# Lukas Pajak **Automatisierung**einer Meteorkamera



## Inhaltsverzeichnis

1.	Ein	inleitung	2	
1.	1.	Begriffserklärung	2	
1	2.	Wie die NASA Meteore erkennt	3	
1	3.	Das Europäische Feuerkugelnetz	4	
2.	Die	ie Meteorkamera des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums	5	
2.	1.	Hardware	7	
2.2	2.	Der Shutter und die dazugehörige Steuerung	9	
2.3	3.	Kalibrierung der Geschwindigkeit	10	
2.4	4.	Software	12	
3.	Au	uswertung	16	
4. Zukunftspläne				
5. Handlungsanweisung				
5.				
5.2	2.	Wartung	19	
5.3	3.	Einstellungen	19	
	5.3	.3.1. Bash-Script	20	
	5.3	.3.2. Uhrzeiten und Belichtung – Cronjob	20	
	Bei	eispiel	20	
5.4	4.	Problembehandlungen	21	
	5.4	.4.1. Veränderung des Astro-Server-B	21	
	5.4	.4.2. Neues Schulnetzwerk	21	
	5.4	.4.3. Kein SSH Zugriff mehr möglich	21	
6.	Zus	usammenfassung	22	
7. Danksagung				
Quellen				
Selbstständigkeitserklärung				

## 1. Einleitung

Die erste Version der Meteorkamera baute die Schülerinnen Sophia Haude schon im Jahr 2007, auf Basis einer Analogkamera. Dank ihr ist die Meteorkamera auf dem Dach des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums überhaupt zu Stande gekommen. Zudem leitete sie funktionierende Formeln ab und macht damit Berechnungen der Feuerkugeln möglich.

Da eine Analogkamera mit vielen Hürden verbunden ist, bauten zwei Schüler im Rahmen einer Projektarbeit das System zu einer digitalen Meteorkamera um. Nils Wörheide und Karlo Wentzel haben mir also schon viel Arbeit erspart, da die Kamera und die dazugehörige Montierung noch funktional sind.

Eine Meteorkamera nimmt langzeitbelichtete Bilder des Nachthimmels auf, wobei das Bild regelmäßig unterbrochen wird, zum Beispiel mit Hilfe eines Shutters. Mit Hilfe dieser Unterbrechungen im Bild lässt sich die Geschwindigkeit von Himmelskörpern berechnen. Mit Aufnahmen aus anderen Perspektiven lassen sich zu dem die Bahnen der Feuerkugeln berechnen.

Mein Ziel ist es ein automatisches System zu entwickeln und zu bauen, welches jede Nacht Aufnahmen des Nachthimmels macht.

#### 1.1. Begriffserklärung

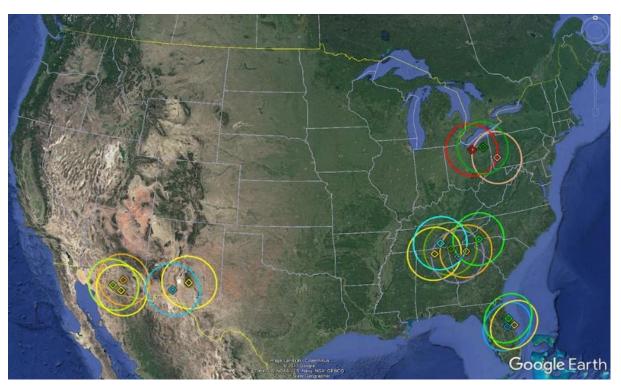
Ein Körper, der (noch) nicht die Atmosphäre betreten hat und kleiner als 1 km ist, nennt man **Meteoroid**. Sehr selten kommen auch **Earthgrazer** vor, Meteore, die nur von kurzer Dauer die Erdatmosphäre streifen und wieder ins Weltall fliegen. Ein **Meteor** ist eine Leuchterscheinung in der Erdatmosphäre, wobei man hier auch von einer **Sternschnuppe** spricht, solange die höchstens nur ein paar Zentimetern groß ist. Sternschnuppen verdampfen immer fast völlig, sind aber mit dem bloßen Auge sichtbar. Falls der Himmelskörper über 10 cm Durchmesser erweist, bezeichnet man den als **Feuerkugel**. Diese sind auch als Boliden bekannt und sind heller als -4 mag¹. Wenn es ein eine Feuerkugel bis auf den Boden schafft, nennt man die Überreste **Meteorit**.

Prinzipiell laufen Meteoroiden auf elliptischen bis hyperbolischen Bahnen um die Sonne. Falls ein Himmelskörper eine Elliptische Bahn annimmt, bleibt dieser auch im System. Anders ist es bei Hyperbeln und Parabeln, dort verlassen die Meteoriden das Sonnensystem wieder. Das betrifft aber gerade mal weniger als 1% der Meteoroiden.

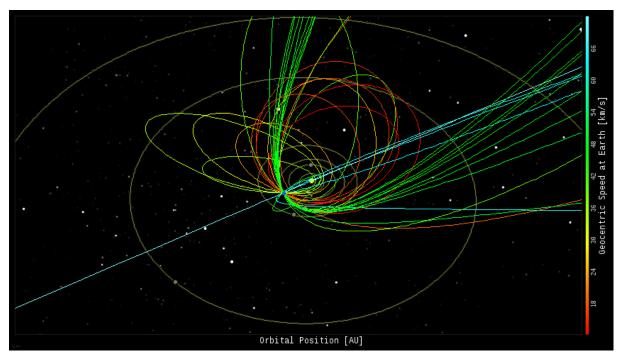
\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Die auf der Erde scheinbare Lichtintensität. Ein niedrigerer Wert bedeutet eine hellere Erscheinung.

