Schülerinnen und Schüler fotografieren Objekte von der Region bis zum Ende der sichtbaren Welt

Hans-Otto Carmesin*

*Gymnasium Athenaeum, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade;
Studienseminar Stade, Bahnhofstraße 5, 21682 Stade;
Universität Bremen, Fachbereich 1, Pf. 330440, 28334 Bremen
Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

Kurzfassung

Lernende entdeckten und fotografierten mit ihrem Schulteleskop ihre Welt vom Tanzstudio fast bis zum Ende der sichtbaren Welt. Dabei erkundeten sie eigenständig unterschiedliche astronomische Objekte. Auch gliederten sie die Objekte nach Entfernung und Bewegungsart in vier sinnvolle Gruppen. Diese selbstständige fotografische und kompetent strukturierende Erfassung der Welt ist ein Beispiel für Bildung, wie sie Humboldt 1792 formulierte: „Bildung bedeutet die Anregung aller Kräfte des Menschen, damit diese sich über die Aneignung der Welt in wechselhafter Ver- und Beschränkung harmonisch-proportionierlich entfalten und zu einer sich selbst bestimmenden Individualität führen“ (Brockhaus 1996). Das Projekt wurde von Lernenden der Klassen 5-12 einer Astronomie-AG durchgeführt. In Anbetracht der heterogenen Lerngruppe ist das Projekt ein Beispiel für inklusive Teilhabe an Bildung.

1. Einleitung

In diesem Aufsatz präsentiere ich eine Unterrichtseinheit, bei der Schülerinnen und Schüler die Welt fotografisch erkundeten, mitsamt den zugehörigen von den Lernenden erstellten Fotos.

Abb. 1: Orionnebel: Links: Brennweite 300 mm. Rechts: Brennweite 2000 mm. Fotos Athenaeum.

1.1. Physikalische Inhalte

Seit dem **Urknall** vor ca. 14 Milliarden Jahren kann das Licht einen maximalen Lichtweg von 14 Milliarden Lichtjahren zurückgelegt haben. Von diesem Lichtweg erkunden die Lernenden 88 %. Durch die Ausdehnung des Raumes entspricht diesem Lichtweg eine größere Strecke, dieser Unterschied wird didaktisch reduzierend nicht behandelt (Carmesin 2012).

Bei der Abbildung mit einem Teleskop nimmt der Vergrößerungsfaktor mit der **Brennweite** zu. Das entdecken die Lernenden beiläufig (s. Abb. 1).
Die **Belichtungsdauer** ist grundlegend für das Fotografieren lichtschwacher Objekte. Das erkennen die Schülerinnen und Schüler völlig selbstständig (s. Abb. 2).

Abb. 2: Jupiter, Brennweite 2800 mm: Oben mit vier galileischen Monden, Belichtungsdauer 30s. Unten: Streifen, Belichtungsdauer 0,01 s. Fotos Athenaeum.

Wir können das zufällige **Rauschen** eines Fotos durch Kühlung der Kamera verringern. Das erfassen die Lernenden völlig eigenständig (s. Abb. 3).

Beim Fotografieren sehr entfernter Objekte wird das Licht in der **Atmosphäre** mit aufgezeichnet und wirkt oftmals störend (s. Abb. 4, 5). Durch digitale Bildbearbeitung kann diese Störung weitgehend beseitigt werden (s. Abb. 4, 5).
Bei großen Entfernungen können wir Doppelbilder fotografieren, welche wir durch **Raumkrümmungen** erklären können (s. Abb. 6 und Carmesin 2012b Carmesin 2016b).
Große Unterschiede in der Ausdehnung oder Entfernung von Objekten stellen wir mit Hilfe von Zoomfaktoren oder mit Hilfe von **Präfixen** vor Einheiten dar (s. Abb. 7, 8).
Auf der logarithmischen Skala ergibt sich eine einfache und relativ **gleichmäßige viergliedrige Einteilung** der mit einem Teleskop fotografierbaren Objekte: Die Erdumläufer, die Sonnenumläufer, die Milchstraßenumläufer und die extragalaktischen derzeit sichtbaren Objekte umfassen jeweils ungefähr 6 Dekaden an Lichtweg (s. Abb. 29).

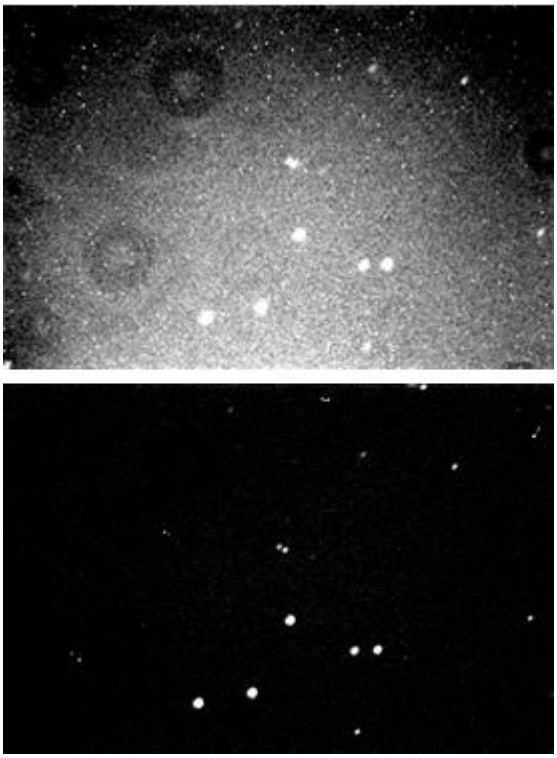

Abb. 3: Zwillingsquasar: Fotos Athenaeum, 17.7.15, Teleskop Celestron C11, Kamera SBIG ST402, Belichtung 5 min. Kameratemperatur oben 18 °C, unten minus 10°C.

