

1. Einleitung	3
1.1 Meteoroid	3
1.2 Meteorit	3
1.3 Meteor	4
2. Aufgabenstellung	5
3. Funktionsweise und Aufbau einer Meteorkamera	5
4. Arbeitsplanung	8
5. Durchführung	9
5.1 Zustand der Meteorkamera zu Beginn des Projekts	9
5.2 Motor	9
5.3 Datenverbindung	11
5.4 Kamera	14
5.5 Kasten	15
5.6 Ausrichtung der Kamera	18
5.7 Aufnahme	19
6. Auswertung	24
7. Weitere Planung	25
8. DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	25
9. Europäisches Feuerkugelnetz	26
10.Danksagung	28
11.Quellen/Literaturverzeichnis	29
12. Selbstständigkeitserklärung	31

1. Einleitung

Sophia Haude, eine ehemalige Schülerin des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums, konstruierte im Rahmen einer Physik-Facharbeit eine Meteorkamera, die im Mai 2009 auf dem Dach der Schule installiert wurde. Diese war, mit analoger Technik ausgerüstet, in der Lage, nächtliche Fotografien des Himmels zu liefern. Die Kernaufgabe dieser Konstruktion liegt im fotografischen Festhalten von Meteoren, die auf der Erde einschlagen, und darin, ihren Landebereich annährend zu bestimmen.

1.1 Meteoroid

Unter einem Meteoroid (altgriech. μετέωρος metéōros "in der Luft schwebend") versteht man einen kleinen, kosmischen Festkörper im interplanetaren Raum, bevor dieser in die Erdatmosphäre eindringt. Sie stammen noch von der Entstehung des Sonnensystems oder sind Teile ursprünglicher Asteroiden oder anderer Himmelskörper, wie des Erdmondes.

1.2 Meteorit



Abb. 1 Neuschwanstein II, Meteoritenfragment Quelle: Dieter Heinlein

Ein Meteoroid wird zum Meteorit, wenn er nach dem Durchdringen der Atmosphäre auf der Erdoberfläche einschlägt. Die bisher von

Meteoritenjägern gefundenen Objekte bestehen hauptsächlich aus Stein und/oder Eisen und sind ein Überbleibsel des Ursprungskörpers, der durch die enorme Reibungshitze, die beim Bremsen des Körpers durch die Atmosphäre entsteht, zum Teil verglüht.

Ein letzter großer Fund war der Meteorit "Neuschwanstein", der am 6. April 2002 um 22:20 in der Nähe des Schlosses Neuschwanstein in Bayern einschlug. Das DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) veröffentlichte den Fund dreier Fragmente des zersplitterten Meteoriten (Abb. 1), die u.a. gediegenes Eisen und das sehr seltene Mineral Sinoit enthielten.

1.3 Meteor

Als Meteor bezeichnet man die Licht- und Wettererscheinung, die beim Glühen bzw. Verglühen eines Meteoroiden in der Erdatmosphäre entstehen. Die Luftmolekühle um den Körper werden durch die enorme Reibung ionisiert und erzeugen so Lichtspuren. Die Erscheinungen, die von kleineren Objekten (Durchmesser: 1-10 mm) stammen, welche komplett verglühen und die Oberfläche nicht erreichen, nennt man Sternschnuppen und sind mit dem bloßen Auge sichtbar. Objekte größer als 10 mm zeigen sich als sog. Boliden oder auch Feuerkugeln und scheinen heller als -4 mag (Magnitude), die Helligkeit des hellsten Planeten Venus. So lassen sich ihre Spuren problemlos mit der Meteorkamera fotografieren und verfolgen.

2. Aufgabenstellung

Sophia Haudes ursprüngliche Meteorkamera nutzt eine analoge Spiegelreflexkamera, deren Film vor jeder Aufnahme manuell gespannt werden muss. Automatische Aufnahmen sind so nicht möglich, da eine Person vor jeder Nacht den Kamerakasten öffnen und einen Hebel ziehen muss. Eine geplante Fernaufnahme über jede Nacht zu ermöglichen, ist unser Projektziel.

3. Funktionsweise und Aufbau einer Meteorkamera

Die meisten Meteorkameras bestehen aus einem Parabolspiegel (siehe Abb. 3), der nach oben gerichtet den gesamten Himmel einfängt (siehe Abb. 2).

