



Astronomie im Physikunterricht

mit den Möglichkeiten der praktischen Astronomie

CHRISTIAN, HASLINGER
CHRISTIAN.HASLINGER@STUD.SBG.AC.AT

Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem spannenden Thema der Astronomie im Physikunterricht. Zu Beginn wird ein kurzer Überblick über die ausgewählten Themen der Astronomie dargestellt. Anschließend werden die Grundlagen der praktischen Astronomie beschrieben, um einen kurzen Abriss in das große Feld der Amateurastronomie zu geben. Anhand der ausgewählten Bereiche der Kosmologie und der Astronomie wird versucht, eine synthetische Aufbereitung der zwei großen Bereiche Astronomie und Amateurastronomie darzustellen. Abschließend werden Möglichkeiten und Chancen zur Einbindung in der Schule und in den Physikunterricht gezeigt.

1 Theoretische Grundlagen - Astronomie

Astronomie zu erleben, bedeutet sicher mehr als nur Sonne, Mond, Planeten und Sterne zu beobachten. Es geht darum zu Wissen, welche großen Geheimnisse sich hinter diesen Objekten verbergen. Aktuelle Fragestellungen der Astronomie könnten lauten: Was sind schwarze Löcher, was ist die geheimnisvolle dunkle Materie oder gibt es Leben auf anderen Planeten? Die Astronomie steckt gewissermaßen noch in den Kinderschuhen und wir stehen erst am Beginn großer Entdeckungen und Antworten auf die letzten großen Fragestellungen, welche die Existenz des Menschen in ihrem Inneren grundlegend verändern werden – Woher kommen wir, wohin werden wir gehen und sind wir wirklich alleine in diesem unglaublich gigantischen Universum?

Im Folgenden wird ein kurzer theoretischer Überblick über zwei ausgewählte Themen gegeben. Der erste Teil beschränkt sich auf unser Sonnensystem und im speziellen auf unsere Sonne als Stern. Im Weiteren wird ein kurzer Einblick in den sogenannten Deep-Sky gegeben. Hier geht der Artikel der Frage nach: Wie entstehen Sterne und wo in unserer Milchstraße finden sich die sogenannten „Kinderstuben“ der frühen Sternentstehung.

Die Sonne als Stern

Die Geschichte der Sonne begann vor ca. 4,5 Milliarden Jahren. Zu diesem Zeitpunkt formte sich aus einer Wolke, bestehend aus interstellarem Gas, ein junger Stern der Hauptreihenklasse. Mit einer absoluten Helligkeit von 4,83 mag und einer Masse von $1,9884 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ wird die Sonne

im Hertzsprung-Russell-Diagramm als Hauptreihenstern (Zwergstern) eingeordnet (Sun Fact Sheet 2018).

Im Vergleich zu anderen Sternen in der Milchstraße liegt unsere Sonne also im mittleren Durchschnitt in Bezug auf Leuchtkraft und Größe.

Zur Aktivität der Sonne wurde schon im Mittelalter sehr viel spekuliert und „erforscht“. So dachte man am Anfang, die Sonne wäre ein riesiger Haufen Steinkohle. Später, die Sonne würde ihre Energie in Folge einer gravitativen Kontraktion ausstrahlen – berechnet man diesen Verdacht mit der einfachen Formel $E_{grav} = G \frac{M^2}{R}$ so erhält man $4 \cdot 10^{41} \text{ J}$ Energie bei vollständiger Kontraktion. Dies würde bei einer Abstrahlungsleistung von $4 \cdot 10^{26} \text{ W/s}$ eine Lebensdauer von ca. 100 Millionen Jahren entsprechen (vgl. Hanslmeier 2015). Da unsere Erde ca. 4,5 Milliarden Jahre alt ist, ist dies natürlich Nonsense. Tatsächlich bestehen Kernfusionsprozesse innerhalb des Kerns der Sonne. Laienhaft ausgedrückt: Wasserstoffkerne fusionieren unter hohen Drücken und Temperaturen zu Heliumkernen. Durch den auftretenden Massendefekt strahlt die abgängige Masse in reiner Energie ab. Diese stellare Kernfusion wird in der Astrophysik als Wasserstoffbrennen bezeichnet. Wasserstoffbrennen ist nur in der Zeit als Hauptreihenstern möglich, hier verschmelzen die Protonen der Wasserstoffkerne unter Energiefreisetzung. Der vorhin erwähnte Massendefekt und die frei werdende Energie lässt sich mit der Einsteinschen Formel: $E = mc^2$ berechnen. Die Lebensdauer des Sterns würde somit bei ca. 9,1 Milliarden Jahre liegen, welcher im aktuellen Forschungsstand als akzeptablen Wert angesehen werden kann.

