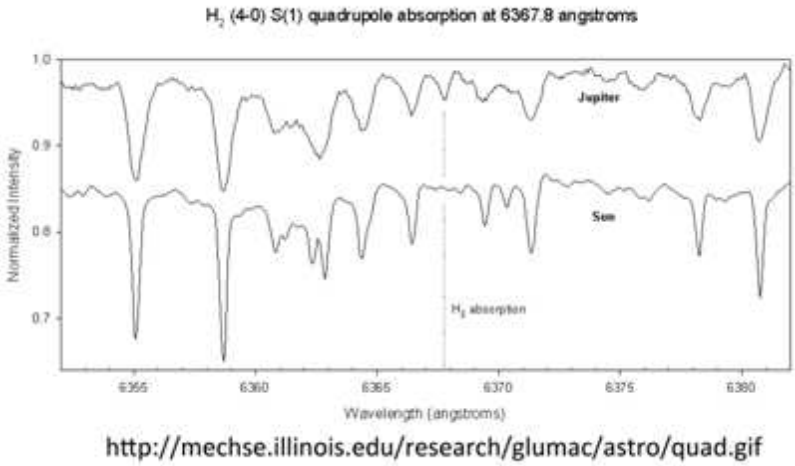


Abbildung 26: Unsere Jupiterspektren mit unserem Sonnenspektrum im Vergleich mit H_2 Absorptionslinie (eigener screenshot).

Abbildung 27: H_2 Referenz



Hier sehen wir bei 6367,8 Angstrom die H_2 Absorptionslinie (Abbildung 26 und 27). Diese Linie bedeutet, dass in der Atmosphäre des Jupiters molekularer Wasserstoff vorkommt, der in diesem Wellenlängenbereich das Licht absorbiert.

Molekularer Wasserstoff ist die gasförmige Verbindung von zwei Wasserstoff Atomen. Bei Raumtemperatur ist der molekulare Wasserstoff farblos und geruchslos und außerdem ca. 15mal leichter als Luft. Wenn dieses

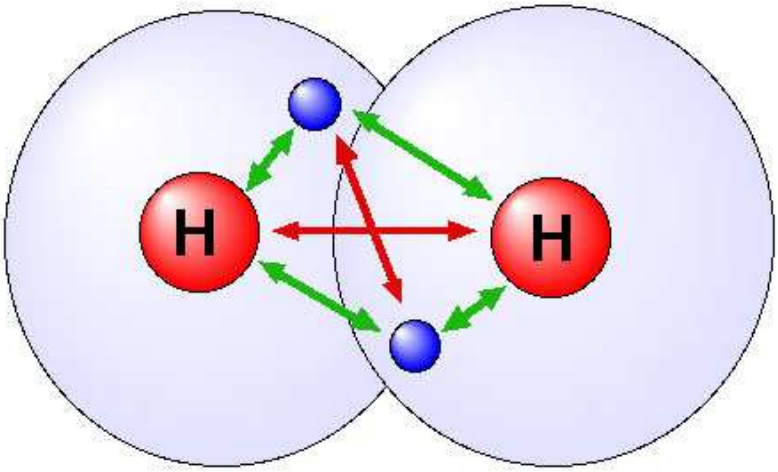


Abbildung 28: H_2 Molekülmodell(http://www.u-helmich.de/che/09/05-molek/einf01.html)

Molekül erhitzt wird reagiert es sehr stark exotherm mit anderen Elementen wie z.B. Sauerstoff („Knallgas“).

Weil die Oberflächentemperatur des Jupiters, je nach Region, unterschiedlich niederig, nämlich von ca. -125°C bis ca. 17°C, sind dies ideale Bedingungen für den molekularen Wasserstoff nicht mit einem anderen Stoff reagieren zu können. Der genaue Anteil des molekularen Wasserstoffs in der Jupiteratmosphäre konnte durch Internetrecherche nicht herausgefunden werden, weil die meisten Quellen im Internet den molekularen Wasserstoff (H_2) mit dem elementaren Wasserstoff vertauschen. So wird in manchen Einträgen behauptet, die Jupiteratmosphäre bestehe zu ca. 87% aus molekularem Wasserstoff. Dies ist natürlich total falsch und außerdem ist der elementare Wasserstoff das am meisten im Weltraum vorkommende Element.