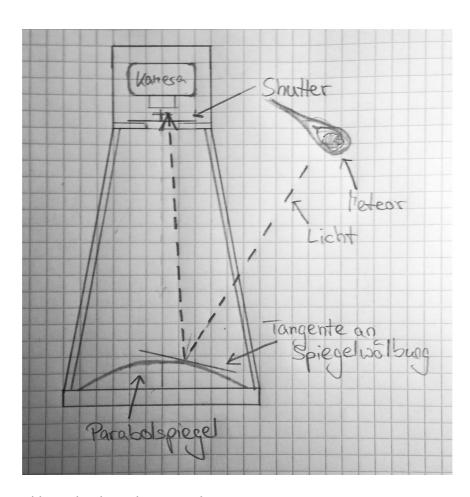


Abb. 2: Planskizze der Meteorkamera



Abb. 3 Der Parabolspiegel bildet den Himmel ab

Die eigentliche Kamera ist in einem Gestell ungefähr einen Meter über dem Mittelpunkt des gewölbten Spiegels installiert. Die Kamera fotografiert so den Spiegel und durch ihn den Himmel. Neben dieser Lösung gibt es auch tschechische Meteorkameras, die ein gegen den Zenit gerichtetes Fischaugen-Objektiv nutzen. Zum Spiegel gehört noch eine Heizung, welche, unter demselben installiert, dafür sorgt, den Spiegel frei von Schnee und Frost zu halten.

Vor die Kamera ist ein sogenannter "Shutter" (siehe Abb. 4), gebaut, zwei Rotorblätter, die durch einen Motor (siehe Abb. 5) auf 12,5 Hz¹ (Hertz) rotieren. Auf diese Weise wird die Spur eines aufgenommenen Meteors visuell "zerhackt". Aus der Breite der Abstände lässt sich aus dem entstandenen Foto die Geschwindigkeit der Feuerkugel ermitteln.

¹ Die zwei Blätter verdoppeln diesen Wert; es ergibt sich eine effektive Frequenz von 25 Hz.



Abb. 4 Shutter mit zwei Rotorblättern

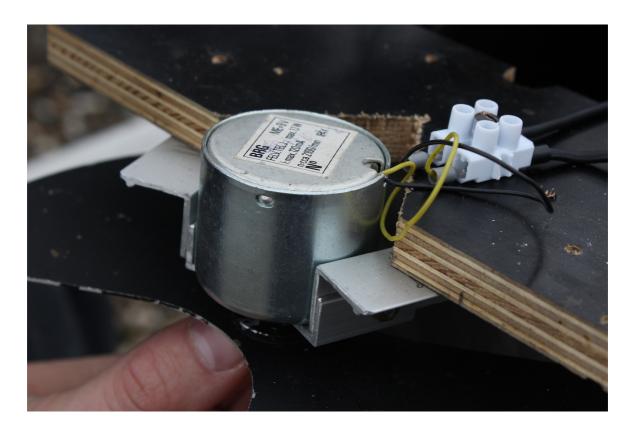


Abb. 5 Shutter-Motor

4. Arbeitsplanung

Wir unterteilen die gesamte Arbeit in Abschnitte:

- 1. Die analoge Spiegelreflexkamera muss durch eine Digitale ersetzt werden. Wir haben uns für eine Canon EOS 500D (siehe 5.4 Kamera) entschieden.
- 2. Die Stromversorgung ist bereits vorhanden und lässt sich über eine Zeitschaltuhr steuern. Der Motor, der ursprünglich den Shutter betrieben hat, ist defekt und muss ersetzt werden.
- 3. Es muss eine Datenverbindung zwischen der Kamera und dem Sternwarten-Computer in Station 7 gelegt werden, um die Kamera fernzusteuern und die Aufnahmen zu übertragen.
- 4. Der Aufbau muss geprüft und getestet werden (Ausrichtung der Kamera, Einstellung der Belichtung, Drehfrequenz des Shutters).
- 5. Der Einbau der Kamera und des Motors wird von Andreas Berger vorgenommen, der schon bei Sophia Haudes Projekt half.