Kernfusion findet im Kernbereich der Sonne statt. Die Energie wird in der Strahlungszone durch Absorption und Emission langsam nach außen transportiert. In diesem Bereich der Sonne entstehen hochenergetische Photonen welche Schätzungen zu folge ca. 100.000 Jahre brauchen um an die Oberfläche zu gelangen und abzustrahlen. In der Konvektionszone wird die Energie durch konvektive Bewegungen nach außen an die Oberfläche transportiert und an der Photosphäre und Chromosphäre abgestrahlt (Siehe Abbildung 1) (vgl. ebd. 2015).

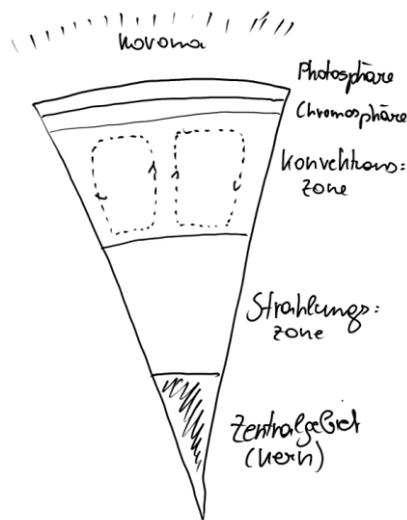


Abb. 1. Querschnitt der Sonne (Eigene Darstellung)

Die für uns interessanten Bereiche der Photosphäre und der Chromosphäre befinden sich am äußersten Rand der Sonne. **Photosphäre:** Diese ist die tiefst gelegene Schicht, die noch mit astronomischen Hilfsmitteln beobachtbar ist. Die Sphäre macht mit ca. 400km Dicke nur ca. 0.02% des Sonnendurchmessers aus. Die Intensität der Strahlung fällt innerhalb dieses Bereichs auf nahezu Null ab, wodurch die Sonnenscheibe scharf begrenzt erscheint (Siehe Abbildung 2).



Abb. 2: Photosphäre im sichtbaren Licht

Die Temperatur beträgt an der Oberfläche der Photosphäre etwa 6000K, welche in den ca. 400km auf etwa 4800K absinkt. Dies führt zu einer Variation der Flächenhelligkeit vom Scheibenzentrum zum Rand hin. Diese sogenannte Mitte-Rand-Variation auch Randverdunkelung genannt ist dementsprechend eine Flächenhelligkeitsabnahme der Photosphärenschicht, die von darüberliegenden Schichten um so stärker absorbiert wird, je länger der Weg in den höherliegenden Schichten ist. Doch warum ist die Mitte-Rand-Variation überhaupt wichtig? Mit Hilfe von Gitterspektrographen kann ein Sonnenspektrum mit sehr hoher Auflösung aufgenommen werden, so dass die Fraunhoferlinien (Absorptionslinien im Spektrum der Sonne) untersucht werden können. Viele Messungen beziehen sich dabei auf die Mitte der Sonnenscheibe, da durch die Mitte-Rand-Variation auch die erscheinenden Linienintensitäten eine Variation aufweisen. Weitere beobachtbare Phänomene neben der Mitte-Rand-Variation sind die Sonnenflecken und die Granulation. Sonnenflecken sind „kühlere“ Flecken auf der Sonnenoberfläche, welche einen Temperaturunterschied von ca. 1500K gegenüber den umliegenden Bereichen aufweisen. Die Ursache dieser Flecken lag lange im Unbekannten. Mittlerweile weiß man, dass Sonnenflecken ihren Ursprung durch lokale Störungen im gewaltigen solaren Magnetfeld haben. Am Anfang ihrer Entstehung steigen Magnetfelder aus der Konvektionszone und aus der Photosphäre bis in die Korona empor und behindern die Bewegung der inneren Konvektion der Sonne. Diese Behinderung führt Gebietsweise zu einem sogenannten *Hitzestau* und der Energietransport vom Inneren der Sonne an die Oberfläche wird verhindert.