1.2. Begründung der Ziele

Die Schülerinnen und Schüler können mit dem hier eingesetzten 11-Zoll-Teleskop vom Typ C11 der Firma Celestron bereits praktisch die gesamte sichtbare Welt eigenständig erkunden. Dabei können sie vielfältige physikalische Tatsachen erfassen (s. o.) und reichhaltige astronomische Objekte entdecken. Die Lernenden können die Ergebnisse dieser Erkundungen umfassend strukturieren (s. Abb. 29). Durch dieses eigenständige und erfolgreiche Entdecken der Welt von Schülerinnen und Schülern der Klassenstufen 5-12 werden offensichtlich inklusive Teilhabe und Bildung erzeugt, wie sie Humboldt 1792 formulierte: „Bildung bedeutet die Anregung aller Kräfte des Menschen, damit diese sich über die Aneignung der Welt in wechselhafter Ver- und Beschränkung harmonisch-proportionierlich entfalten und zu einer sich selbst bestimmenden Individualität führen, die in ihrer Idealität und Einzigartigkeit die Menschheit bereichert“ (Brockhaus 1996). Ich verwende den Bildungsbegriff von Humboldt erstens, weil er „der Bildung als Zentralformel zum Sieg verhalf“ und zweitens weil die Mehrzahl der heutigen Umschreibungen von Bildung an die europäische Aufklärung anknüpfen (Brockhaus 1996). Ich verwende den Bildungsbegriff von Humboldt drittens, weil er folgende wichtige Elemente zu einem sinnvollen Ganzen vereint: Anstrengung, Lernen, Welt, Individuum, Menschheit.

1.3. Materialien

In diesem Aufsatz wird ein Beobachtungsweg vom Tanzstudio der Stadt bis zum Ende der sichtbaren Welt vorgestellt. Die dabei konkret entdeckten Objekte stehen in multimedialer Form zum Herunterladen bereit (Carmesin 2016).

Abb. 4: Leuchtturm Stader Sand in 5 km Entfernung: Foto Athenaeum, C11, Kamera Canon EOS 1000 D. Oben unbearbeitet, unten nach Bearbeitung mit GIMP.

2. Physikalische Entdeckungen

Die Lernenden fotografierten das gleiche Objekt mit verschiedenen Brennweiten (s. Abb. 1). Dabei entdeckten sie, dass die Vergrößerung um so größer ist, je größer die Brennweite ist. Fortgeschrittene analysierten den Zusammenhang auch quantitativ und herleitend (s. Carmesin 2016).

Die Schülerinnen und Schüler fotografierten das gleiche Objekt mit verschiedenen Belichtungszeiten

(s. Abb. 2). Dabei entdeckten sie, dass lichtschwache Strukturen, wie die Jupitermonde, erst bei langer Belichtungsdauer sichtbar werden. Lichtstarke Strukturen, wie die Streifen des Jupiters, sind bei langer Belichtungsdauer überbelichtet und werden erst bei kurzer Belichtungsdauer erkennbar. Fortgeschrittene analysierten Helligkeiten auch quantitativ und wiesen dabei Exoplaneten (Sprenger 2016) oder den Urknall nach (Carmesin 2012).

Die Lernenden fotografierten das gleiche Objekt bei verschiedenen Kameratemperaturen (s. Abb. 3). Dabei entdeckten sie, dass feine Strukturen wie der Zwillingsquasar erst bei gekühlter Kamera sichtbar werden. Fortgeschrittene analysierten den Zusammenhang auch quantitativ und deuteten ihn mit elektronischem Rauschen (s. Carmesin 2016).

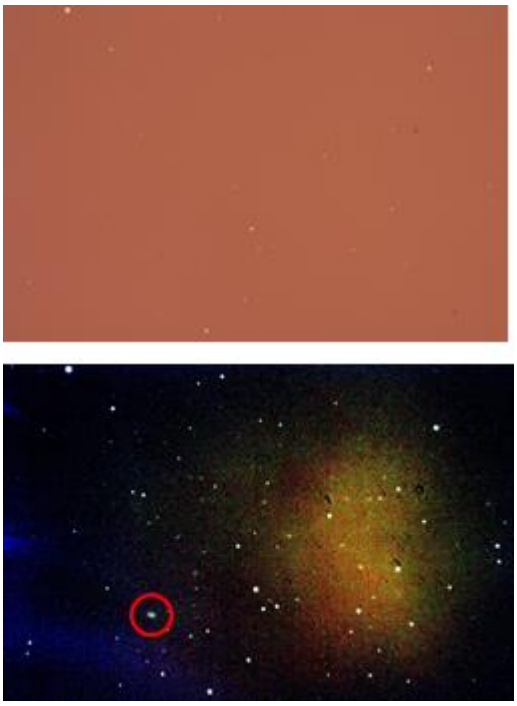

Abb. 5: Galaxie NGC 6166 (roter Kreis) in 446 Mio. Lichtjahren Entfernung: Foto Athenaeum, C11, EOS 1000 D, Belichtungsdauer 15 min. Oben unbearbeitet, unten nach Bearbeitung mit GIMP.