5. Durchführung

5.1 Zustand der Meteorkamera zu Beginn des Projekts

Bevor wir mit dem Umbau der alten Meteorkamera beginnen können, müssen wir zuvor die Funktionstüchtigkeit der bereits vorhandenen und weiter verwendbaren Bestandteile überprüfen: Der Motor des Shutters, die Spiegelheizung sowie die Stromversorgung. Unser Ergebnis: Die Heizung wie auch die Stromversorgung sind intakt, der Motor jedoch ist defekt und muss ersetzt werden.

Der Computer (siehe Abb. 6) zur Fernsteuerung der Kamera ist bereits vorhanden und befindet sich in der Sternwartenhütte (Station 7), ebenfalls auf dem Dach.

5.2 Motor

Als neuen Motor wollen wir einen Wechselstrom

Motor mit 230 V (Volt) benutzen. Die Anschaffung
desselben bringt allerdings einige Fehlschläge mit
sich. Die ersten zwei bestellten Motoren
Abb. 6 S

Compute
gewünscht, allerdings mit einer noch viel zu hohen Drehzahl.



Abb. 6 Sternwartenhütten-Computer

Der gewünschte Wert beträgt 12,5 Hz. Um die Frequenz zu korrigieren wird ein Potentiometer (ein variabler, elektrischer Widerstand) benötigt, welcher, in Reihe geschaltet, die Stromstärke reduziert und den Motor verlangsamt. Um den Widerstand anzuschließen, schneiden wir eines der beiden Stromkabel durch. Dann löten wir beide Enden an jeweils einen Kontakt des Potentiometers (siehe Abb. 7). Über einen Drehregler lässt sich der Widerstand nun justieren (siehe Abb. 8).

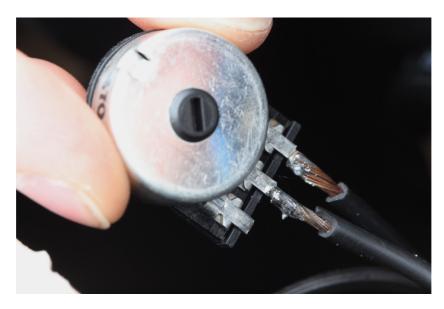


Abb. 7 Die Kontakte des Potentiometers werden festgelötet.

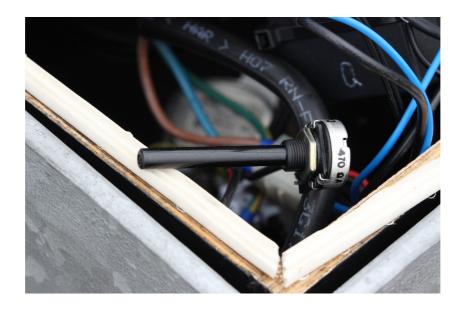


Abb. 8 Der kurze Stab ist drehbar und regelt den Widerstand.

Um nun die Frequenz genau einzustellen, messen wir diese mit einem Digitaltachometer der Marke Cosinus². Dieses Gerät misst die Reflexionen eines ausgesendeten Lichtsignals und ermittelt so Frequenzen in Umdrehungen pro Minute. Das Ziel sind also 1500 Umdr./Min. Es zeigt sich jedoch, dass selbst der max. Widerstand von 100 Ω (Ohm) nur einen Wert um 3200 Umdr./Min. erreicht. Wir müssen den Widerstand also mit einem Stärkeren ersetzen. Um sicher zu gehen, nehmen wir einen mit dem Wert

² Cosinus Messtechnik GmbH

 $470 \Omega^3$. Nun lässt sich die Frequenz mit ein wenig Feingefühl wie gewünscht einstellen. Es bleibt allerdings eine Ungenauigkeit im tatsächlichen Wert, da sich der Widerstand, je nach Temperatur, leicht ändert.

5.3 Datenverbindung

Die Canon EOS 500D Digitalkamera lässt sich über eine eigene Mini-USB-Buchse (Universal Serial Bus) (siehe Abb. 9) und ein passendes Kabel (Mini-USB auf USB) mit einem Computer verbinden und über die von Canon mitgelieferte Software "EOS Utility" (siehe 5.7 Aufnahme) ansteuern.