#### 1.2. Wie die NASA Meteore erkennt



**Abbildung 1** Orte der einzelnen Kameras *Quelle: fireballs.ndc.nasa.gov / Google Earth* 



**Abbildung 2** Am 22 April 2018 wurden 33 Feuerkugeln vom System erfasst. Die Farbe der Bahnen ist relativ zur geometrischen Geschwindigkeit der einzelnen Feuerkugeln. *Quelle: www.spaceweather.com/images2018/22apr18/orbits.gif* 

Die NASA hat ein sehr ausgereiftes und automatisiertes System, welches Nacht für Nacht den amerikanischen Nachthimmel nach Meteoren durchsucht. Dabei wird nicht nur jede Nacht das Vorkommen dokumentiert, sondern auch dessen physikalischen Eigenschaften berechnet, wie die Geschwindigkeit, Umlaufbahn und Eindringtiefe in die Erdatmosphäre.

Auf der Webseite <u>www.spaceweather.com</u> lässt sich dann am nächsten Tag eine Grafik (Abbildung 2) der Ergebnisse einsehen. Hier wird deutlich wie viele Himmelskörper an der Erde vorbeifliegen.

## 1.3. Das Europäische Feuerkugelnetz

Europa besitzt leider kein vollautomatisches System wie die USA, jedoch gibt es hier ein Verbund aus vielen leidenschaftlichen

Astronomen, welche ehrenamtlich einzelne Stationen betreuen, in denen regelmäßig Aufnahmen gemacht werden.

Den Verbund selbst gibt es schon seit den siebziger Jahren und 2002 gab es die erste erfolgreiche Suche auf Basis von fotografischen

Beobachtungen in ganz Deutschland. Alle drei Fundstücke gehörten mal zu einem großen Meteoriten, dessen Hauptmasse noch nicht



**Abbildung 3** Unterseite Neuschwanstein 2 *Quelle: DLR* 

gefunden wurde, wobei diese auf bis zu 10 Kilogramm geschätzt wird. Die gefundenen Meteoriten werden nach dem berühmten Schloss, welches sich in der Nähe des Fundortes befindet, benannt: Neuschwanstein. Es war ein riesen Erfolg und ging sogar damals durch die Presse.

In den letzten 9 Jahren wurden ganze 365 Feuerkugeln von dem Verbund aufgenommen und registriert.

# 2. Die Meteorkamera des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums



Abbildung 4 Außenaufnahme der Meteorkamera am Tag

Grundsätzlich wird diese Meteorkamera auf einen Parabolspiegel gerichtet, sodass man mit einer Aufnahme den ganzen Nachthimmel im Blick hat. Wenn die Kamera richtig ausgerichtet ist, kann man durch die Parabellform des Spiegels und mit Hilfe anderer Aufnahmen die Bahn einer Feuerkugel berechnen (siehe 3. Auswertung). Der Spiegel wird beheizt, damit bei allen Wetterbedingungen Aufnahmen möglich sind.



Abbildung 5 Außenaufnahme des Parabolspiegels

Es gibt auch noch eine andere Möglichkeit den ganzen Nachthimmel in einer Aufnahme aufzufangen: mit einem Weitwinkelobjektiv. Diese Option bietet zwar schönere Aufnahmen, da z.B. keine Füße zu sehen sind, jedoch kosten diese extremen Weitwinkelobjektive auch viel Geld und auf dem Dach befindet sich ja schon eine Vorrichtung für die andere Methode.

#### 2.1. Hardware

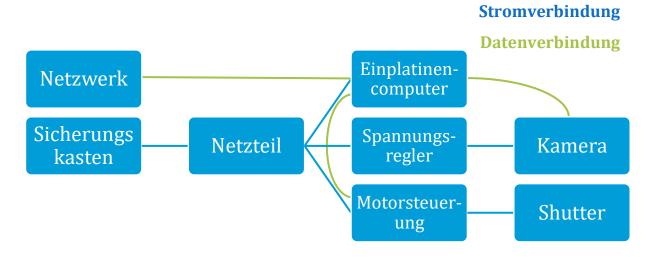
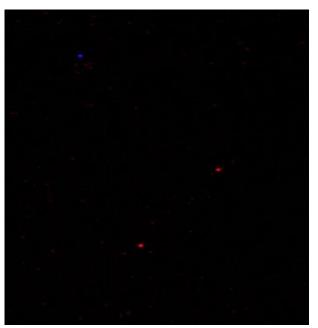


Abbildung 6 Schaubild zur Veranschaulichung der Verbindungen unter den Geräten.

habe für Ich mich die schon vorhandene Digitalkamera entschieden, da diese sowohl mit der funktioniert Software als auch akzeptable Bildqualität bietet. Es handelt sich um die Canon EOS E500D, welche einen CMOS-Sensor mit 15,1 Megapixeln verbaut hat. Als Objektiv reicht das Kitobjektiv vollkommen. Es sind mittlerweile leider schon viele auffällige tote Pixel vorhanden und das Bild ist sehr verrauscht, aber das stört für die Berechnung nicht. Bilder außerdem können RAW 1 Format und im JPEG Format gespeichert werden, was einem die Möglichkeit gibt, die Bilder sehr effektiv zu bearbeiten, aber auch schnell alle Bilder mal durchzuschauen.



**Abbildung 7** Stark vergrößerter und Inhaltsloser Ausschnitt einer Aufnahme der Meteorkamera. Die roten und blauen Punkte sind tote Pixel.

