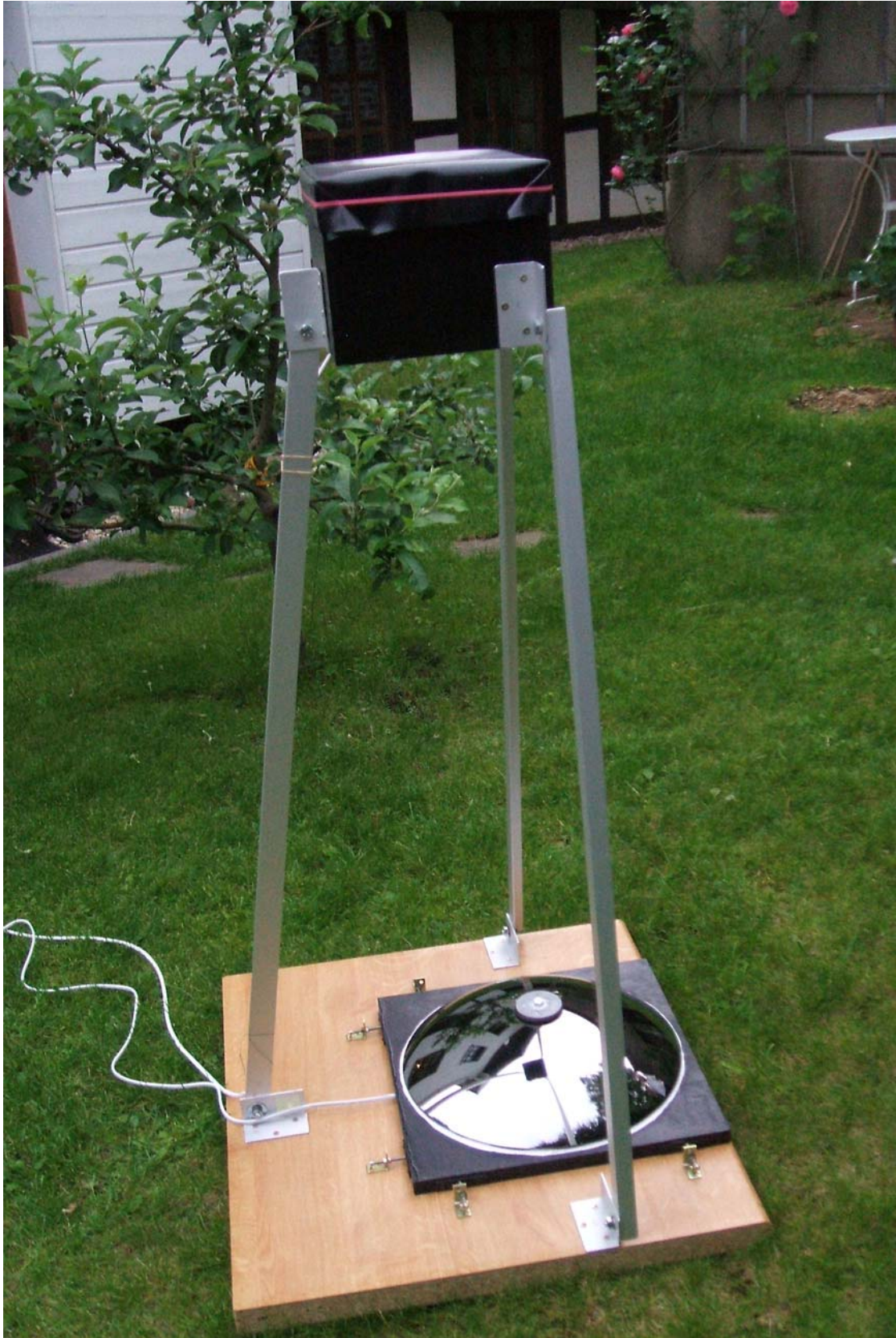


Exemplarische Konstruktionsbeschreibung zum Bau einer Meteorkamera



Das „Herz“ einer Meteorkamera ist die Kombination aus einer senkrecht nach unten fotografierenden Kamera und einem konvexen Spiegel, der exakt darunter liegt. Der Spiegel ermöglicht es, den gesamten Himmel auf einmal abzubilden, und die Kamera fotografiert den Spiegel, also indirekt den gesamten Himmel. Weil es sich bei den Meteorkamera-Netzwerken um Überwachungssysteme handelt, belichtet die Kamera möglichst die ganze Nacht hindurch und zwar in den meisten Fällen nur ein einziges Foto. Weil sich die Erde vor dem Sternenhintergrund hinweg dreht, sieht man hinterher auf dem Foto keine punktförmigen Sterne, sondern Sternstrichspuren, die sich als Kreisbogen um den Polarstern anordnen. Aber auch kurzzeitige Leuchterscheinungen, wie Meteore, sind auf dem Bild zu sehen. Wenn es in der Nacht also einen hellen Meteor gab, ist dieser am nächsten Morgen auf dem Foto zu sehen.

Die Materialien

Man benötigt deshalb neben dem Spiegel und einem Gestell, das die Kamera in ihrer Position hält, eine Kamera, die unendlich lange Belichtungszeiten ermöglicht.

Ich habe als Kamera eine vollmechanische *Spiegelreflexkamera* der Firma Zenit verwendet. Vollmechanische Kameras haben nämlich genau den Vorzug, dass ohne internen Energieverbrauch beliebig lange Belichtungszeiten möglich sind, indem man sie auf unendlich lange Belichtung einstellt und den Auslöser durch ein Bowdenzugsystem als Fernauslöser gedrückt hält.

Da sowohl zu Anfang als auch zu Ende der Belichtung der Fernauslöser betätigt werden muss und diese Termine mitten in der Nacht liegen, bietet es sich aber an, das Problem durch einen *elektrischen Fernauslöser* und eine *Zeitschaltuhr* zu lösen, wodurch dann immerhin externe Energie benötigt wird. Der elektrische Fernauslöser in meiner Meteorkamera ist ein Magnetschalter, der bei Stromfluss durch Induktion einen Kern verschiebt, der wiederum den Draht in einem Bowdenzugsystem verschiebt.