Abb. 9 Mini-USB-Buchse der Kamera

Die Entfernung zwischen Meteorkamera und Sternwartenhütte ist größer als 35 m, jedoch funktioniert ein USB-2.0-Kabel nur bis zu einer Länge von 5 m. Die Reichweite lässt sich aber glücklicherweise mithilfe einer Adaption auf 100 m erhöhen. Dabei schließt man an einem Ende einen "Receiver" (Abb. 10), einen Empfänger, und am anderen Ende einen "Sender" (siehe Abb. 11), einen Sender, an. Das Signal wird dann über ein gewöhnliches Netzwerkkabel (Patchkabel Cat-5e) übertragen. Wir nutzen das Model "USB 2.0 Extension over Cat.5e" der Firma "Unitek". Der Receiver, der eine externe Stromquelle benötigt, ist an die Kamera angeschlossen und der

 $^{^3}$ Die ersten Normwerte lauten 100 Ω , 220 Ω und 470 Ω

Transmitter an den Computer der Sternwartenhütte. Receiver und Transmitter sind mit einem 50-m-Netzwerkabel miteinander verbunden (siehe Abb. 12 und 13).



Abb. 10 Receiver



Abb. 11 Sender



Abb. 12 Patchkabel führt durch das Bein zur Kamera ...

Abb. 13 ... und an der Reling entlang, über das Dach zur Sternwartenhütte.

Obwohl unser "Trockentest" positiv verläuft und das Schießen von Bildern über den Computer und die Übertragung derselben funktionieren, gibt es Probleme, nachdem der Kamerakasten vollständig zusammengebaut ist. Die Verbindung bricht ständig und willkürlich ab und jede Fernsteuerung der 500D scheint unmöglich. Nach einigen erfolglosen Versuchen, eine Lösung zu finden, entdecken wir schließlich den Grund: Alle Kabel, die für die Datenverbindungen benötigt werden, sind zusammen gewickelt, um Platz im Kasten zu sparen. Die eng aneinander liegenden Kabel führen zu einem Kurzschluss der Leitung. Nachdem die Kabel gelöst und ausgebreitet sind, funktioniert die Verbindung wieder.

5.4 Kamera

Als Ersatz für die analoge Kamera haben wir uns für die Canon EOS (Electro-Optical System) 500D (siehe Abb. 14) entschieden. Sie besitzt einen 15,1-Megapixel-CMOS-Sensor und bietet somit ein detailreiches Bild, welches zur Auswertung der Aufnahmen notwendig ist.



Abb. 14 Canon EOS 500D Quelle: www.digitalkamera.de

Für das Objektiv nehmen wir das dazugehörige Kit-Objektiv (siehe Abb.

14), das Canon EF-S 18-55 mm f/3.5-5.6⁴ IS. Dieses deckt den Bereich von Weitwinkel bis Standard-Tele ab und verhilft damit zu einer genauen Einstellung des Bildausschnittes. Wir stellen es auf 37 mm, um den Spiegel so gut wie möglich zu erfassen. Die Bildqualität des Objektives ist für die Benutzung der Meteorkamera ausreichend, jedoch empfiehlt es sich, ein Objektiv mit einer größeren Blende anzuschaffen, um mehr Licht und so auch schwächere Meteore festzuhalten.

Die Stromversorgung der DSLR (Digital Single Lens Reflex) übernimmt die bereits vorhandene, zeitsteuerbare Stromleitung.

Wir haben die Kamera aufgrund ihrer Kompaktheit gewählt. Dies ist notwendig, um sie in den Kasten der Konstruktion einbauen zu können, der auf 19 x 19 x 14 cm beschränkt ist. Weil die EOS 500D lediglich eine Größe von ca. 128,8 x 97,5 x 61,9 mm aufweist, lässt sie sich passend montieren. Die Höhe des Kastens muss jedoch dennoch mithilfe eines höheren Deckels angepasst werden.

⁴ Der Blendenwert eines Objektivs ist das Verhältnis zwischen Brennweite und Öffnungsweite und wird als Bruchteil der Brennweite f dargestellt, z.B.: "f/1.4"

Zum anderen ist sie gut für das Ansteuern per Computer geeignet, da die Firma Canon ein eigenes Fernsteuerungsprogramm namens "EOS Utility" bereitstellt, welches bereits für die Bedienung der anderen Canon Astronomie-Kameras verwendet wird.