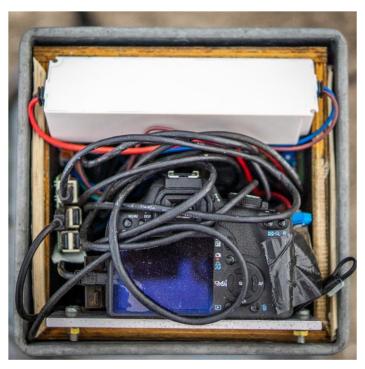


Abbildung 8 Fertige Verkabelung

Diese Kamera wird von einem Einplatinencomputer gesteuert, genauer mit dem Raspberry Pi 3. Der bietet genug Leistung für die Aufgaben und USB Anschlüsse, wodurch die Steuerung sehr einfach ist. Ein Netzwerkkabel schon wurde verlegt. ursprünglich mit einem USB-Adapter ausgestattet, verwende ich es als normales Netzwerkkabel. womit Einplatinencomputer Zugriff auf das Internet und auf das lokale Schulnetzwerk hat.

Als Spannungsquelle wird ein Netzteil der Firma Mean Well verwendet. Es liefert konstante 5 Volt und kann bis zu 12 Ampere

liefern und bietet eine hohe Zuverlässigkeit. Der Raspberry Pi und die Motorsteuerung sind direkt an das Netzteil angeschlossen. Da die Kamera eine Spannung eines Zweizellen Lithium-Ionen-Akkus mit ca. 7,2 Volt erwartet, wird die Spannung mit Hilfe eines Step-Up Spannungsregler der Firma Pololu hochgeregelt. Dieser Regler ist an einen Akku-Dummy geschaltet, welcher wie ein herkömmlicher Akku in die Kamera positioniert wird.

Die einzelnen Geräte habe ich mit SiF <sup>2</sup> Litzen verbunden. Ursprünglich dachte ich, dass die SiF Isolation die richtige Wahl sei, da diese Flexibel ist und für die Verkabelung in Schaltanlagen und Verteilen geeignet ist. Leider stellte sich heraus, dass die Kabel recht schnell brüchig werden, wahrscheinlich sind die eher für hohe anstatt für niedrige Temperaturen ausgelegt.

Um Kabel miteinander zu verbinden werden Verbindungsklemmen der Firma Wago (Bsp.: Abbildung 9) verwendet. Diese bieten eine hohe Flexibilität, die bei den ersten Testläufen schon sehr oft ihren Vorteil ausspielen konnten. Wago ist Marktführer in der Kategorie und bieten eine gute Qualität.

Abbildung 9 Eine Verbindungsklemme der

Verbindungsklemme der Firma Wago Quelle: www.conrad.de/ de/verbindungsklemme-flexibel-008-4-mm-starr-008-25-mm-polzahl-3wago-222-413-15-st-grau-orange-730187.html

-

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Silikon-Aderleitung

## 2.2. Der Shutter und die dazugehörige Steuerung

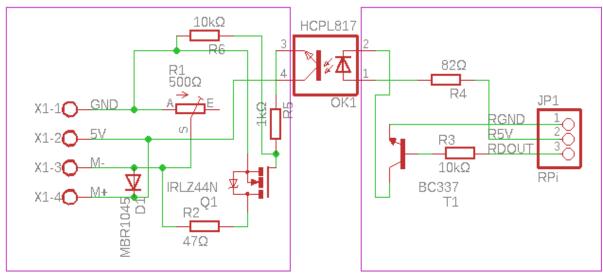


Abbildung 10 Schaltplan der Motorsteuerung

Der alte Shutter funktioniert noch einwandfrei, wobei ich eine Steuerung für diesen gebaut habe. Der Motor ist für 12V ausgelegt, jedoch verwende ich 5V, da ich dann nur ein Netzgerät für das gesamte System brauche und außerdem verbraucht der Motor dann weniger Strom bei der gleichen Drehzahl, da weniger Strom bei dem Widerstand in Hitze umgewandelt wird. Die Steuerung ermöglicht erstens Mithilfe eines Potentiometers <sup>3</sup> die Stromlimitierung und damit die Einstellung der Geschwindigkeit des Shutters und zweitens einen reibungslosen

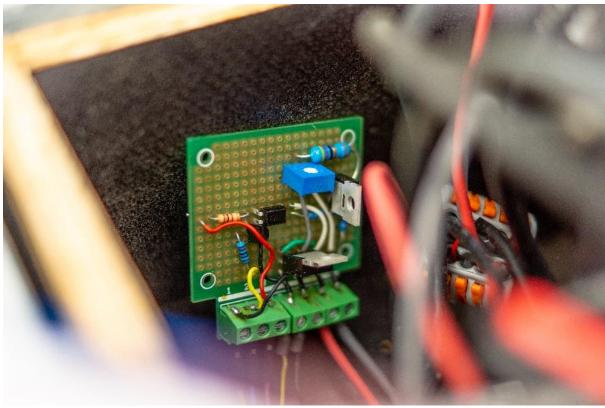


Abbildung 11 Fertiggebaute Steuerung

\_

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Ein stufenlos einstellbarer Widerstand

Start des Shutters. Da der Motor manchmal Probleme hat mit geringem Strom zu starten, lässt sich der Potentiometer überbrücken, wodurch mehr Strom fließt. Das Timing übernimmt wieder der Raspberry Pi, dessen Anschlüsse auf der Platine mit Hilfe eines Optokopplers galvanisch getrennt ist.

illie eilles Optokoppiers galvailisch ge

#### Die Anschlüsse sind wie folgt:

- 1. Minuspol des Raspberry Pi
- 2. GPIO<sup>4</sup> Anschluss des Einplatinencomputers
- 3. 5V Pin des Raspberry Pi
- 4. Motor
- 5. Motor
- 6. 5V Plus des Netzgerätes
- 7. Minuspol des Netzgerätes