Die innere Konvektion in der Konvektionszone ist verantwortlich für die Granulation. Diese ist im sichtbaren Spektralbereich der Sonnenscheibe und visuell erscheint sie als körnige Struktur. Die Granulation besteht aus hellen *Granulen* und *intergranularen Raum*. In den heißen Granulen steigt Gas von der Konvektionszone mit ca. 1000m/s nach oben auf und im intergranularen Raum (welcher bedeutend kühler ist) sinkt das Gas wieder ab (vgl. Hermann 1990). Diese sich schnell verändernde Oberfläche kann mithilfe von optischen Mitteln sehr gut beobachtet werden (Siehe Abbildung 3).

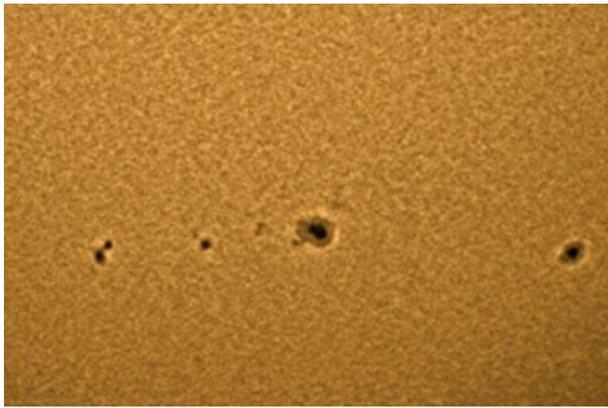


Abb.3: Granulation (und Sonnenflecken) (Eigene Fotografie)

Chromosphäre: Diese Bezeichnung kommt aus dem Griechischen und bedeutet Farbschicht. Die Chromosphäre schließt an der Photosphäre an und besteht, wie auch die darunter liegende Schicht, hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium. Diese ca. 2000km dicke Schicht wird kontinuierlich schwächer bis sie in der sogenannten Korona übergeht. Die Chromosphäre ist mit ca. 4000 – 10000K sehr viel heißer als die Photosphäre. Der Grund für dieses Paradoxon sind sogenannte *Spikulen*. Dieser Begriff wurde erstmals von Angelo Secchi, einem Vatikanastronomen, definiert. Damals verglich er die Spikulen mit Buschfeuer. Tatsächlich sind diese Erscheinungen schnelle Plasmaentladungen entlang von Magnetfeldern, welche durch Konvektionswirbel in der darunter liegenden Photosphären hervorgerufen werden. Diese nach außen transportierte *Hitze* ist der Grund für die immense Temperatursteigerung in der chromosphären Schicht. Mit einfachen Mitteln lassen sich auch für Amateure sehr interessante Phänomene beobachten: **Flares** und **Protuberanzen**.

Protuberanzen werden durch Teleskope (oder bei totalen Sonnenfinsternissen) als „längestreckte Wolken“ in der Korona beobachtet. Diese koronalen Ausbrüche sind starke Materieströme und dehnen sich bis zu einer Höhe von 40.000km aus und haben eine Dicke von bis zu 5000km. Die Form dieser Strukturen verändert sich nur sehr langsam (Wochen bis Monate) und tritt meist in der Nähe von Sonnenflecken auf. Protuberanzen werden auch magnetische Eruptionen genannt, da die Materie dieser Ausbrüche entlang der magnetischen Feldlinien fließt und aufsteigt.

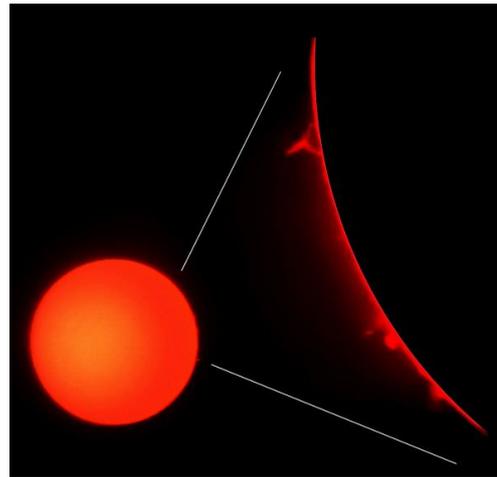


Abb.4: Flares und Protuberanzen durch das Teleskop (Eigene Fotografie)

Wenn die Magnetfelder gestört werden, regnen die Materiemassen meist wieder zurück zur Sonnenoberfläche. Bei wirklich starken Ausbrüchen kann es zu koronalen Massenauswürfen kommen, hier werden sehr große Materiemengen von der Sonne in den tiefen Raum ausgestoßen. Bei Kontakt mit dem Erdmagnetfeld können solche Phänomene dann als starke Nordlichter beobachtet werden (ebd. 1990).