Mithilfe der Referenzen und unserem Sonnenspektrum haben wir nun den molekularen Wasserstoff in der Jupiteratmosphäre beim NEB und beim Äquator nachgewiesen.

8.3. Ammoniak NH_3

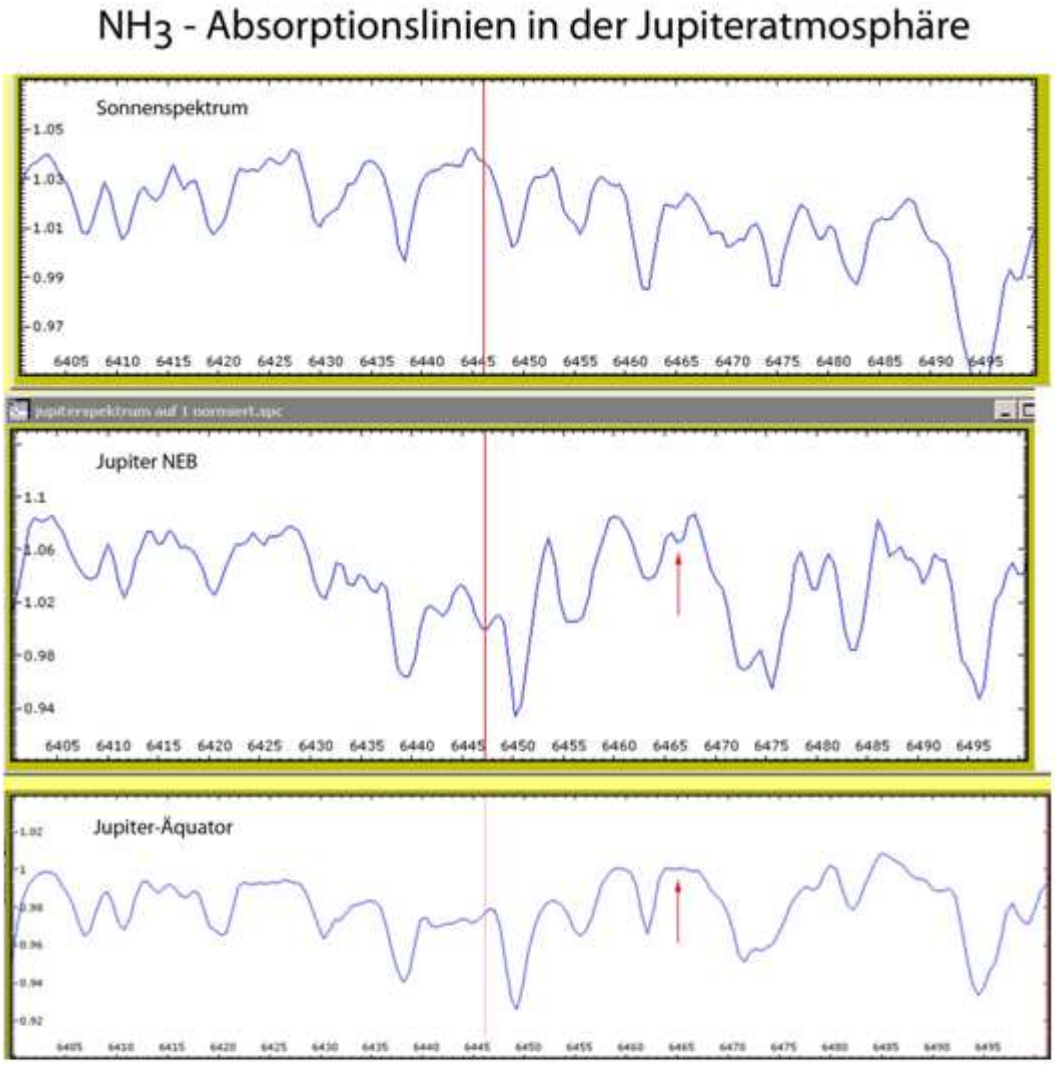
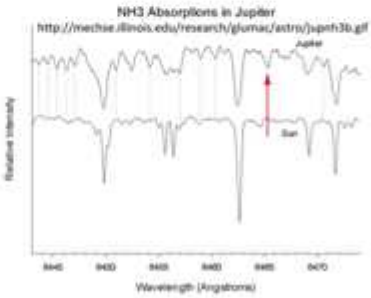


Abbildung 29: Jupiterspektren im Vergleich mit unserem Sonnenspektrum und der Referenz bei der Ammoniakabsorption (eigener Screenshot).