Die Kamera wird in einen *Kasten* eingebaut, der sie an seiner Unterseite durch ein Loch fotografieren lässt. In diesen Kasten kann auch der Fernauslöser eingebaut werden. Dieser braucht natürlich Strom und muss deshalb mit einem *Kabel* verbunden sein, das aus dem Kasten herausführt.

Der Spiegel, der in den klassischen Meteorkameras zum Einsatz kommt, ist ein *konvexer Parabolspiegel* mit 18 cm Radius und einer Scheitelpunkthöhe von acht cm. Ich hatte das Glück, für meine Kamera einen ausgedienten Originalspiegel vom Feuerkugelnetz zu bekommen, der durch seine Rhodiumbedampfung gut gegen das Wetter geschützt ist und dessen Form die Rechnung zur Auswertung der Aufnahmen erleichtert. Prinzipiell ist aber auch das Segment eines Kugelspiegels geeignet, es ändert sich dann nur die Rechnung zur Spiegelgeometrie. Leider ist es sehr schwer, an Parabolspiegel zu kommen, insbesondere wenn es sich um außen verspiegelte handelt, worauf unbedingt zu achten ist!

Da der Spiegel nachts durch Tau leicht beschlagen kann, muss er von innen geheizt werden. Ich habe zuerst eine 100-Watt-*Heizung* verwendet, wie sie auch in den gängigen Meteorkameras eingesetzt wird. Diese erwies sich aber als viel zu heiß, wahrscheinlich aus dem Grund, dass mein Gestell z.T. aus Holz bestand und nicht, wie sonst üblich, vollständig aus Metall. Ich vermute, dass 25 Watt bei meiner Konstruktion ausreichend sind, habe damit aber noch keine Erfahrung. Gut sind natürlich auch Heizungen, die je nach Außentemperatur heizen. Je nach Material des Spiegels muss man auch gut darauf aufpassen, dass er nicht unter der Temperatur leidet. Ansonsten kann man damit etwas experimentieren. Auch der Einsatz von Dimmern ist möglich. Heiß soll der Spiegel nicht werden! Es geht darum, dass sich kein Tau auf ihm absetzt und Regentropfen etwas schneller wieder trocknen.