5.5 Kasten

Der vorhandene Kamerakasten (siehe Abb. 15) wird fachmännisch von Andreas Berger umgebaut. In den Kasten kommen die Digitalkamera (1) mit Objektiv, der Shutter mit Motor (2) und Widerstand (3) und sämtliche benötigten Kabel für Daten- und Stromverbindung (siehe Abb. 16). Das 230-V-Stromkabel wird durch eines der vier Beine der Konstruktion in den Kasten geführt. Die Kamera wird an einer der Wände, genau über dem Loch des Kastenbodens angeschraubt (siehe Abb. 17). Wie in 5.3 erwähnt ist es wichtig, die Kabel möglichst locker auszubreiten, deshalb legen wir die Kabel so frei wie möglich oben auf (siehe Abb. 18). Herr Berger fertigt sogar noch einen neuen Deckel für den Kasten, da der alte zu wenig Platz für die neuen Komponenten lässt.

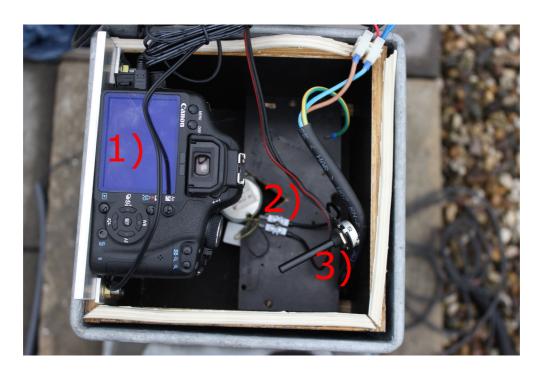


Abb. 15 Kamerakasten (noch nicht vollständig)



Abb. 16 Bündelpunkt der verschiedenen Kabel



Abb. 17 Loch im Boden mit Objektiv

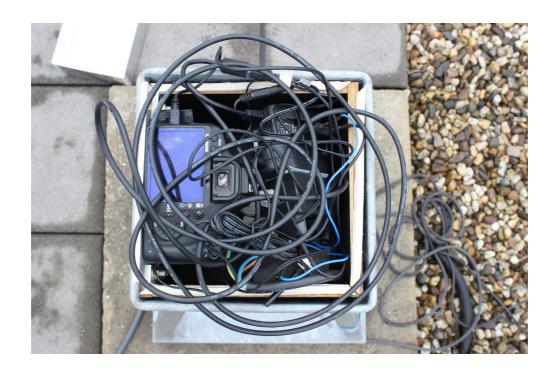


Abb. 18 Ausgebreitete Kabel

5.6 Ausrichtung der Kamera

Zur späteren Verarbeitung der aufgenommenen Bilder ist die korrekte Ausrichtung der Kamera über dem Spiegel erforderlich. Die optische Achse der Kamera bzw. des eingebauten Sensors muss orthogonal auf der Spiegelmitte stehen. Dazu richten wir mithilfe einer Wasserwaage die Kamera und die Ebene, auf welcher der Spiegel befestigt ist, genau horizontal aus. Dann nutzen wir die Justageschrauben am Spiegel, um diesen horizontal unter die Mitte des Sensors zu verschieben. Über die Liveview-Funktion der Kamera selbst, überprüfen wir die Einstellung (siehe Abb. 19). Wie im Bild zu sehen, ist der Spiegel noch nicht exakt zentriert, doch um dies zu erreichen, benötigt es eine drastische Änderung und Neumontierung der Stellschrauben. Wenn möglich, wird dem in naher Zukunft Sorge getragen, für den Moment ist die Ausrichtung jedoch ausreichend.



Abb. 19 Überprüfung über den Liveview

5.7 Aufnahme

Zur Fernsteuerung der Kamera von der Sternwartenhütte aus nutzt man die Canon Software "EOS Utility". Im Folgenden erklären wir die Funktionsweise und Bedienung derselben, um Meteoraufnahmen zu erstellen.

Über die Software lassen sich jegliche Aufnahmeparameter festlegen. Dazu gehören die Belichtungswerte Verschlusszeit, Blende und ISO-Empfindlichkeit⁵, aber auch das Verzeichnis zum Speichern der Bilder auf dem Computer. Die folgenden Schritte sind zu verfolgen, um ein Foto des umgebenden Himmels zu erstellen:

- Die Treiber-Software des USB-Extenders starten. Dazu muss das Programm "Launch USB2.0 Extender" (siehe Abb. 20) vom Desktop gestartet werden.
- 2. Dann "EOS Utility" starten. Die Software sollte sich automatisch mit der Kamera verbinden.