Deep-Sky: Sternentstehung

Sterne, und auch unsere Sonne, entstehen in sogenannten Sternentstehungsgebieten.



Abb.5: H-II Gebiet (Eigene Fotografie)

Diese, auch H-II Gebiete genannt, sind interstellare Wolken im tiefen Raum aus leuchtendem Gas. Die Wolken können sich über mehrere hundert Lichtjahre erstrecken. Blaue, junge Sterne, die in diesen Gebieten durch gravitative Verdichtungen entstanden sind, senden ultraviolettes Licht aus, welche den Nebel, der hauptsächlich aus Wasserstoff, Helium und anderen Spurenelemente besteht, an sich ionisiert. Die Nebel sen-

den durch die Ionisierung Licht im Wellenlängenbereich von 656,3 nm aus. Deshalb erscheinen sie durch Teleskope meist rötlich. Tausende neue Sterne entstehen hier in astronomisch sehr kurzen Zeitabständen – einigen Millionen Jahren Durch gravitativen Kollaps. In einer Wolke bestehen im Wesentlichen zwei Kräfte. Der Gasdruck der Wolke und die Schwerkraft. Ist die Gravitationskraft stärker als der nach außen gerichtete Gasdruck, so kommt es zum Kollaps der Gaswolke. Dies beschreibt das sogenannte Jeans-Kriterium (vgl. Kolanoski 2013). Dieses Kriterium besagt, dass eine Gaswolke dann kollabiert, wenn ihre Masse größer als die *Jeans-Masse* ist. Möglichkeiten zum Kollaps haben demnach nur Wolken mit 1000 Sonnenmassen oder mehr.

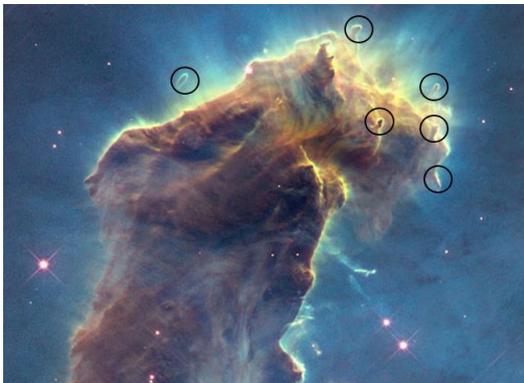


Abb.6: Kollabierte Wolkenteile im Adlernebel (Hubble Space Image)

Der Adlernebel (IC 4703) ist ein Paradebeispiel eines H-II Gebiets. Der Nebel befindet sich in einer Entfernung von 7000 Lichtjahren und hat einen Durchmesser von 15 LJ. Sein Alter wird auf 5,5 Millionen Jahre geschätzt. Der ca. 20 LJ große Nebel enthält Staubsäulen, die bis zu 10 LJ lang sind und an deren Spitze sich neue Sterne befinden bzw. entstehen (Abb.6). Diese Säulen werden auch als *Pillars of Creation* oder *Säulen der Schöpfung* genannt. Einige Sterne in diesen Säulen sind sehr jung, Schätzungen zufolge nur 50.000 Jahre alt, was in astronomischen Maßstäben sinngemäß gestern ist. Es wird davon ausgegangen, dass die Säulen der Schöpfung jedoch schon vor langer Zeit durch eine nahe Supernovaexplosion vernichtet worden sind. Wir erblicken derzeit die Wolken, wie sie vor 7000 Jahren erschienen, vor ca. 2000 Jahren konnte man jedoch am Sternenhimmel eine Supernova verzeichnen, von der man ausgeht, dass diese die Säulen der Schöpfung sinngemäß weckgeblasen hat (Hanslmeier 2015). Durch die Entfernung des Adlernebels liegt das Ereignis also schon

acht oder neuntausend Jahre in der Vergangenheit – wir jedoch auf Grund der großen Entfernung und der Zeit die das Licht benötigt, dies erst in Tausenden von Jahren beobachten können.