**Abbildung 12** Verbindung zum Raspberry Pi. Lila: 5V, Grau: Minus, Blau: GPIO

## 2.3. Kalibrierung der Geschwindigkeit



Abbildung 13 Aufbau der Messung

<sup>.</sup> 

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> General purpose input/output – Allgemeiner Ein- und Ausgang



Abbildung 14 Reflektor am Shutter

(Abbildung 13). Nach möglichst genaustem einstellen, pendelte sich der Wert auf 746,3

Umdrehungen pro Minute ein. Das entspricht ca. 12,44Hz, knapp unter dem Standard von 15Hz des Europäischem

Feuerkugelnetzes. Die Bildunterbrechung erfolgt ca. 30-mal pro Sekunde, da der Shutter zwei Rotorblätter besitzt. Nun werden schnell durchs Bild wandernde Objekte zerlegt, wie in Abbildung 16, wobei die Abstände zwischen den einzelnen Bildpunkten eine die Auskunft über Geschwindigkeit geben können.

Der alte Widerstand von  $470\Omega$  ist durch die neue Spannung nutzlos, weshalb Geschwindigkeit die eingestellt werden muss. Durch ein optisches Frequenzmessgerät der Firma SKF lässt sich die Umdrehungen pro Minute des Motors messen, indem das Gerät mit einem Laser (Abbildung 15) auf den Reflektor des Shutters (Abbildung 14) strahlt und die Reflektionen misst. Mit Hilfe von Stativmaterial aus der Sammlung baute ich eine Halterung für das Modul

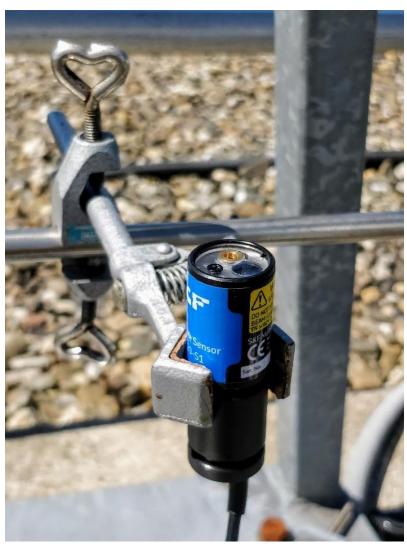


Abbildung 15 Modul bestehend aus einer Laserdiode und Sensor



**Abbildung 16** Aufnahme mit zerhackten Lichtspuren. Es entstand an einem Abend, an dem an der Station neben der Meteorkamera gearbeitet wurde.

#### 2.4. Software

Die Wahl des Betriebssystems des Einplatinencomputers ist einfach, da es ein extra für den Raspberry Pi angepasstes Debian Linux namens Raspian Stretch Lite existiert. Es ist schon komplett für den Raspberry Pi eingerichtet und es müssen nur noch Kleinigkeiten, wie der SSH-Server<sup>5</sup>, konfiguriert werden. Durch diesen hat man vollen Zugriff auf das System, ohne mit einem Bildschirm und Tastatur am Einplatinencomputer zu sein. Man muss sich muss lediglich im selben Netzwerk befinden. Die Lite Version verzichtet auf die Benutzeroberfläche und bietet nur einen Kommandozeilen Zugriff. Das spart Rechenleistung und da kein Monitor angeschlossen ist, wäre ein Desktop überflüssig.

Da zum Abgleichen mit anderen Meteorkameras die Uhrzeit eine große Rolle spielt, installierte ich die Software ntpd, welche die Zeit mit Servern synchronisiert, wobei das Programm konstant Abweichungen beachtet und gegebenenfalls die Zeit korrigiert. Außerdem wählt das Programm automatisch die beste Zeitquelle aus. Um Abgleichungen mit Onlinedatenbanken zu vereinfachen verwendet das gesamte System UT-Zeit.

Die Kamera lässt sich über die USB-Schnittstelle steuern, wobei es offizielle Software nur für Windows gibt. Zudem bietet diese keine Möglichkeit

\_

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Secure Shell – Aktuell einer der sichersten Möglichkeiten eine Datenverbindung zu einem Betriebssystem aufzubauen

automatisiert Bilder aufzunehmen. Außerdem eignet sich dieses Programm weder für den Dauerbetrieb, noch erlaubt es die Benutzung von Skripten. Ein eigenes Programm mit Canons SDK<sup>6</sup> zu schreiben ist zwar möglich, jedoch ist das sehr kompliziert und zeitaufwendig, weshalb ich mich für das Programm gPhoto2 entschieden habe. Es handelt sich um ein CLI<sup>7</sup> für die libgphoto2, ein Programm womit eine nahezu vollständige Steuerung der Kamera möglich ist. Mit Hilfe dieses Programmes kann ich ein Bash-Script schreiben, welcher die Kamera steuert, ohne ein komplexes C++ Programm zu entwickeln. Es ist zwar keine offizielle Software von Canon, jedoch arbeitet das Programm trotzdem zuverlässig.