Ein weiteres Bauteil, das ich vom Feuerkugelnetz bekommen konnte, ist ein so genannter **Shutter**, eine Propellerscheibe mit zwei viertelkreisförmigen Rotorblättern, die sich ebenfalls innerhalb des Kastens und vor dem Objektiv der Kamera befindet. Sie soll sich mit konstanter Geschwindigkeit von etwa 12,5 Hz drehen. Auf diese Weise werden Leuchterscheinungen, wie Meteore, die sich am Himmel sehr schnell bewegen, auf dem Foto in kleine Segmente zerhackt, weil das Objektiv nur die Hälfte der Zeit Licht empfängt. Dadurch lassen sich Meteore auch mehr oder weniger zuverlässig von Flugzeugen unterscheiden, die langsamer erscheinen, länger zu sehen sind und deshalb viel feiner zerhackt sind, wenn man es überhaupt noch wahrnehmen kann. Die Hauptfunktion des Shutters besteht aber darin, sobald die Bahndaten bekannt sind, aus der Länge der Segmente die Geschwindigkeit des Meteors zu bestimmen. Shutter lassen sich auch gut selber bauen, weil ein Synchronmotor und eine Scheibe aus beliebigem undurchsichtigem Material ausreichen, aus dem man zwei Viertelkreise ausschneiden kann.

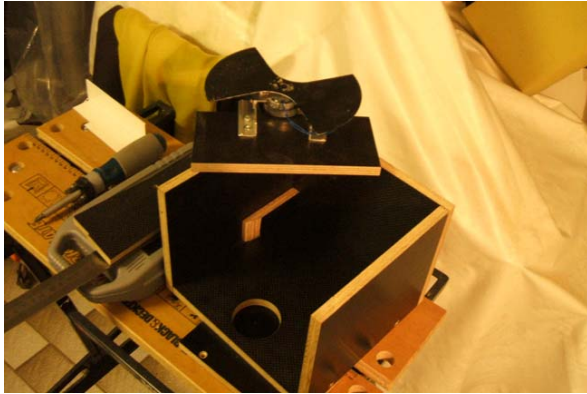
Das Gestell besteht aus einer **Grundplatte**, auf welcher der Spiegel sitzt, dem Kamerakasten, in dem die Kamera, der Shutter und der Drahtauslöser Platz haben, und mindestens drei **Streben**, die den Kasten in der richtigen Position über dem Spiegel halten. Ich habe für den Kasten 17 mm dickes beschichtetes Multiplexholz genommen, als Grundplatte ein Stück Küchenarbeitsfläche und für die Streben drei rechtwinklige Aluminiumprofile. Für einigermaßen windstille Nächte ist die Konstruktion auf jeden Fall ausreichend, bei starkem Wind kann es allerdings wackeln, was nur dann zum Problem wird, wenn es gerade bei einem Meteordurchgang passiert.

Findet man eine rein mechanische Lösung für das Offenhalten der Kamera, indem man zum Beispiel jede Nacht per Hand einen Bowdenzug bedient, kann es sein, dass durch die dann fehlende Abwärme des elektrischen Fernauslösers auch im Kamerakasten eine kleine Heizung nötig wird, um ein Beschlagen des Objektivs zu vermeiden und die Empfindlichkeit des Films nicht durch zu geringe Temperaturen zu beeinträchtigen. Auch damit fehlt mir die Erfahrung, aber eine kleine Heizung lässt sich sicherlich auch nachträglich gut einbauen.