Abb.7: M42 – Orionnebel durch das Teleskop (Eigene Fotografie)

Ein weiteres sehr bekanntes und mit bloßem Auge beobachtbares Sternentstehungsgebiet ist der Orionnebel (M42) (Abb.7). Dieser Nebel hat eine sehr große scheinbare Helligkeit und ist als Teil des Schwertes des Orions südlich der Sterne des Oriongürtels zu sehen. Der Nebel ist etwa 1350 LJ entfernt und eines der nächsten und aktivsten Sternentstehungsgebiete überhaupt.



Abb.8: Protoplanetare Scheibe im Orionnebel (Hubble Space Image)

Im Zentrum befinden sich sehr junge Sterne und dank der hochauflösenden Instrumente des *Hubble Space Telescope* konnten sogar Aufnahmen von sogenannten protoplanetaren Scheiben gemacht werden (Abbildung 8). Diese auch zirkumstellare Scheiben genannt, sind ringförmige Strukturen, bestehend aus Gas und Staub um ei-

nen Protostern. Die Ausdehnung solcher protoplanetarer Scheiben liegt in der Größenordnung von ca. 8000 Millionen Kilometer. Eine beachtliche technische Leistung des Hubble-Teleskops, wenn man bedenkt, dass der Orionnebel ca. 1350 LJ entfernt ist. Eine protoplanetare Scheibe verwendet nur ein bis zehn Prozent ihrer Masse für den Stern, der Rest wird als Masse zur Entstehung von Planetensystemen angenommen.

2 Theoretische Grundlagen – Amateur Astronomie (Astrofotografie)

Im Gegensatz zur (wissenschaftlichen) Astronomie, wird die Amateurastronomie als Hobby von Liebhaberinnen und Liebhabern der Astronomie betrieben, die mit ihren Belangen meist keinen beruflichen Interessen nachgehen. Diese Interessen werden dabei mit dem Einsatz von unterschiedlichsten Instrumenten verbunden. Unterschieden wird hier zwischen der visuellen Beobachtung und der kameragestützten Beobachtung. Die visuelle Beobachtung wird meist mit sehr lichtstarken Teleskopen durchgeführt, wobei hier der Beobachter durch ein Okular das Live-Bild durch das Fernrohr beobachtet. Die kameragestützte Beobachtung hingegen verwendet sehr viel lichtschwächere Teleskope, welche aber in ihrer Bauweise sehr viel empfindlicher und qualitativ hochwertiger sind. Diese Form der Beobachtung erlaubt es Beobachtenden Langzeitbelichtungen (wenige Minuten bis hin zu mehreren Stunden) von stellaren Objekten anzufertigen, um auch noch die lichtschwächsten Objekte in ihrer ganzen Farbenpracht auf Film abzubilden. Freilich geht die Amateurastronomie keinem beruflichen Interesse nach, jedoch haben technische Neuerungen und Innovationen im privaten Gebrauch auch das Interesse der wissenschaftlichen Astronomie geweckt. Dazu zählen unter anderem Beobachtungen von Helligkeitsveränderungen von veränderlichen Sternen, Verfolgung von Asteroriden (Near Earth Astero-rid Tracking), Veränderung von Jupiters Oberfläche und der Supernovasuche (vgl. Hanslmeier 2015). Tatsache ist, dass die meisten Supernovae von Amateurastronomen entdeckt werden. Nun stellt man sich hier die Frage nach dem Warum? Dies lässt sich mit der großen Anzahl von privaten

Teleskopen, die über den ganzen Globus verteilt existieren, erklären. Bei der Supernovasuche (oder Entdeckung) spielt der Faktor des Zufalls eine entscheidende Rolle. Supernovae sind nach dem heutigen Stand nur sehr schwer vorherzusagen und so benötigt man sehr viele Augen, die den Himmel gerichtet sind, um solch zufälligen Aufnahmen und Beobachtungen durchführen zu können (Abbildung 9). Die NASA beispielsweise hat sehr wenige, aber dafür leistungsstarke Teleskope. Aber die immense Anzahl von weniger leistungsstarken Teleskopen von privaten Nutzern führt dazu, dass sehr viele Supernovae von Amateuren ausgemacht werden. Diese werden dann von den Entdeckern und Entdeckerinnen in Datenbanken im Internet eingetragen und durch die NASA auf ihre Echtheit überprüft.