Abb. 20 Extender Software

3. Im Dialog nun "Kamera-Einstellungen/Fernaufnahme" wählen (siehe Abb. 21)

⁵ ISO (Internationale Organisation für Normung), Normwert der Filmempfindlichkeit



Abb. 21 EOS Utility Dialogfenster

- Das folgenden Fenster (siehe Abb.
 bietet die Felder für
 Verschlusszeit (1), Blendenwert (2),
 ISO-Wert (3), Speicherpfad (4),
 Speichermedium (5), Dateiformat (6)
 und "Livebild-Aufnahme" (7).
- 5. Bevor eine Aufnahme gemacht werden kann, muss noch ein geeigneter Speicherplatz für die Bilder gewählt werden, zum Bespiel, wie im Bild, der Ordner "Desktop \Meteoraufnahmen" (4).
- Als Dateiformat empfiehlt sich .JPG⁶; das Feld (6) zeigt einen ausgefüllten Viertelkreis und ein "L".
- Die Bilder sollten nur auf dem Computer gespeichert werden und nicht auf der SD-Karte (Secure Digital Memory Card), da deren



Abb. 22 Aufnahmeparameter

Kapazität begrenzt ist und die Software die Aufnahme blockiert, sollte die Karte voll sein. Dazu stellt man das Speichermedium (5) auf das "Laptop-Symbol".

8. Nachdem diese Einstellungen vorgenommen sind, lässt sich eine Vorschau des aufzunehmenden Bildes über die "Livebild-Aufnahme" (7) (siehe Abb. 23) aktivieren.

⁶ ein Bildformat; ursprünglich JFIF (JPEG File Interchange Format), JPEG (Joint Photographic Experts Group) war das Gremium zur zugehörigen ISO-Norm

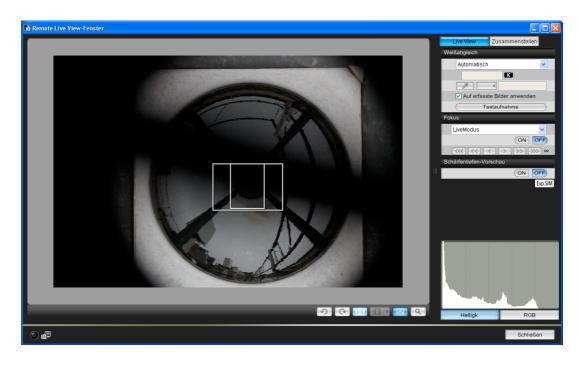


Abb. 23 Livebild-Aufnahme (Der unscharfe, schwarze Balken ist der Shutter)

- 9. Als letzter Schritt vor der eigentlichen Aufnahme, müssen die Belichtungswerte gewählt werden. Die Blende (2) sollte so groß wie möglich eingestellt werden (der Blendenwert demnach am kleinsten), um auch lichtschwache Meteore einzufangen. Die Verschlusszeit (1) sollte ebenfalls möglichst lang sein, ohne aber das Bild zu überbelichten. Dabei hilft ein niedriger ISO-Wert (3).
- 10. Schließlich betätigt man zum Schießen des Fotos den Auslöser (8).

 Die Aufnahme beginnt und nach Ablaufen der Belichtungszeit wird
 das Bild automatisch auf den Computer übertragen, im angegebenen
 Verzeichnis abgelegt und angezeigt (Bsp. siehe Abb. 24).



Abb. 24 Beispielfoto: Tagaufnahme

Der schlechten Wetterverhältnisse wegen waren wir nicht mehr in der Lage, tatsächlich Testbilder des Nachthimmels aufzunehmen. Daher gibt es auch noch keine genaueren Angaben zu den Belichtungswerten. Wir werden uns allerdings weiterhin mit der Kamera beschäftigen und nach den optimalen Einstellungen suchen.

6. Auswertung

Die Auswertung der Meteorfotos und die Berechnung der Flugbahn eines aufgenommenen Meteors bedienen sich der sphärischen Geometrie, um über eine Geradengleichung und ihre Schnittpunkte mit der Erdoberfläche den Landebereich des potentiellen Meteoriten einzuschränken.