Die Schülerinnen und Schüler fotografierten einen Leuchtturm in 5 km Entfernung (s. Abb. 4). Die Farben wurden mit GIMP automatisch optimiert. Dadurch wurden die roten und weißen Linien korrekt dargestellt. Dennoch wird das Grün der Landschaft weit im Hintergrund bläulich dargestellt. Dies wurde durch das Leuchten der zwischen dem Leuchtturm und dem Hintergrund befindlichen Luft gedeutet. Dieses Leuchten der Luft wurde auf den Nachthimmel übertragen (s. Abb. 5). Die Lernenden erkannten, dass die Luft nachts Licht der städtischen Beleuchtung zurückwirft, sodass wir entfernte Objekte nur durch Herausfiltern dieses Lichts sichtbar machen können (s. Carmesin 2016).

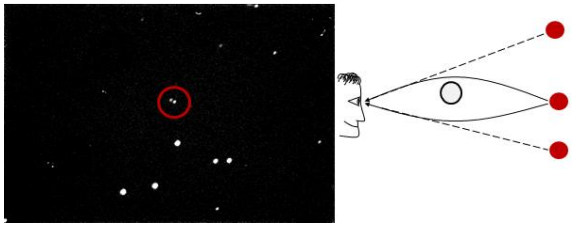

Abb. 6: Zwillingsquasar: Links Foto. Rechts Deutung durch gekrümmten Lichtweg.

Die Lernenden fotografierten den Zwillingsquasar (s. Abb. 3 und 6). Sie erkannten die beiden Lichtpunkte. Sie erhielten die Info, dass die Helligkeit dieser beiden Punkte im Laufe der Zeit etwas schwankt, und zwar gemeinsam, quasi im Gleichklang. Sie folgerten, dass es sich um ein Doppelbild handeln muss. Sie skizzierten den gekrümmtem Lichtweg um ein ablenkendes Objekt herum (s. Abb. 6). Da das Licht sich möglichst gerade ausbreitet, ist dies ein Hinweis auf eine Krümmung des Raums durch das ablenkende Objekt. Auch die Jüngeren konnten mit Hilfe des Maßstabs den Ablenkwinkel aus dem Foto heraus bestimmen. Fortgeschrittenen analysierten den Zusammenhang auch quantitativ und herleitend (Carmesin 2012b, Carmesin 2016b).

Abb. 7: Der Orionnebel wurde mit Hilfe einer Brennweitenänderung um den Faktor 100 gezoomt. Fotos Athenaeum.

Die Schülerinnen und Schüler fotografierten den Orionnebel mit verschiedenen Brennweiten (s. Abb. 7) und realisierten so einen Zoomfaktor 100. Auch fotografierten sie die Strudelgalaxie zusammen mit einem Vordergrundstern und realisierten so einen Entfernungsfaktor 5000 (s. Abb. 8). An diesen Beispielen wurde geklärt, dass man große Zahlen gerne mit Einheitenpräfixen darstellt. Fortgeschrittene stellten den Zusammenhang mit einer logarithmischen Skala her.

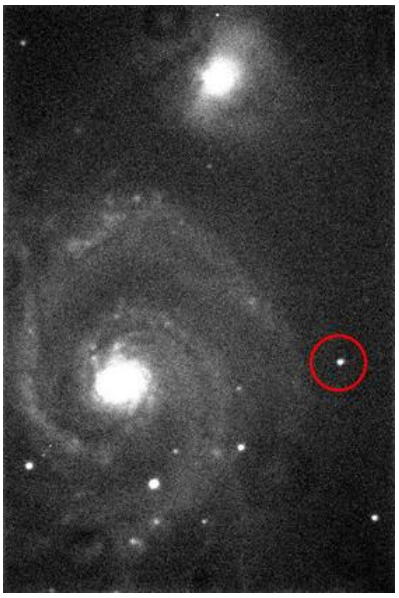

Abb. 8: Strudelgalaxie in 25 Mio. Lichtjahren Entfernung mit Vordergrundstern (im Kreis) in 5000 Lichtjahren Entfernung. Foto Athenaeum.

3. Astronomische Entdeckungen

Grundlegend für dieses Projekt ist das Weltalter von ca. 14 Milliarden Jahren. Dieses bestimmten die Lernenden zuvor mit Hilfe von Rotverschiebungen entfernter Galaxien und mit Hilfe der Helligkeitsmessung dieser Galaxien (Carmesin 2012).