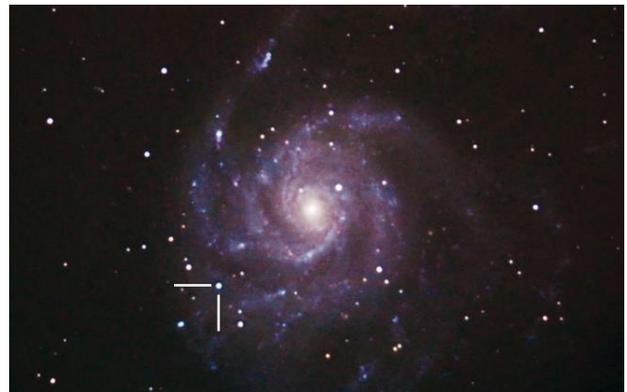


Abb.9: Supernova durch ein Amateurteleskop

Diese Entdeckungen sind sinngemäß ein Lotto-Sechser für Amateurastronomen bzw. der Heilige Gral unter den Beobachtungen. Doch was benötigt man nun für eine ordentliche Beobachtung? Welche grundlegenden technischen Voraussetzungen sind grundlegend, um in die Amateurastronomie einzusteigen? Das dafür notwendige Setup sieht im Allgemeinen immer ähnlich aus:

- Objektiv (Teleskop)
- Aufnahmegerät (Spiegelreflexkamera / oder Smartphone)
- Montierung (Stativ)
- Zubehör (wie z.B. Sonnenfilter)

Je nach Anwendung (Planetenbeobachtung oder Deep-Sky-Aufnahmen) kann

dies etwas abweichen. Die Kosten sind entgegen allen Vermutungen relativ überschaubar. Für eine einfache Sonnenbeobachtung mittels Fernglas beginnt dies schon bei 50€, für Beobachtungen der Chromosphäre bei etwa 200€. Für lichtschwächere Objekte, wie z.B. ferne Planeten oder generell Deep-Sky-Objekte benötigt man ein Teleskop mit Montierung (kombiniert mit einem Aufnahmegerät wie z.B. Smartphone) um etwa 500€. Wie in vielen anderen Bereichen gibt es hier natürlich nach oben hin keine Grenzen. So lassen sich beispielsweise im größten Online-Versand für den deutschsprachigen Raum Teleskope kaufen, deren Preisspanne zwischen 200.000€ und 500.000€ liegt. Generell ist beim Kauf jedoch zu beachten, dass man sich professionelle Hilfe sucht und sich von den Billigteleskopen bekannter Supermärkte fern hält. Was viele Amateurastronomen gemein haben ist, dass sie sehr viel Geld für unüberlegte Investitionen verschwendet haben, welches besser von Anfang an in hochwertigere Instrumente investiert worden wäre. Leider verlieren viele Menschen dadurch sofort das Interesse an der Astronomie, da die versprochenen Bilder auf Verpackungen usw. nicht den Tatsachen entsprechen. Wenn jedoch einmal diese Grenze überwunden ist, stehen einem die Sterne und all die Wunder, die das Universum zu bieten offen. Die Möglichkeiten der Beobachtung im Sonnensystem sind vielfältig. Von unseren nächsten Nachbarplaneten, dessen Monden, der Sonne bis hin zu Asteroiden ist sehr vieles möglich:



Abb.10: Jupiter (Eigene Fotografie)



Abb.11: Mars (Eigene Fotografie)



Abb.12: Saturn (Eigene Fotografie)

Die Möglichkeiten der Deep-Sky-Beobachtung bietet noch sehr viel mehr und man kann durch Langzeitbelichtungen sinngemäß eine Zeitreise durch unser Universum machen. So kann man hier, neben den bekannten Motiven von Galaxien, Sternentstehungsgebiete, Doppelsterne, Neutronensterne, Pulsare, Nebel oder aber auch ganze Galaxienhaufen (Abbildung 14) aufnehmen.