Wir verweisen hier auf Sophia Haudes Facharbeit von 2007 bezüglich der analogen Meteorkamera, in welcher sie die mathematischen Formeln ausführlich herleitet und darlegt. Sie gelten als Grundlage für unsere zukünftige Benutzung und Auswertung der Bilder, die durch die Meteorkamera auf dem Dach der Schule entstehen sollen.

7. Weitere Planung

Nachdem wir nun die digitale Fernsteuerung der Meteorkamera ermöglicht haben, ist es wünschenswert, automatisierte, nächtliche Aufnahmen zu erstellen. Die verwendete Software "EOS Utility" bietet leider keine Funktion zu automatischen Planaufnahmen, daher werden wir mit Canons SDK (Software Developer Kit) arbeiten, welches die Möglichkeit aufweist, Befehle für die Kamera selber zu schreiben und ausführen zu lassen. Als Grundlage können wir ein bereits vorhandenes Programm benutzen. Die Software wurde ursprünglich von Anastasios Margonis als Diplomarbeit und für das DLR geschrieben, um zur Ansteuerung einer Meteorkamera zu dienen. Diese Software ist jedoch für die Canon EOS 5D entwickelt worden, weswegen wir sie an die von uns verwendete DSLR anpassen werden müssen.

Wir werden die Software über Nacht mehrere Fotos schießen, Verzeichnisse erstellen und die Fotos dort einordnen lassen.

Einige der Aufnahmen, auf denen Meteore zu sehen sind, wollen wir dann anschließend auswerten, indem wir mit einem zusätzlichen Bild einer anderen Kamera den potentiellen Einschlagbereich errechnen.

8.DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt erforscht in eben diesen Bereichen die Erde und das Sonnensystem. Es ist außerdem verantwortlich für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten. Das DLR besitzt Großforschungsanlagen, welche für eigene, jedoch auch kommerzielle, Projekte genutzt werden.

In anderen Bereichen setzt es sich für den Schutz und Erhalt der Umwelt ein, indem Wissen zur Verfügung gestellt wird und umweltverträgliche Technologien entwickelt werden. Zusätzlich fördert es Jungforscher in der Wissenschaft und ist Ratgeber für die Politik.

9. Europäisches Feuerkugelnetz

Das Europäische Feuerkugelnetz beschreibt einen Verbund von derzeit 25 Kamerastationen zur Aufnahme von Meteoren. Es wurde in den siebziger Jahren gegründet und umfasst Stationen in fünf Ländern: Deutschland, Tschechische Republik, Luxemburg, Österreich und Belgien (siehe Abb. 25). Die Stationen werden vom DLR Institut für Planetenforschung und dem Observatorium Ondrejov bei Prag verwaltet. Das Netz deckt eine Fläche von ca. 1 Millionen Quadratkilometern ab und die Wartung erfolgt durch ehrenamtliche Mitglieder. Im Jahr werden um die 50 Meteore aufgenommen.

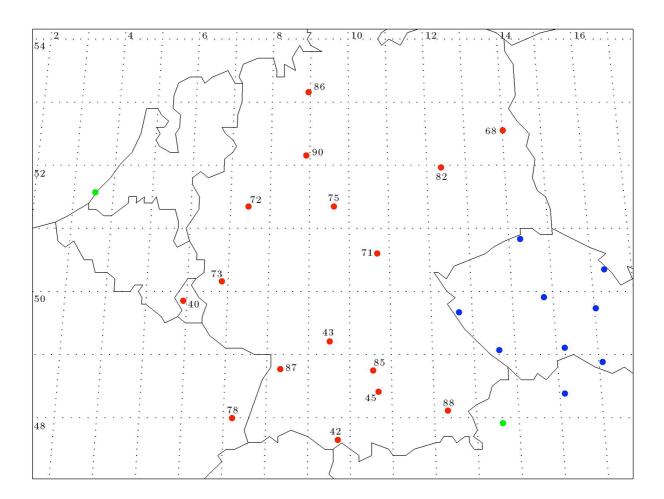


Abb. 25 Verteilung der Meteorkameras im Feuerkugelnetz

Legende: DLR-Stationen, Ondrejov-Stationen, Autonome Stationen

Quelle: DLR

Als der "Neuschwanstein" 2002 in Südbayern einschlug, wurde er gleich von fünf verschiedenen Kameras erfasst; dazu gehört auch die Feuerkugelstation Streitheim (siehe Abb. 26).