Hier sehen wir bei 6465,3 Angstrom die NH_3 Absorptionslinie (Abbildung 29). Auch bei dieser Linie handelt es sich um eine Absorptionslinie. Dies bedeutet, dass Ammoniak diesen Bereich des Lichtes absorbiert. Ammoniak (NH_3) ist eine Verbindung aus den chemischen Elementen Stickstoff (N) und Wasserstoff (H). Bei Raumtemperatur ist Ammoniak ein farbloses, wasserlösliches, stark stechend riechendes und giftiges Gas. Ammoniak wird ab -33°C flüssig und ab -77,7°C fest.

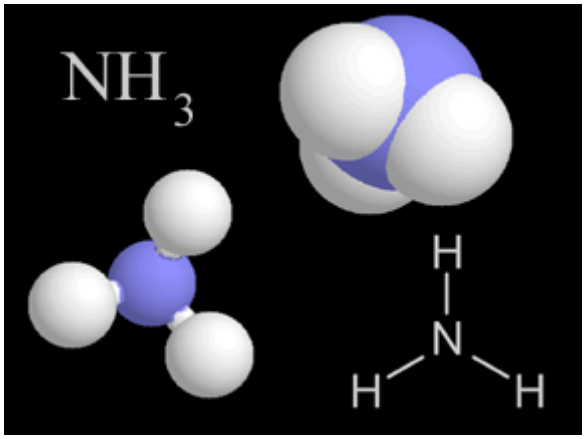
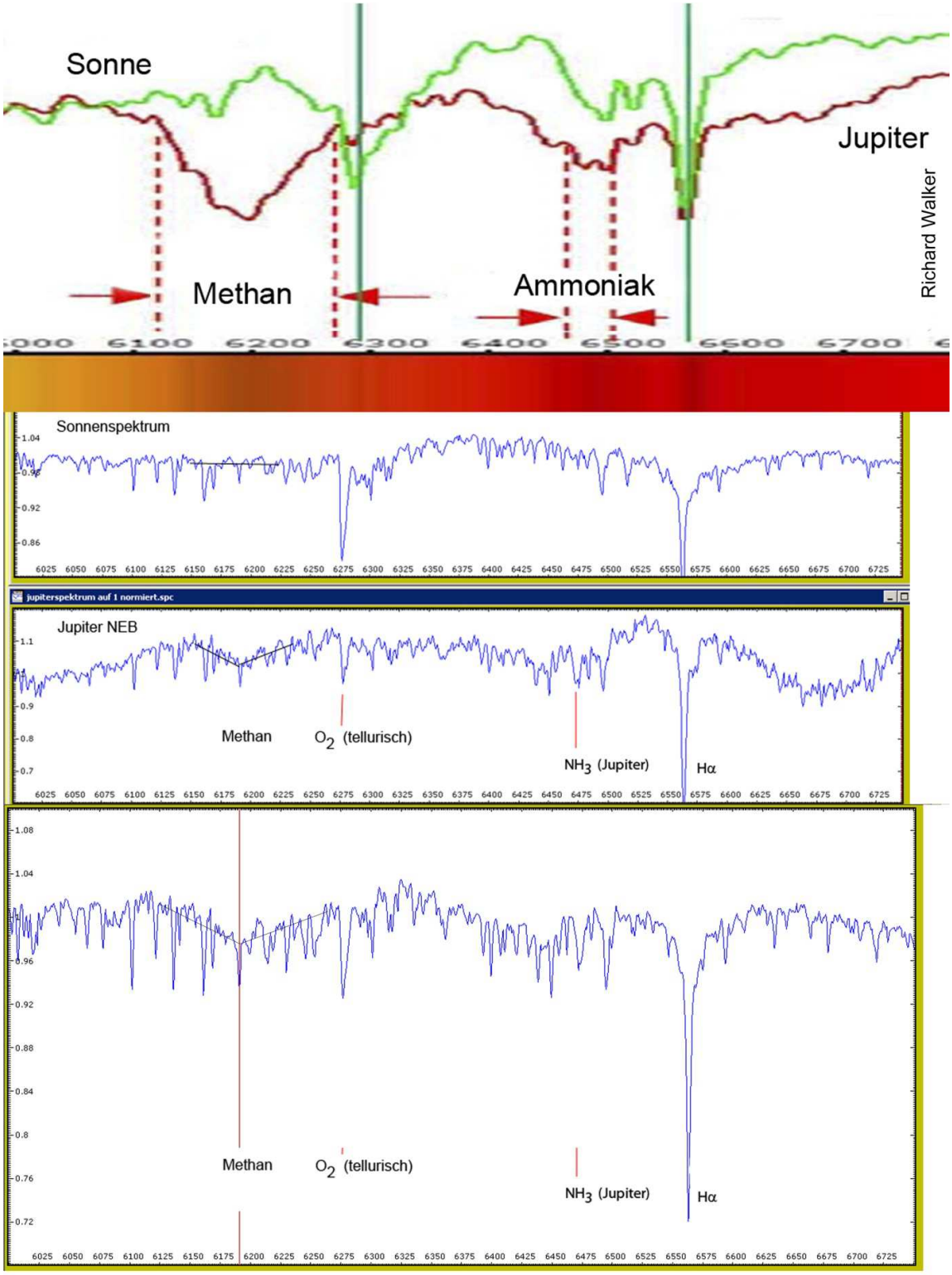