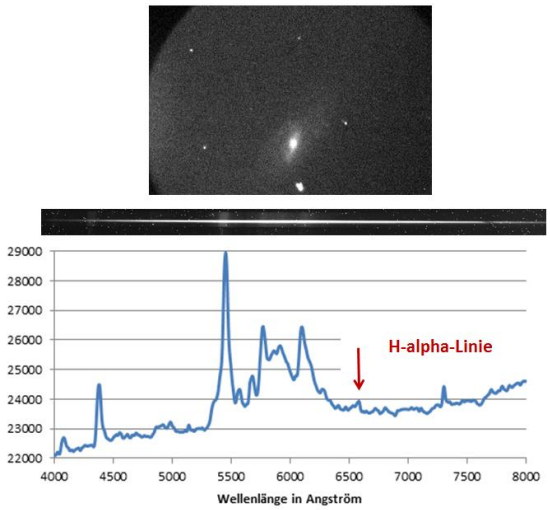

Abb. 9: Galaxie M 66: Oben: Foto. Unten: Spektrum. Foto Athenaeum, 25.4.2011.

Exemplarisch werden hier zwei solche Aufnahmen dargestellt: Die Galaxie M 66 wurde fotografiert und spektroskopiert (s. Abb. 9). Die Lernenden erhielten dabei die Entfernung d = 23 Mio. Lichtjahre und die Rotverschiebung z = 0,0026. Entsprechend wurde die Galaxie NGC 3516 fotografiert und spektroskopiert (s. Abb. 10). Dabei wurde z = 0,0104 gemessen sowie die Entfernung d = 160 Mio. Lichtjahre bestimmt. Beide Galaxien haben die Lernenden mehrfach spektroskopiert mit jeweils ähnlichen Ergebnissen. Auf diese Weise erhielten die Lernenden das Geschwindigkeits-Entfernungs-Diagramm (s. Abb. 11), mit der Steigung 15,88 Mrd. Jahre als Weltalter. Das entspricht einem prozentualen Fehler von ca. 14 %.

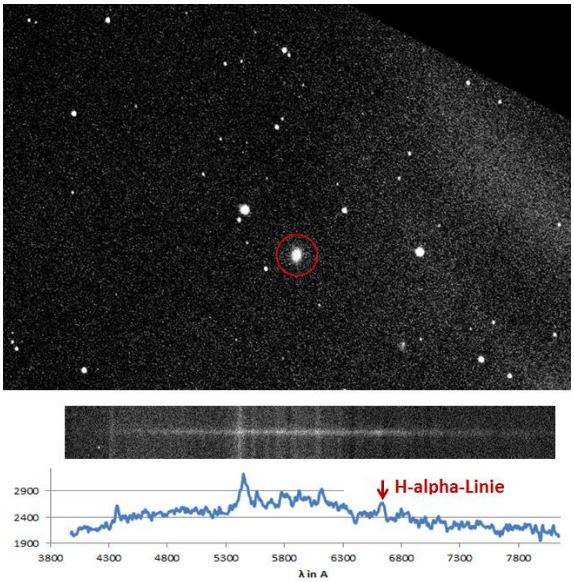

Abb. 10: Galaxie NGC 3516: Oben: Foto. Unten: Spektrum: Waagerechte Linie: Galaxie. Senkrechte Linien: Lichtsmog. Foto Athenaeum, 18.7.2015.

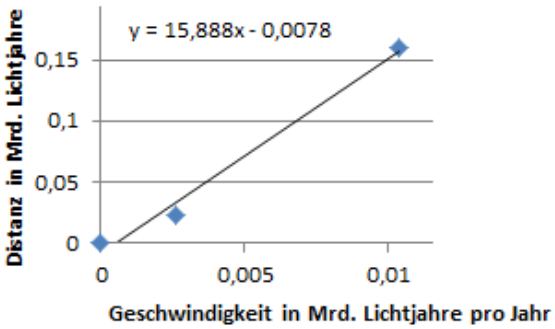

Abb. 11: Geschwindigkeits-Entfernungs-Diagramm.

Die Lernenden begannen ihre „fotografische Reise“ bei dem benachbarten Tanzstudio (s. Abb. 12).

Abb. 12: Tanzstudio Hillmann, 0,9 km Entfernung.

Es folgten die höchsten Strommasten Europas bei Lühesand in 8 km Entfernung (s. Abb.13).

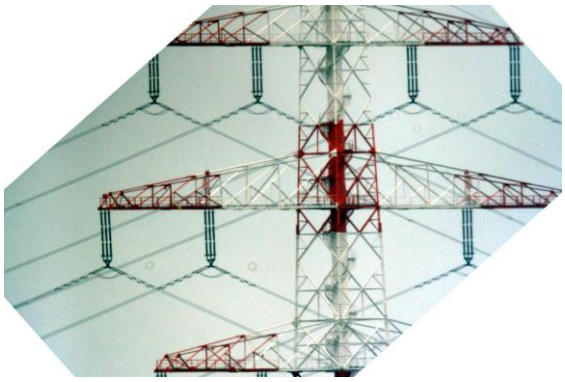

Abb. 13: Elbmasten bei Lühesand.