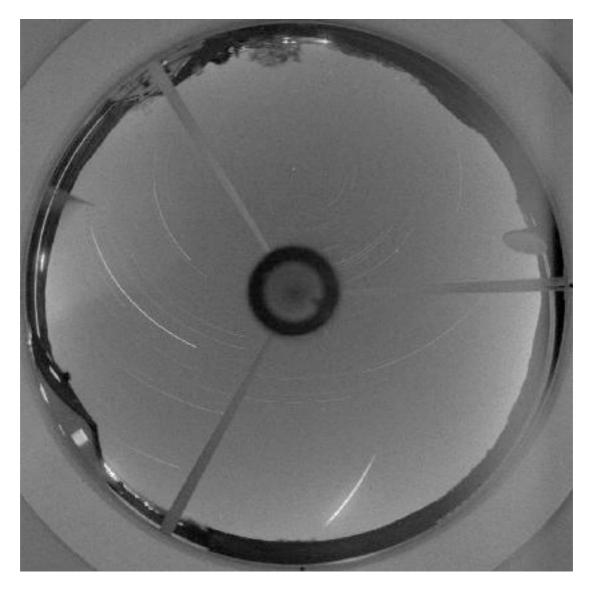


Abb. 26 Der "Neuschwanstein" aufgenommen durch die Station Streitheim; den Meteor sieht man als helle Spur im unteren Drittel.

Quelle: DLR

10.Danksagung

Folgenden Person danken wir herzlich für ihre Unterstützung bei diesem Projekt: Bernd Koch, unserem Kursleiter der Astronomie, bei dem wir u.a. eine Ausbildung an den Teleskopen und anderen Geräten erfahren durften und der uns mit Rat immer zur Seite stand, Andreas Berger, der für uns den Kamerakasten erfolgreich umgebaut und angeschlossen hat, Max Schwager, der die Datenverbindung zwischen Kamera und Sternwartenhütte wunderbar verlegt hat, Dieter Heinlein, Anastasios Margonis und Joachim Flohrer, ihres Engagements das mögliche Skripten der Kamera betreffend wegen, Michael Winkhaus, unserem Lehrer im Leistungskurs Physik, für das Etablieren einer solch großartigen Astronomiestation und natürlich Sophia Haude, für die Konstruktion der ursprünglichen, anlogen Meteorkamera.

11.Quellen/Literaturverzeichnis

Wenn nicht anders angegeben, sind die verwendeten Fotos von Niels Wörheide oder Karlo Wentzel erstellt worden.

Zu 1. Einleitung:

- Wikipedia (Artikel: "Meteor", "Meteorit", "Neuschwanstein (Meteorit)"; Stand 24. Mai 2014)
- Sophia Haude, "Konstruktion einer Meteorkamera", ©2009, (www.astronomie-heute.de)

Zu 5.2 Motor:

 Verkäuferin im Elektronikgeschäft, Informationen zu Normwerten von elektrischen Widerständen

Zu 5.3 Datenverbindung:

• Wikipedia (Artikel: "Universal Serial Bus"; Stand 27. Mai 2014)

Zu 5.4 Kamera:

- http://www.canon.de/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_500d/index.aspx (Artikel zur EOS 500D; Stand 28. Mai 2014)
- Wikipedia (Artikel: "Fotografische Blende" Stand 29. Mai 2014)

Zu 5.7 Aufnahme:

• Wikipedia (Artikel: "Filmempfindlichkeit"; Stand 29. Mai 2014)

Zu 6. Auswertung:

• Sophia Haude, "Konstruktion einer Meteorkamera und Auswertung von Feuerkugel-Aufnahmen", ©2007

Zu 8. DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt:

 http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/ tabid-10443/637_read-251/#gallery/8570 (Stand 2. Juni 2014)

Zu 9. Europäisches Feuerkugelnetz:

- http://www.dlr.de/pf/desktopdefault.aspx/
 tabid-623/1043_read-26813/ (Stand 2. Juni 2014)
- http://www.dlr.de/pf/desktopdefault.aspx/
 tabid-623/1043_read-1558/ (Stand 2. Juni 2014)

12. Selbstständigkeitserklärung

Wir versichere hiermit, den gesamten Text unter Nennung sämtlicher Quellen selbstständig verfasst zu haben.

Wuppertal, den 3. Juni 2014	
	(Niels Wörheide)
	(Karlo Wentzel)