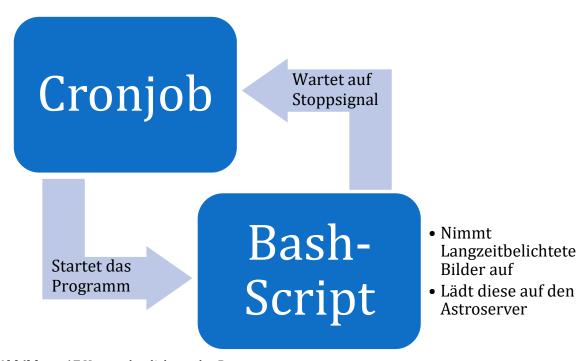


Abbildung 17 Veranschaulichung des Programms

Cronjobs können Befehle zu bestimmten Ereignissen und Uhrzeiten ausführen. Aktuell startet ein Cronjob den Bash-Script, wenn es anfängt dunkel zu werden und sendet ein Stoppsignal in Form einer Datei, wenn es wieder hell wird. Das Script checkt nach jeder Aufnahme, ob es weiterlaufen soll.

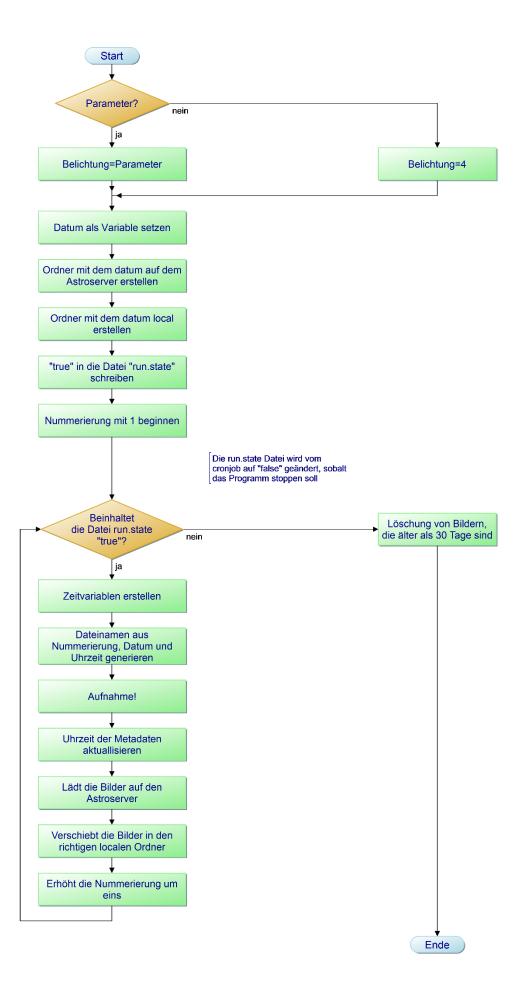
Auf den folgenden Seiten ist ein Pap<sup>8</sup> und der Code zu finden.

-

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Software Development Kit – Programmcode zum entwickeln eigener Anwendungen

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Command Line Interface – Kommandozeilen Schnittstelle

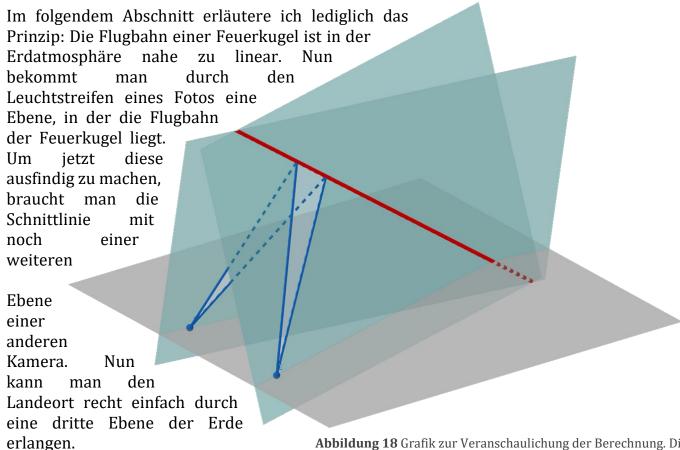
<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Programmablaufplan – Ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines Programms



```
#!/bin/bash
# Parameter #
# 1: Belichtung in Sekunden
if [[ -n "$1" ]] # Prüfe ob Parameter 1 für die Belichtung mitgegeben ist
    belichtung=$1 # Die Variable für die Nummerierung zum Parameter setzten
else
    belichtung=4 # Falls nicht wird die Belichtung für Testzwecke auf 4 Sekunden
gelegt
fi
date=$(date +'%Y-%m-%d') # Datum ermitteln und in date speichern
smbclient -A smbclient.conf //astro-server-b/akuelleprojekte --directory
Meteorkamera -c "mkdir $date" # Ornder auf dem Server mit dem aktuellem Datum
erstellen
mkdir ../img/$date # Erstelle lokalen Ordner mit dem Datum
echo true > run.state # Datei zum stoppen
num=1 # Nummerierung
while [[ $(<run.state) == "true" ]]; do # Lasse das Programm so lange laufen, bis
stop.sh ausgeführt wird
    time=$(date "+%H-%M-%S") # UTC Zeit für den Dateiname
    timeMeta=$(date "+%Y:%m:%d %H:%M:%S") # UTC Zeit für die Metaeigenschaften der
Fotodatei
    filename=$num"_"$date"_"$time"UT" # Dateiname als Variable setzen:
Nummer Datum ZeitUT
    gphoto2 --set-config eosremoterelease=Immediate --wait-event=${belichtung}s --
set-config eosremoterelease="Release Full" --wait-event-and-download=5s --skip-
existing --filename "$filename.%C" # Aufnahme! Setzte Dateiname aus der Variable +
Suffix zusammen
    exiv2 -v -M"set Exif.Photo.DateTimeOriginal '$timeMeta'" $filename.*
    exiv2 -v -M"set Exif.Photo.DateTimeDigitized '$timeMeta'" $filename.*
    exiv2 -v -M"set Exif.Image.DateTime '$timeMeta'" $filename.*
    # Ändere die Meta-Zeitinfo der Bilddateien
    smbclient -A smbclient.conf //astro-server-b/akuelleprojekte --directory
Meteorkamera/$date -c "prompt; mput $filename.*"
    # Lade die Fotos auf den Astroserver, unterdrücke rückfragen
    mv $filename.jpg ../img/$date/$filename.jpg
    mv $filename.cr2 ../img/$date/$filename.cr2
    # Verschiebe die Bilder zum richtigem lokalem Ordner
    let "num ++" # Erhöhe die Nummerierung um eins
done
find /home/pi/meteorkamera/img/ -mindepth 1 -mtime +7 -delete
#Löscht Bilderordner die älter als 30 Tage sind
```

## 3. Auswertung

Die Auswertung der Bilder ist komplex und für eine Berechnung verweise ich auf die Sophia Haudes Arbeit.