Die Lernenden vergrößerten die Distanz um den Faktor 50 auf 400 km, indem sie die ISS in einer Bildfolge fotografierten (s. Abb. 14).

Abb. 14: ISS, Fotos Athenaeum.

Die Schülerinnen und Schüler steigerten die Entfernung um den Faktor 100 auf ca. 40000 km, indem sie den geostationären Kommunikationsatelliten SES-4 fotografierten (s. Abb. 15).

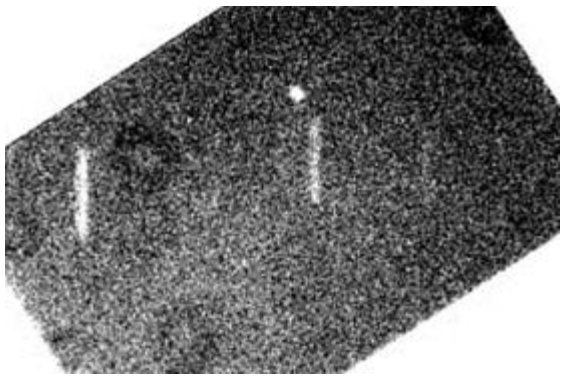

Abb. 15: Satellit SES-4: Der geostationäre Satellit erscheint bei ausgeschalteter Nachführung als Punkt, die Sterne als Striche, Foto Athenaeum.

Die Lernenden erhöhten die Distanz um einen Faktor 9,5 auf 380000 km, indem sie den Mond fotografierten (s. Abb. 16).

Abb. 16: Mond, Foto Athenaeum.

Die Schülerinnen und Schüler vergrößerten die Entfernung um einen Faktor von über 100 auf über 40 Mio. km, indem sie die Venus fotografierten (s. Abb. 17). Hierbei entdeckten sie die Venusphasen und klärten deren Bedeutung für die Widerlegung des geozentrischen Weltbildes durch Galileo.

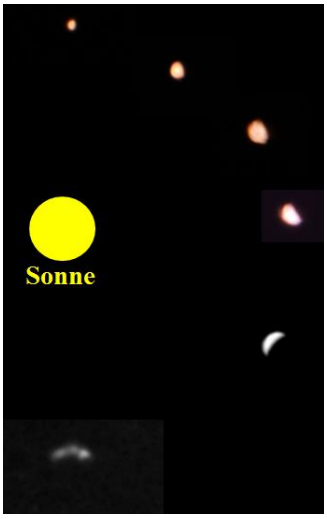

Abb. 17: Venus, Fotos Athenaeum.

Die Lernenden steigerten die Entfernung auf 150 Mio. km, indem sie die Sonne fotografierten, beispielsweise im H-alpha-Licht (s. Abb. 18). Sie entdeckten dort Protuberanzen, Filamente, Fackelgebiete und Sonnenflecken.

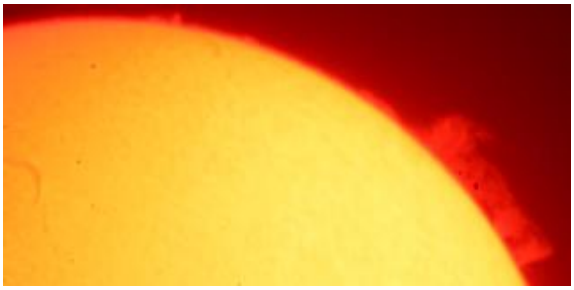

Abb. 18: Sonne mit Protuberanzen, Teleskop Coronado PST, Foto Athenaeum.

Die Schülerinnen und Schüler erhöhten die Entfernung auf ca. 800 Mio. km, indem sie den Jupiter ablichteten (s. Abb. 2). Es folgten Saturn mit 1400 Mio. km und Uranus mit 2900 Mio. km. Sie erreichten ein Objekt mit einer maximalen Entfernung von 170 Mrd. km oder 0,018 Lichtjahren, indem sie eine Bildfolge des Kometen Lovejoy C/2014 aufnahmen (s. Abb. 19).

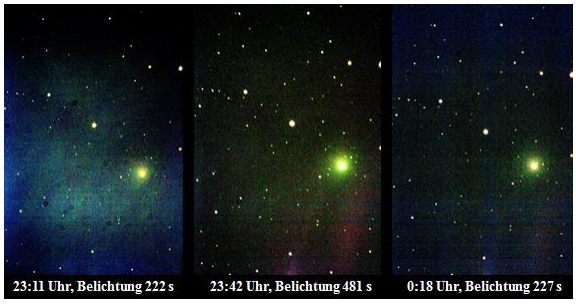

Abb. 19: Komet Lovejoy C/2014. Die Bildfolge zeigt die Bewegung des Kometen. Foto: 30.5.2015, Athenaeum.

Die Lernenden erkundeten einen relativ nahen und schnellen Stern in 6 Lichtjahren Entfernung, indem sie Barnards Stern fotografierten und zum Verdeutlichen der Bewegung weitere Fotos (Gomez 2010) ergänzten (s. Abb. 20). Das ist der größte Entfernungsfaktor in dem Projekt.