Abb.13: M31 Andromedagalaxie (Eigene Fotografie)



Abb.14: Virgo Superhaufen (Eigene Fotografie)

Und all dies kann tatsächlich schon mit sehr einfachen Mitteln erreicht werden.

3 Möglichkeiten im Unterricht

Die praktische Astronomie bietet sehr viele unterschiedliche Umsetzungsmöglichkeiten, obgleich der österreichische Lehrplan dahingehend sehr wenig vorsieht. Zwischen der 7. und der 8. Klasse schreibt der Lehrplan beispielsweise folgendes vor:

„Einblicke in die Struktur von Raum und Zeit (Entwicklungsprozesse von Weltansichten zur modernen Kosmologie, Gravitationsfeld, Grundgedanken der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie, Aufbau und Entwicklung des Universums) gewinnen“ (AHS-LP 2018).

Der letzte Teil des Zitats, „Aufbau und Entwicklung des Universums gewinnen“, kommt der praktischen Astronomie wohl am Nächsten. In meinen Überlegungen haben sich drei Umsetzungsmöglichkeiten im Unterricht herauskristallisiert:

1. Setzen eines Schwerpunkts:
Hier könnte die Idee einer Arbeitsgemeinschaft herangezogen werden, in der Interessierte Schülerinnen und Schüler sich intensiver mit der praktischen Beobachtung und der theoretischen Beschreibung der astronomischen Sichtungen beschäftigen.
2. Als Projektarbeit: Hier besteht die Möglichkeit im Sinne eines Projekts, vielleicht auch fächerübergreifend, den Geheimnissen des Universums näher zu kommen. In Verbindung mit Mathematik könn-

ten zum Beispiel unterschiedlichste Berechnungen durchgeführt werden. Mit Hilfe von der Keplerschen Gesetze könnten hier z.B. Bahnkurven von Himmelskörper berechnet werden. Mit Hilfe des Chemieunterrichts könnten chemische Prozesse und Reaktionen in Sternen näher berechnet werden. Außerdem könnten die Entstehung der chemischen Elemente in einer Supernova nachvollzogen werden.

3. Durchführen von Beobachtungen zum regulärem Unterricht:

Hier liegt der Fokus im Wecken des Interesses von Schülerinnen und Schülern in die Astronomie. Beobachtungen, die vor allem am Tag möglich sind, könnten hier immer wieder ein kurzer „Urlaub“ vom „Trockenen“ Physikunterricht sein.

Möglichkeiten der Beobachtung im Unterricht – Sonne:

Wie in vorherigen Kapitel schon theoretisch beschrieben, lassen sich mit sehr einfachen Mitteln sehr gute und auch unterrichtsrelevante Beobachtungen der Sonne durchführen. So lassen sich beispielsweise mit einem sehr einfachen Weißlichtfilter vor einem Teleskop oder vor einem Fernglas schon sehr gute Aufnahmen der Photosphäre generieren: Sonnenflecken, Granulation und die Mitte-Rand-Variation. Die Chromosphäre lässt sich mit etwas teureren H-Alpha (Wasserstoff-Alpha) Filtern beobachten. Hier kann man die Sonne in ihrer vollen Aktivität bestaunen. Beobachtbar sind sowohl Flares und Protuberanzen. Die Vorteile einer Sonnenbeobachtung liegen auf der Hand: Die Sonne kann bei Schönwetter zu jeder Tageszeit von z.B. dem Schuldach oder ähnlichem beobachtet werden. Das benötigte Setup kann sehr einfach gehalten werden und so lassen sich mit sehr wenig Aufwand und Vorbereitungszeit sehr gute und interessante Beobachtungen durchführen. Die Nachteile der Sonnenbeobachtung sind zwar sehr wenige, aber diese jedoch sehr ausschlaggebend. So ist die Beobachtung der Sonne sehr gefährlich und kann bei unsachgemäßer Durchführung zu schweren gesundheitlichen Schäden führen, wenn man beispielsweise einen Blick ohne Filter

riskieren würde. Nur wenige Millisekunden bis Sekunden würden für eine vollständige Erblindung ausreichen.