Mittlerweile weiß man, dass wenn die Feuerkugel anfängt in Teile zu zerbrechen und auch nicht mehr Abbildung 18 Grafik zur Veranschaulichung der Berechnung. Die rote Gerade beschreibt die Flugbahn und die Schnittgerade, die blauen Dreiecke die Beobachtung und die grünen Ebenen die berechnete Ebene um die Schnittgerade zu bestimmen. Die graue Grundebene ist die Erde.

beobachtbar ist, eine parabelförmige Flugbahn bekommt. Das bedeutet, dass der berechnete Punkt weiter weg vom wahren Auftrittspunkt sein muss.

## 4. Zukunftspläne

Es gibt noch einige Sachen zu machen. Zuerst muss eine Zeitschaltuhr von einem Elektriker ausgebaut werden. Diese schaltet aktuell um bestimmte Uhrzeiten den Strom für das gesamte Meteorkamera-System ab, weshalb es auch noch keine Aufnahmen von mitten in der Nacht gibt.

Außerdem ist der Shutter-"Starter" noch am Einplatinencomputer einzurichten. Dieser soll einmal am Tag den Shutter mit nahezu voller Kraft antreiben, sodass sichergestellt sein kann, dass dieser läuft (siehe 2.2).

Eine weitere Idee ist zudem noch ein Bild aus einer Nacht zu generieren um dieses auch auf der Webseite <u>www.schuelerlabor-astronomie.de</u> zu veröffentlichen. Darüber hinaus erhoffe ich mir eine schnellere Analyse der Nacht, da man nicht mehr jedes einzelne Bild auf Feuerkugeln untersuchen muss. Wie gut das funktionieren könnte muss sich jedoch noch zeigen.

Nächstes Jahr habe ich vor das System noch autonomer zu machen. Aktuell ist die Belichtungszeit fest auf 15 Minuten gestellt außerdem starten und stoppt das ganze um bestimmte Uhrzeiten. Die ersten Bilder einer Nacht sind immer überbelichtet und geben keine Auskunft über den Himmel. Deshalb möchte ich Helligkeitssensoren in das System einbringen, sodass viele Faktoren automatisch berücksichtigt werden. werden Zuerst Uhrzeitangaben überflüssig, aber auch die Wetterlage wird SO berücksichtigt. Außerdem



automatisch Abbildung 19 Trotz Dunkelheit ein blauer Himmel

lässt sich die Belichtung so dynamisch regeln. Wenn es eine helle Nacht ist, wie z.B. bei Vollmond, wird kürzer und dafür öfter belichtet, bei dunkleren Nächten ist eine längere Belichtung möglich. Eventuell ist auch eine Erkennung möglich, ob es so dicht bewölkt ist, dass sich Aufnahmen gar nicht erst lohnen, da man nur Wolken sieht.

Zudem benötigt die Motorsteurung noch ein zweiten, feineren Potentiometer um die Geschwindigkeit genau auf 15Hz zu bringen. Das ist einfach möglich, da sich

mehrere in Reihe geschaltete Widerstände einfach addieren. So hat man in Zukunft eine Grob- und eine Feinjustierung.

## 5. Handlungsanweisung

Im folgendem Abschnitt werde ich erläutern, wie man das System einstellen und warten kann. Prinzipiell wird per SSH auf den Computer zugegriffen. Aus Sicherheitsgründen kann man nicht mit einem Passwort auf das System kommen, sondern nur mit einem Private Key. Das ist eine Datei, welche man beim Verbinden mitschickt und der SSH Server schaut in einer Liste, ob dort der passende Public Key vorhanden ist. Den Public Key darf jeder haben, da dieser den Zugriff für den Private Key Besitzer erlaubt, der Private Key ist, wie der Name schon sagt, nicht weiterzugeben! Ich werde ein passendes Schlüsselpaar für die Sternwarte erstellen. Der Private Key darf jedoch nicht auf den Astroserver, wo jedermann zugreifen kann. Der Private Key hat im Normalfall keine Endung, lediglich für das Programm PuTTY gibt es eine zweite Datei in einem anderem Format mit der Endung "ppk". Der Public Key hat die Endung "pub".

Der Raspberry Pi hat eine feste IP-Adresse im Schulnetzwerk, welche er über DHCP bezieht. Wichtig: man muss ich im selben Netzwerk wie der Einplatinencomputer befinden, ein Zugriff aus dem Internet ist nicht möglich.

Bei allen Befehlen mit "sudo" wird nach einem Passwort gefragt. Das werde ich selbstverständlich zusammen mit dem Schlüsselpaar mitgeben.