Die Bauphase

Weil der Kamerakasten einen Teil des Himmels verdeckt und ebenfalls auf dem Photo abgebildet wird, muss er möglichst klein gebaut werden. Die Teile, die in den Kasten eingebaut werden müssen, sollten also zunächst ausgemessen und in einer Skizze platzsparend angeordnet werden. Aus dem nötigen Innenraum und der Holzdicke lassen sich dann die Größen der sechs Kastenseiten ermitteln, die in fast jedem größeren Baumarkt zugeschnitten werden können. In die Bodenplatte wird mit einer Rundsäge ein Loch gesägt, durch das die Kamera später fotografiert. Wo sich das Loch genau befindet, nämlich genau unter dem Objektiv der Kamera, muss vorher natürlich auch berechnet und ausgemessen werden. Es sollte etwa den gleichen Durchmesser wie das Objektiv haben, etwas größer, wenn es baubedingt weit von dem Objektiv entfernt ist.

Ich habe die vier Wände und den Boden des Kastens verleimt, verschraubt und anschließend wasserdicht lackiert. Am Deckel des Kastens habe ich rechtwinklige Profile befestigt, um ihn über den Rest des Kastens stützen zu können. Zusätzlich habe ich den Deckel dann noch mit Teichfolie abgedeckt, um den Kasten noch besser vor eindringendem Wasser zu schützen. Unten im Kasten habe ich an der Seite, die der Kamera gegenüberliegt, zwei kleine Stücke Holz geklebt, auf denen ein weiteres Brett aufliegt. Dieses ist so lang, dass es gerade in den Kasten passt und etwas mehr als halb so breit, damit das Objektiv der Kamera daran vorbeigeführt werden kann. Es dient als eine Art Balkon – an der Unterseite ist der Shutter befestigt, so dass sich seine Rotorblätter dicht über dem Kastenboden drehen, und auf der Oberseite steht der elektrische Fernauslöser, gegebenenfalls eine Heizung, und die Verkabelung. Es bietet sich an, den „Balkon“ erst ganz zum Ende zu fixieren, um die Dinge, die an ihm befestigt werden, während der Bauphase zu schonen.



Die Kabel des Shutters müssen durch ein kleines Loch im „Balkon“ auf die Oberseite geführt werden, um den Rotorblättern nicht im Weg zu sein. Dort können sie dann mittels einer Lüsterklemme mit den Kabeln des Fernauslösers und einem Netzkabel verbunden werden, das in einer Ecke des Kastens wieder durch den Balkon nach unten und durch den Kastenboden herausgeführt wird. Alle Kabel sollten wettersicher sein.

Aufhängung der Kamera

Die Kamera im Kasten aufzuhängen erwies sich bei mir als das größte Problem. Die Kamera muss mit dem Objektiv nach unten so über dem Loch und an der Wand befestigt werden, dass sie erstens ganz genau senkrecht nach unten photographiert und zweitens immer exakt an derselben Stelle hängt, auch wenn sie zum Filmwechsel oder zum Reinigen des Shutters aus dem Kasten genommen wurde, da nach ihrer genauen Position der Spiegel ausgerichtet werden muss.

Das einzige, was mir dazu zur Verfügung stand, war ein Gewinde in der Unterseite der Kamera, das normalerweise zum Befestigen an einem Stativ vorgesehen ist und über das wohl die meisten Kameras verfügen. Mit diesem konnte ich die Kamera an einem rechtwinkligen Aluminiumprofil festschrauben, das an beiden Seiten über die Kamera herausragt und dort mit zwei Löchern an zwei Schrauben gesteckt werden kann, die von außen durch die Holzwand geschraubt werden. Die Vorrichtung kann dann mit zwei Muttern fixiert werden.

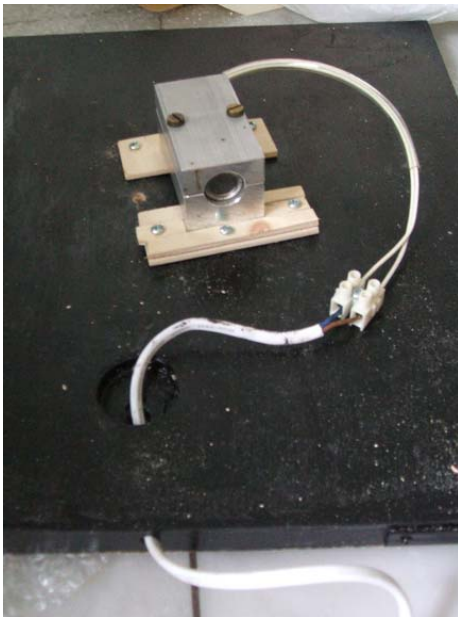
Die Kamera hängt mit der Unterseite an dem Winkel und liegt mit der Objektivseite an dessen anderem Schenkel. Für das Objektiv müssen also Aussparungen aus dem Metall gesägt werden.