Abbildung 30: NH_3 Molekülmodell(http://amoniacofq.blogspot.com/)

Da es auf dem Jupiter in der Atmosphäre bis zu -125°C kühl wird, liegt Ammoniak in festem Zustand vor. Außerdem ist er für die weißen „Zirruswolken“ verantwortlich, die auf dem Jupiter zusehen sind. Der Genaue Anteil an Ammoniak in der Atmosphäre ist sehr gering, aber im inneren Teil des Jupiters wird mehr Ammoniak vermutet.

Hiermit wurde anhand der Referenzen und dem Sonnenspektrum der chemische Stoff Ammoniak in der Jupiteratmosphäre nachgewiesen.

8.4. Methan CH_4



Jupiter- und Sonnenspektren: Robert Wroblowski, Marius Weise

Abbildung 31: Referenzspektrum von Richard Walker (oben)[Spektralatlas Richard Walker]. Sonnenspektrum, und Jupiterspektren. Aufnahme mit DADOS 900 L/mm und Eos 450D am C11 (unten).

Hier sehen wir den Apsorptionsbereich des Methans mit der Referenz von Richard Walker bei 6190A (Abbildung 31). Interessant daran ist, dass ein relativ großer Bereich des Lichtes im Wellenlängenbereich absorbiert wurde. Außerdem scheint die Absorptionlinie bei beiden Spektren (NEB und Äquator des Jupiters) gleich groß zu sein, woraus man schließen kann, dass beide ungefähr den gleichen prozentualen Anteil an Methan in der Atmosphäre haben. Der gesamt Anteil an Methan in der Jupiteratmosphäre liegt bei 0,3%.

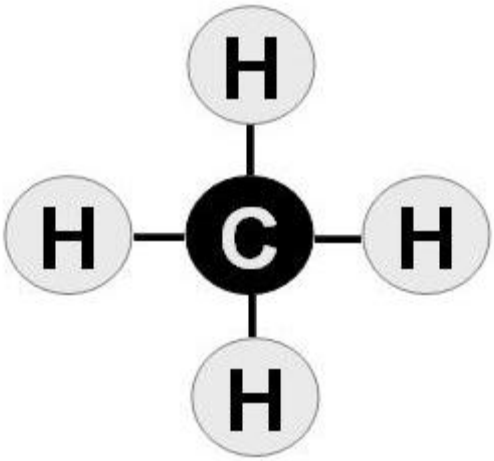


Abbildung 32: CH_4 Molekülmodell (http://www.tilmankluge.de/CHEMIE/CHEMIE.htm)

Das Methan (CH_4) ist eine chemische Verbindung aus einem Kohlenstoffatom und vier Wasserstoffatomen. Das Gas ist farblos, geruchslos und brennbar und ist außerdem ein Hauptbestandteil des Erdgases bzw. Heizgases. Methan wird außerdem erst bei -161°C flüssig und bei -182°C fest. Das Gas ist auch, genauso wie der Wasserstoff, leichter als Luft und steigt dadurch in die hohen Schichten der Erdatmosphäre auf. In der Erdatmosphäre wirkt es als Treibhausgas 20 bis 30mal stärker als Kohlenstoffdioxid.