Abb.15: Durch Sonne beschädigtes Teleskop (Sternenwarte Kassel 2012)

Wie es einem Auge ergeht, wenn man ohne Filter gen Sonne blickt, lässt sich mit Abbildung 15 erahnen. Dieses Teleskop wurde versehentlich nur wenig Sekunden Richtung Sonne gerichtet – welches zur vollständigen Zerstörung des Objektivs führte. Es steckt aber auch sehr viel Potential in dieser Form der Beobachtung. So lassen sich hier z.B. mit sehr einfachen Mitteln Live-Beobachtungen durchführen. Hier wird das Teleskop von der Lehrperson schon vor dem Unterricht Richtung Sonne positioniert und am Objektiv, dort wo normalerweise die Schülerinnen oder Schüler durchblicken, ein Smartphone montiert. Mittels App kann dann eine Liveübertragung in das Klassenzimmer gemacht werden und das Livebild der Sonne mittels Beamer an die Wand projiziert werden. Bei astronomischen Phänomenen, wie beispielsweise einer Sonnenfinsternis, ist dies natürlich sehr vorteilhaft, da sehr viele Menschen gleichzeitig das Bild (die Sonne) beobachten können (Abbildung 16).



Abb.16: Livebild einer Sonnenfinsternis (Sternenwarte Kassel 2012)

Für nächtliche Beobachtungen ist natürlich der zeitliche Faktor an erster Stelle zu nennen, und da Unterricht sehr selten bei Nacht stattfindet, ist diese Form der Beobachtung (parallel zum regulären Unterricht) eher schwierig. Mit dem theoretischen Hintergrund, welcher in dem vorherigen Kapitel beschrieben wurde, zeigt sich hier jedoch der Vorteil, dass man Sternentstehungsprozesse live miterleben könnte. Man denke an die *Säulen der Schöpfung* oder an den Orion-Nebel. Der Nachteil, wie bereits erwähnt, liegt in der Tatsache, dass dies nur bei Finsternis und bei sehr guten Bedingungen möglich ist. Trotzdem ist auch diese Form der Beobachtung auch mit sehr einfachen Mitteln möglich. Folgendes Foto wurde beispielsweise mit einem 500€ Teleskop und einem einfachen Smartphone aufgenommen:



Abb.17: Orionnebel durch das Smartphone (Eigene Fotografie)

4 Zusammenfassung:

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass diese Form des Unterrichts sehr viel Potential aufweist. Sie ist interessensweckend, motivierend und lässt eine kurze aber dennoch effektive Auszeit vom regulären Unterricht zu. Die Durchführung muss nicht zwangsweise nur in der Oberstufe durchgeführt werden und auch nicht nur dann, wenn der Lehrplan diesen Stoff ansatzweise so vorsieht. Man kann solche Beobachtungen auch schon in der Unterstufe durchführen, da sie nur unter Aufsicht und Anleitung der Lehrperson durchführbar sind. Der primäre Fokus liegt hier im Wecken des Interesses in einer motivationalen Ebene, welcher die Schülerinnen und

Schüler auch einen Blick jenseits unserer Atmosphäre ermöglicht.

5 Literatur:

- AHS-LP (2018) Lehrplan der AHS Oberstufe. Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2017-09-01> (15.02.2019)
- de Boer, K.S. (2017): Das Hertzsprung-Russell-Diagramm und das Maß der Sterne. Sternwarte, Univ. Bonn.
- Hanslmeier A. (2015): Den Nachthimmel erleben. Sonne, Mond und Sterne – Praktische Astronomie zum Anfassen.
- Hanslmeier, A. (2014): Einführung in Astronomie und Astrophysik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Hermann, J. (1990): Astronomie: Eine Einführung in die Welt des Kosmos. Obis-Verlag. München.
- Hubble Space Telescope Image (2019): Hubblesite, <http://hubblesite.org/images/gallery> (Letzter Zugriff: 22.02.2019)
- Kolanoski, H. (2013): Einführung in die Astroteilchenphysik. <https://www-zeuthen.desy.de/~kolanosk/astro0910/skripte/astro.pdf> (Letzter Zugriff: 22.02.2019)
- Sternwarte Kassel (2012): <https://sfn-kassel.de/informationen/sternwarte> (Letzter Zugriff: 22.02.2019)
- Sun Fact Sheet (2018) NASA. Sun Fact Sheet. <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html> (Letzter Zugriff: 22.02.2019)