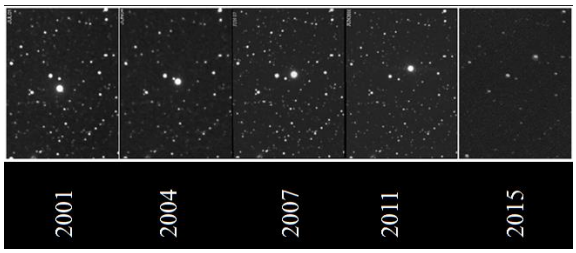

Abb. 20: Barnard Stern. Links: Foto Athenaeum.

Die Lernenden befassten sich mit dem Thema Exoplaneten, indem sie den Stern Formalhaut in 25 Lichtjahren Entfernung beobachteten. Bei diesem Stern wurde erstmalig ein Exoplanet direkt fotografiert. Die Schülerinnen und Schüler erprobten die Genauigkeit des Teleskops: Dazu fotografierten sie in 126 Lichtjahren Entfernung den Doppelstern Algieba (s. Abb. 21).

Abb. 21: Doppelstern Algieba. Winkeldistanz 0,001°. Foto Athenaeum.

Ein Schüler wies einen Exoplaneten in 512 Lichtjahren nach, indem er die Abdunklung bei einem Transit nachwies (s. Abb. 22 und Sprenger 2016).

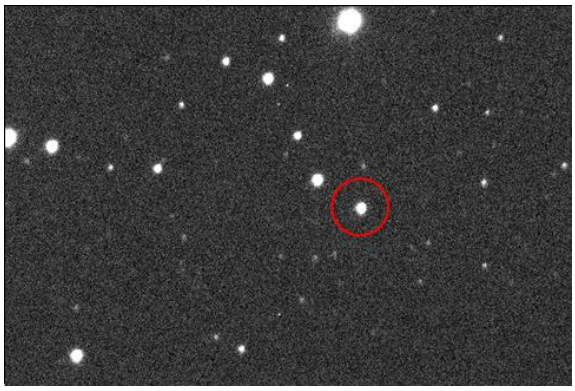

Abb. 22: Stern GSC 02652-01324 mit Exoplanet TrES-1b.

Durch die Beobachtung des Orionnebels (s. Abb. 1) steigerten die Lernenden die Distanz auf 1350 Lichtjahre. Auch lernten sie ein Sternentstehungsgebiet kennen. Einen explodierten Stern mit planetarischem Nebel und deutlich erkennbarem weißen Zwerg im Zentrum entdeckten die Lernenden in 2300 Lichtjahren Entfernung (s. Abb. 23).

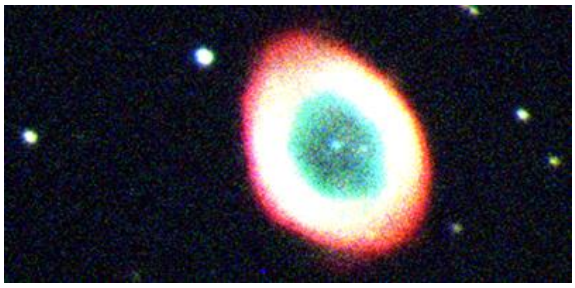

Abb. 23: Ringnebel. Foto Athenaeum.

Die Schülerinnen und Schüler erkundeten in äußeren Bereichen der Milchstraße Kugelsternhaufen wie M 13 und M 53 in 58000 Lichtjahren Entfernung (s. Abb. 24).

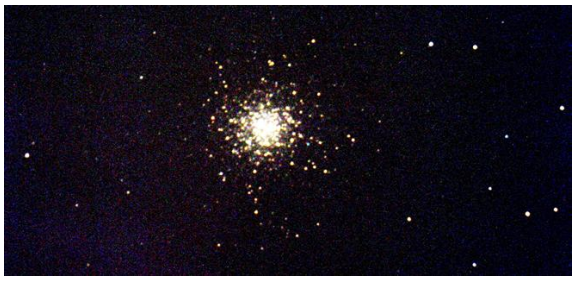

Abb. 24: Kugelsternhaufen M 13. Foto Athenaeum.

Als nächstes machten die Lernenden den Sprung in den extragalaktischen Raum und erkundeten die lokale Gruppe mit der Andromeda-Galaxie in 2,5 Mio. Lichtjahren Entfernung und der Dreiecksgalaxie mit erkennbaren Spiralarmen (s. Abb. 25).

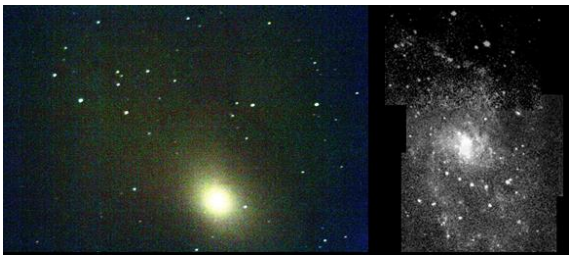

Abb. 25: Andromeda Galaxie links und Dreiecksgalaxie rechts.