## 5.1. Verbindung aufbauen

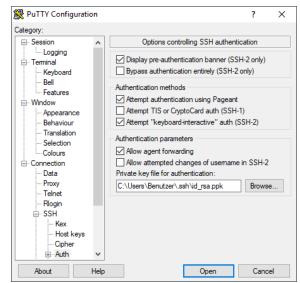
Je nach Betriebssystem ist der Zugriff einfacher oder schwerer. Unter Linux Maschinen und neuen Windows 10 Computern mit dem optionalem Feature "OpenSSH-Client"<sup>9</sup> ist es einfach. In einer Eingabenaufforderung oder Shell kommt man mit folgendem Befehl in die Shell des Einplatinencomputers:

ssh -i pfad/zum/privatekey pi@10.3.27.8

Das "-i pfad/zum/privatekey" kann man weglassen, wenn der Private Key den Dateinamen "id\_rsa" hat und im Ordner ".ssh" (Punkt nicht vergessen!) im Benutzerverzeichnis liegt.

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Windows-Einstellungen > Apps > Optionale Features verwalten > Feature hinzufügen > OpenSSH-Client

Bei älteren Windows Versionen ist der Zugriff mit einem Private Key nur mit drittanbieter Software möglich. Empfehlenswert ist das **Programm** PuTTY. Nach der Installation kann man putty.exe ausführen und die IP-Adresse 10.3.27.8 angeben. Danach klickt man links in der Kategorien Liste den Punkt "Auth" an und gibt dort seinen Private Key mit der Endung ".ppk" an Abbildung 20). Nach dem Klick auf Open muss man lediglich den Benutzer "pi" angeben.



**Abbildung 20** Screenshot der Software PuTTY. Links sind die Kategorien zu sehen und Rechts das dazugehörige Menü.

#### 5.2. Wartung

Mit folgendem Befehlen lässt sich der Computer aktualisieren. Bei einem Debian System ist das nicht allzu häufig notwendig, aber einmal im Monat ist zu empfehlen.

sudo apt update (Aktualisiert die Datenbank)

sudo apt upgrade (Aktualisiert die eigentlichen Programme)

Danach sollte das System mit dem Befehl

sudo reboot

neugestarten werden.

## 5.3. Einstellungen

Alle Programmrelevanten Dateien befinden sich im Ordner meteorkamera/bash/ und um relevante Daten zu bearbeiten empfiehlt sich mit dem Befehl

cd ~/meteorkamera/bash/

den Ordner der Shell zu ändern.

#### 5.3.1. Bash-Script

Das Bash-Script heißt "run.sh" und lässt sich mit jedem beliebigem Editor bearbeiten. Auf dem Rasbian sind vim und nano vorinstalliert. Ich empfehle das Programm nano. Mit folgendem Befehl lässt sich das Programm anschauen und editieren, falls man sich im Ordner "~/meteorkamera/bash/" befindet:

```
nano run.sh
```

Aus dem Programm herauskommen kann man mit der Tastenkombination Strg+x und bei Veränderungen wird gefragt, ob man das Programm speichern möchte.

```
5.3.2. Uhrzeiten und Belichtung – Cronjob
```

Für folgende Einstellungen kann man sich im jedem beliebigem Ordner befinden. Mit dem Befehl

```
crontab -1
```

kann man sich die aktuelle Liste der Befehle anschauen. Zeilen die mit einer Raute beginnen spielen keine Rolle und dienen nur zum Kommentieren.

Mit dem Befehl

```
crontab -e
```

Lässt sich der Ablauf editieren.

#### Beispiel

```
#April
20 18 1-14 4 * cd /home/pi/meteorkamera/bash && /bin/bash run.sh 900 2>&1 >> cron.log
40 4 1-14 4 * cd /home/pi/meteorkamera/bash && /bin/bash stop.sh >> cron.log
```

Die Erste Spalte beschreibt die Minute bei der Befehl ausgeführt wird. Hier zum Start 20 und zum Ende 40. Die Zweite Spalte ist die Stunde, also 18 und 4. Die 3 Spalte beschreibt den Tag des Monats, hier 1-14 und die darauffolgende Spalte beschreibt den Monat, also hier 4. Das Sternchen beschreibt, dass es bei jedem Wochentag ausgeführt werden soll.

Starten wird also das Programm im Zeitraum vom 1. bis zum 14. April um 18:20 und stoppen wird es um 4:40 im selben Zeitraum.

Es handelt sich um UTC Zeiten!

Die Belichtung wird als Parameter beim Start mitgegeben, aktuell immer 900 Sekunden und kann beliebig geändert werden.

Wichtig ist, dass an einem Abend das Programm nur einmal ausgeführt wird und sich Befehle nicht doppeln.

#### 5.4. Problembehandlungen

#### 5.4.1. Veränderung des Astro-Server-B

In Zukunft kann es natürlich passieren, dass sich die Eigenschaften des Astro Samba Servers ändern. In dem Fall kann man die Verbindungeinstellungen in der Datei smbclient.conf editieren. Mit folgendem Befehl lässt sich die Datei mit dem Programm nano anschauen und bearbeiten.

nano ~/meteorkamera/bash/smbclient.conf

Aus dem Programm herauskommen kann man mit der Tastenkombination Strg+x und bei Veränderungen wird gefragt, ob man das Programm speichern möchte.

#### 5.4.2. Neues Schulnetzwerk

Falls sich die Netzwerkstruktur der Schule ändert, ist ein Zugriff per SSH unter Umständen nicht mehr möglich und man muss ein Bildschirm und Tastatur an den Einplatinencomputer anschließen und nötige Einstellungen ändern. Aktuell sind WiFi und Bluetooth durch Deaktivierung der Kernelmodule deaktiviert und DHCP aktiviert.