Auch auf dem Jupiter kommt das Methan als Gas vor, da es selbst bei den starken minus Graden, die in der Jupiteratmosphäre herrschen noch nicht flüssig bzw. fest wird. Desweiteren ist Methan, nach Wasserstoff und Helium, ein Hauptbestandteil der Jupiteratmosphäre.

Im Vergleich mit dem Sonnenspektrum sieht man an dieser Stelle, in der Abbildung, ganz deutlich die Abweichungen des Jupiterspektrums in dem markierten Bereich des Methans. Damit wurde das Methan als Bestandteil der Atmosphäre des Jupiters am NEB und am Äquator nachgewiesen.

9. Zusammenfassung der Ergebnisse

Anhand der Vergleiche des NEB-Spektrums und des Äquatorspektrums mit dem Sonnenspektrum konnten wir die Stoffe H2, NH3 und CH4 in der Jupiteratmosphäre nachweisen. Das Vorkommen dieser Stoffe in der Jupiteratmosphäre wurde hauptsächlich durch die niedrige Temperatur in der Atmosphäre begründet, weil ansonsten diese Stoffe mit anderen Stoffen aus der Jupiteratmosphäre reagiert hätten.

10. Literaturverzeichnis

[1]: http://de.wikipedia.org/wiki/Jupiter_%28Planet%29, http://mirok.de/sciencjupiter.htm

[2]: Tutorial DADOS Bernd Koch 3.0, Material aus dem Kurs „Sternspektroskopie“ vom 24.-28.10.2011

[3]: Facharbeit Orionnebel_Mohr_Ziegler, Tutorial DADOS Bernd Koch 3.0, http://www.canon.de/For_Home/Product_Finder/Cameras/Digital_SLR/EOS_450D/index.aspx?specs=1

[4]: www.adobe.com/**Photoshop**Family, www.**fitswork**.de/, www.astrosurf.com/vdesnoux/

[5]: http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoff, http://de.wikipedia.org/wiki/Ammoniak, http://de.wikipedia.org/wiki/Methan, http://www.cupra-dreams.de/wasserstoff.php, http://mechse.illinois.edu/research/glumac/astro/quad.gif, http://mechse.illinois.edu/research/glumac/astro/jupnh3b.gif

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1-3: http://darkstarastrology.com/jupiter-conjunct-uranus-2010/,http://de.wikipedia.org/wiki/Jupiter_%28Planet%29, en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Jupiter

Abb. 4,5,6,10,11: Tutorial DADOS Bernd Koch 3.0, Materialien aus dem Kurs „Sternspektroskopie“ vom 24.-28.10.2011

Abb. 7,8: Facharbeit Orionnebel_Mohr_Ziegler

Abb.9:

http://www.canon.de/For_Home/Product_Finder/Cameras/Digital_SLR/EOS_450D/index.aspx?specs=1

Abb. 12-26: eigene Aufnahme bzw. eigener Screenshot

Abb. 27: http://mechse.illinois.edu/research/glumac/astro/quad.gif

Abb. 29: eigener Screenshot, http://mechse.illinois.edu/research/glumac/astro/jupnh3b.gif

Abb. 28,30,32: http://www.u-helmich.de/che/09/05-molek/einf01.html, http://amoniacofq.blogspot.com, http://www.tilmankluge.de/CHEMIE/CHEMIE.htm

Abb. 31: eigener Screenshot, Referenz aus Spektralatlas_Richard_Walker

Abschlusserklärung

Hiermit versicheren wir, dass wir 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 haben.

Ich bin damit einverstanden, der schulinternen Öffentlichkeit in der Bibliothek der Schule zugänglich gemacht wird.

Ort, Datum Unterschrift