Eine deutlich erkennbare Spiralgalaxie entdeckten die Schülerinnen und Schüler in ca. 25 Mio. Lichtjahren Distanz mit der Strudelgalaxie (s. Abb. 8), einer Galaxie im Virgo-Superhaufen. Bereits hinter diesem Galaxienhaufen erkundeten die Lernenden die Starburst-Galaxie NGC 3516 in einer Distanz von 127 Lichtjahren (s. Abb. 10). Im Herkules Superhaufen, in der großen Mauer, der Coma-Mauer, fotografierten die Schülerinnen und Schüler einen ganzen Galaxienhaufen, Abbell 2199, mit der Galaxie NGC 6166 in 446 Mio. Lichtjahren Entfernung (s. Abb. 5). Auf der Suche nach einem Objekt hinter der Coma-Mauer lichteten die Lernenden den Corona Borealis Superhaufen, Abbell 2061 in 1,13 Mrd. Lichtjahren Entfernung ab (s. Abb. 26).

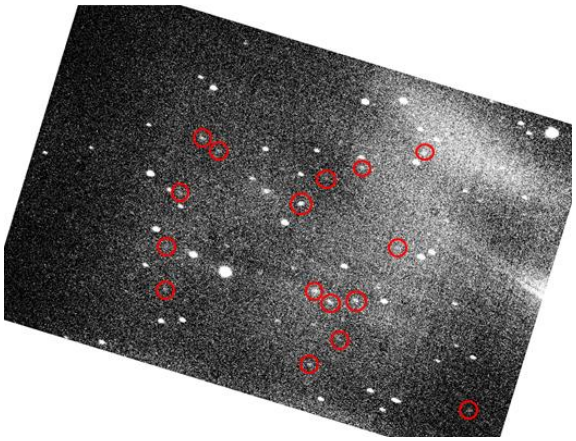

Abb. 26: Galaxienhaufen Abbell 2061. Foto Athenaeum.

Die Lernenden fotografierten den Galaxienhaufen Abbell 1835 in einer Distanz von 3,65 Mrd. Lichtjahren Lichtweg. (s. Abb. 27).

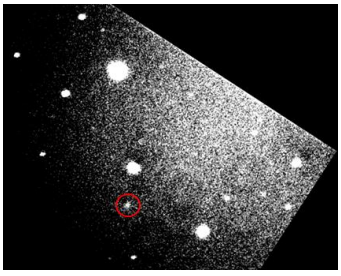

Abb. 27: Galaxienhaufen Abbell 1835. Foto Athenaeum.

Die Lernenden setzten ihre Fernerkundung fort und fotografierten den Galaxienhaufen Abbell 1835 in einer Distanz von 3,65 Mrd. Lichtjahren Lichtweg (s. Abb. 27). Eine Raumkrümmung entdeckten die Schülerinnen und Schüler in einer Entfernung von 9 Mrd. Lichtjahren Lichtweg (s. Abb. 3). Bei ihrer fortschreitenden Erkundung entfernter Objekte fotografierten die Lernenden die 1998 entdeckte Galaxie APM 08279+5255 in einer Distanz von 12,05 Mrd. Lichtjahren Lichtweg und erreichten damit 88 % der maximalen Entfernung im sichtbaren Teil der Welt (s. Abb. 28).

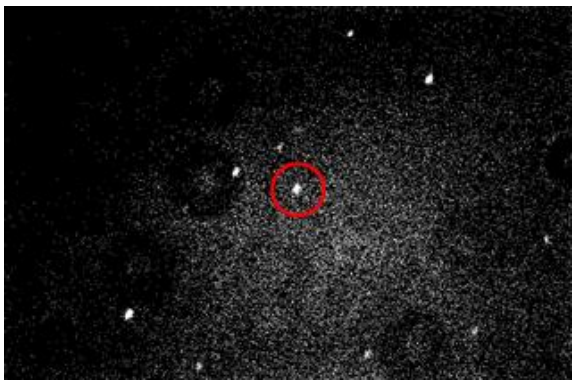

Abb. 28: APM 08279+5255. Foto Athenaeum.

Die Schülerinnen und Schüler stellten ihre Beobachtung in einem Diagramm dar, in dem sie auf der Querachse die Nummer des betrachteten Objekts und auf der Hochachse die Länge des Lichtweges darstellten (s. Abb. 29). So erhielten sie eine übersichtliche Darstellung der sichtbaren Welt.

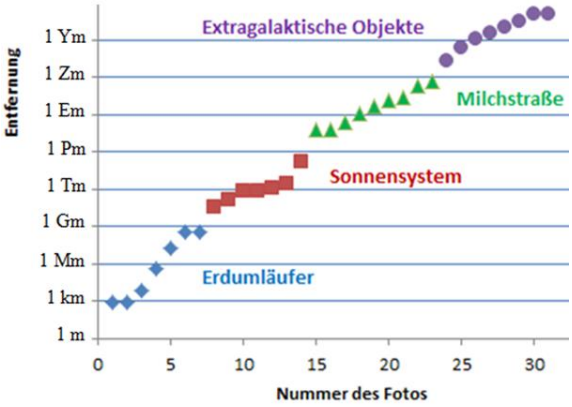

Abb. 29: Übersicht zur Erkundung der sichtbaren Welt: Querachse: Nummer des Fotos. Hochachse: Entfernung als Lichtweg. Ende der sichtbaren Welt: 132 Ym Lichtweg.