#### 5.4.3. Kein SSH Zugriff mehr möglich

Falls kein Login in das System mehr möglich ist, sollten folgende Schritte abgegangen werden:

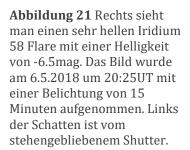
- 1. Bin ich im Schulnetzwerk? Hat dieses aktuell Störungen? Netzwerkswitch läuft?
- 2. Meteorkamera neustarten Sicherung raus und wieder rein
- 3. Mit Bildschirm und Tastatur direkt an den Raspberry Pi und nach Problemen suchen oder ggf. neuen Public Key einspielen, indem man diesen an die Datei ~/.ssh/authorized\_keys anhängt. Alte Keys bitte nicht löschen, da dann deren Besitzer kein Zugriff mehr haben!

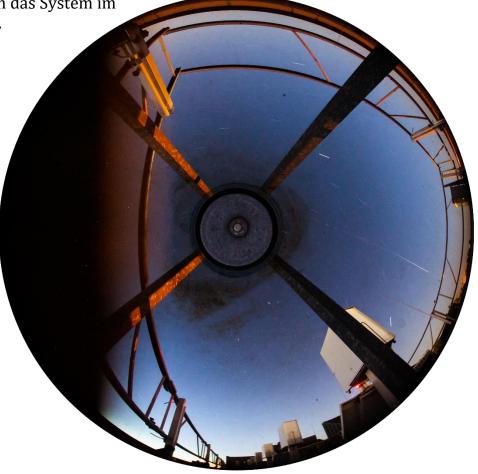
## 6. Zusammenfassung

Mein Ziel einer Automatisierung der Meteorkamera habe ich erreicht. Jede Nacht werden mehrere Bilder aufgenommen, welche am nächsten Tag über den Schulserver einsehbar sind. Letzte Optimierungen

und neue Feature werden das System im

Zukunft noch bereichern.





## 7. Danksagung

Ich möchte mich bei folgenden Personen herzlichst für ihre Unterstützung bedanken:

Bernd Koch ist der Projektkursleiter der Astronomie und ich durfte unter anderem eine sehr interessante Ausbildung an der Sternwarte genießen. Zudem sind viele gute Ideen der Software ihm zu verdanken. Mein Physik Leistungskurslehrer ist Michael Winkhaus und er hat mich bei diesem Projekt nicht nur unterstützt, sondern brachte mich auch erst auf die Idee. Außerdem bedanke ich mich bei Dieter Heinlein für den informativen Emailaustausch und seiner Texte rund um das Meteoritenortungsnetz. Florian Gerbracht habe ich das Frequenzmessgerät zu verdanken. Zuletzt danke ich selbstverständlich Nils Wörheide und Karlo Wentzel für ihre Vorarbeit und Sophia Haude, da sie das ganze Meteorprojekt 2007 ins Leben gerufen hat.

## Quellen

- Meteore Eine Einführung für Hobby-Astronomen (S. 503f, S. 296) Rendtel Jürgen und Arkt Rainer – Oculum-Verlga, 2012 – Zu 1.1 Begriffserklärung und zur Fußnote 1
- Astronomie in Theorie und Praxis (S. 8) Wischnewski Erik Kaltenkirchen, 2013 – Zu 1.1 Begriffserklärung
- **spacewaether.com** (22. April 2018) Phillips Dr. Tony Aufgerufen am 24. April 2018
  - www.spaceweather.com/archive.php?view=1&day=22&month=04&year= 2018 Zu 1.2 Wie die NASA Meteore erkennt
- NASA's All Sky Fireball Network Aufgerufen am 24. April 2018 fireballs.ndc.nasa.gov – Zu 1.2 Wie die NASA Meteore erkennt
- Feuerkugelnetz Aufgerufen am 4. Mai 2018 <u>www.dlr.de/pf/desktopdefault.aspx/tabid-8909/18430 read-37907/</u> – Zu 1.3 Das Europäische Feuerkugelnetz
- Meteor Neuschwanstein Aufgerufen am 19. Mai 2018 –
   <a href="http://www.dlr.de/pf/desktopdefault.aspx/tabid-8955/15458">http://www.dlr.de/pf/desktopdefault.aspx/tabid-8955/15458</a> read <a href="mailto:37909/admin-1/">37909/admin-1/</a> Zu 1.3 Das Europäische Feuerkugelnetz und Abbildung
   3
- **Meteoritenortungsnetz: Ergebnisse 2017** Dieter Heinlein Zu 1.3 Das Europäische Feuerkugelnetz
- **Bedinungsanleitung** Canon EOS 500D Zu 2 Die Meteorkamera des Carl-Fuhlrott-Gymnasium
- Silikon-Aderleitung SiF Aufgerufen am 23. Mai 2018 <a href="https://www.faberkabel.de/de/produkte/typgruppe/5801/sif/">https://www.faberkabel.de/de/produkte/typgruppe/5801/sif/</a> Zu 2.1 Hardware
- **Projektarbeit** Niels Wörheide und Karlo Wentzel Zum Widerstand in 2.3 Kalibrierung der Geschwindigkeit
- **Gphoto.org** Aufgerufen am 21. Mai 2018 <a href="http://www.gphoto.org/proj/">http://www.gphoto.org/proj/</a> Zu 2.4 Software
- Facharbeit Sophia Haude Zu 3 Auswertung
- Sterne und Weltraum 8/2009, S. 78-83 Sophia Haude Zu 3 Auswertung
- **CalSky** Aus Email Verkher mit Gerrn Koch Zur Beschreibung von Abbildung 21

## Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere hiermit, die gesamte Arbeit unter Nennung sämtlicher Quellen selbständig verfasst zu haben.

	(Lukas Pajak)
--	---------------