4. Diskussion

Schülerinnen und Schüler erkundeten die Welt von ihrer Schulsternwarte aus mit Hilfe eines Kleinteleskops der Firma Celestron vom Typ C11. Zunächst bestimmten sie das Weltalter von 14 Mrd. Jahren (Carmesin 2012). Somit kann die Welt nur bis zu einer Entfernung von 14 Mrd. Lichtjahren Lichtweg beobachtet werden. Von diesem Lichtweg erkundeten die Lernenden 88 %. Dabei entdeckten sie vielfältige physikalische Gesetzmäßigkeiten sowie zahlreiche unterschiedliche astronomische Objekte. Den Lernenden gelang es, ihre Ergebnisse in einer sinnvollen, einfachen und gleichmäßigen viergliedrigen Übersicht zu bündeln (s. Abb. 29).

Hier ein hohes Maß an Bildung im Sinne Humboldts erzielt worden (Brockhaus 1996), wobei die folgenden fünf wesentlichen Elemente (s. o.) zu einem sinnvollen Ganzen vereint wurden: Anstrengung, Lernen, Welt, Individuum, Menschheit:

- Die Lernenden haben sich **angestrengt**, um nur mit einem Kleinteleskop ausgestattet fotografisch fast bis ans sichtbare Ende der Welt zu gelangen.
- Die Schülerinnen und Schüler haben dabei viel über Physik und Astronomie **gelernt**.
- Auch haben sie die **Welt** räumlich und zeitlich als Ganzes erkundet, soweit überhaupt eine Sichtbarkeit besteht.
- Ferner haben sie das **Individuum** durch selbstständiges Handeln weiterentwickelt und zugleich in seiner zeitlichen und räumlichen Ausdehnung eingeordnet und als winzig erkannt.
- Schließlich haben sie ihre Ergebnisse auf einem öffentlichen Astronomieabend der Allgemeinheit dargestellt (Carmesin 2016 und Abb. 30) und so der **Menschheit** einen schülergerechten Beitrag präsentiert. Selbstverständlich haben sie auch die Menschheit zeitlich und räumlich eingeordnet.

Abb. 30: Einladungsposter zum Astronomieabend.

Das dargestellte Projekt zeigt damit eine Möglichkeit auf, wie Bildung in der Schule effektiv erzielt werden kann. Bei dieser Einschätzung habe ich eine Diskussion vielfältiger alternativer Bildungsbegriffe aus pragmatischen Gründen vermieden, indem ich einen sehr bekannten und auch heute noch sehr erfolgreichen Bildungsbegriff verwendet habe (Brockhaus 1996). Mit der Verwendung des Bildungsbegriffs will ich die wichtigen und aktuell häufigen Betrachtungen von Kompetenzen und Lernwirksamkeiten ergänzen.

Durch die große Heterogenität der Lerngruppe ist hier ein hohes Maß an inklusiver Teilhabe realisiert worden. Dieses Projekt kann in dieser oder ähnlicher Form an jeder Schule mit einer Schulsternwarte durchgeführt werden. An Schulen ohne Schulsternwarte können ähnliche Beobachtungen über im Internet verfügbare Teleskope realisiert werden oder es können Fotos direkt aus dem Internet zur Erkundung genutzt werden.

Literatur

[1] Brockhaus GmbH (1996): Brockhaus – Die Enzyklopädie. 20. Aufl. Bd. 3, S. 330.
[2] Carmesin, Hans-Otto (2012): Schüler beobachten den Urknall mit einem C11-Teleskop. In: PhysDid B (2012), ISSN 2191-379X, D21.03.
[3] Carmesin, Hans-Otto (2012b): Schüler entdecken die Einstein-Geometrie mit dem Beschleunigungssensor. In: PhysDid B (2012), ISSN 2191-379, DD15p06.
[4] Carmesin, Hans-Otto (2016): Schülerinnen und Schüler fotografieren Objekte von der Region bis zum Ende der sichtbaren Welt – Bericht sowie Lehr- und Lernmaterial. http//hans-otto.carmesin.org/index.php.didaktik (Stand: 7.6.2016).
[5] Carmesin, Hans-Otto (2016b): Mit dem Zwillingsparadoxon zur speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie – Bericht sowie Lehr- und Lernmaterial. http//hans-otto.carmesin.org/index.php.didaktik (Stand: 7.6.2016)
[6] Gomez, Alejandro Sanz (2010): Barnard Star 2001-2010. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barnard_Star_2001-2010.gif, Heruntergeladen 2015.
[7] Sprenger, Lennert (2016): Beobachtung von Exoplaneten. Wettbewerbsarbeit bei Schüler experimentieren.

Danksagung: Ich danke der Dow Stade für die finanzielle Unterstützung, durch welche unsere Schulsternwarte eine Robotikmontierung kaufen konnte. Dadurch finden die Lernenden entfernte Himmelsobjekte schnell und zuverlässig.

Der Aufsatz wurde im Mai 2016 zur Veröffentlichung bei PhysDid B eingereicht.