Das Gestell und die Justage

Außen an den Kasten habe ich drei kurze Aluminiumprofile geschraubt, an die wiederum in einem bestimmten Winkel lange Aluminiumprofile geschraubt wurden, sodass sich ein Dreibeinstativ ergab. Dieses habe ich dann mit drei weiteren kleinen Profilen unten an eine große Bodenplatte geschraubt (etwa 75cm * 75cm). Die Unterseite des Kastens hängt bei meiner Kamera etwa einen Meter über dem Spiegel und zwar selbstverständlich so, dass sich das Objektiv genau senkrecht über der Spiegelmitte befindet. Der Abstand zwischen dem Spiegel und dem Kamerakasten hängt allerdings von der Brennweite des Objektivs und dem Spiegeldurchmesser ab und sollte vorher experimentell ermittelt werden. (Über der Mitte der Grundplatte muss sich das Objektiv natürlich nicht befinden, der Spiegel kann auch dezentral auf der Grundplatte liegen.)

Um den Spiegel nachträglich justieren zu können, habe ich ihn nicht direkt auf die Grundplatte gesetzt, sondern auf ein Brett, das nur wenig größer ist als der Spiegel und sich auf der Grundplatte verschieben und durch Einstellschrauben fixieren lässt. Auf diesem Brett habe ich erst die Spiegelheizung befestigt und das zugehörige wettersichere Kabel seitlich durch das Brett herausgeführt. Dann habe ich in der Mitte des Brettes ein Loch für eine Schraube vorgebohrt und den Spiegel mit Silikon mittig auf dem Brett befestigt. Da mein Spiegel in der Mitte ein Loch hat, habe ich dieses mit einem Stöpsel und zusätzlicher Dichtung geschlossen und diesen Stöpsel dann noch in dem vorgebohrten Loch an das Brett geschraubt.



Erst wenn das Gestell zusammengebaut ist, kann die Position des Spiegels exakt festgelegt werden. Die Mitte des Spiegels ist aufgrund des Loches in der Mitte durch ein Fadenkreuz gut zu markieren, ebenso die Mitte des Bildfeldes. Blickt man von oben durch die Kamera, müssen diese Mittelpunkte genau aufeinander liegen. Um zu testen, ob die Kamera auch senkrecht ausgerichtet ist, kann man einen planen Spiegel waagrecht unter das Loch des Parabolspiegels legen, bevor dieser angeschraubt ist. Wird das Objektiv der Kamera genau in der Mitte abgebildet, sitzt sie richtig. So kann der Spiegel dann befestigt werden.

Die Spiegelplatte habe ich mit acht Einstellschrauben justiert, die auf der Grundplatte befestigt sind und jeweils paarweise von den Seiten gegen die Spiegelplatte drücken. Genauso gut geht es mit vier Einstellschrauben die mit kleinen Metalleckchen verschweißt sind, die wiederum gegen die Ecken der Spiegelplatte drücken. Das ist sicherlich die elegantere Lösung, aber man muss die Möglichkeit zum Schweißen haben.



Zuletzt müssen die beiden Kabel, die aus dem Gestell herauskommen, mit der Zeitschaltuhr verbunden werden und diese mit einer Steckdose. Sobald dann ein Film in der Kamera liegt, ist die Meteorkamera einsatzbereit.

Hier noch mal die Materialien im Überblick:

- Kamera mit Einstellmöglichkeit zur unendlich langen Belichtung
- Elektrischer Fernauslöser
- Evtl. Gleichrichter für den Fernauslöser
- Zeitschaltuhr
- Parabol-, Kugelspiegel
- 25-Watt-Heizung
- Shutter oder Synchronmotor & Scheibe
- Bodenplatte (ca. 75cm * 75cm)
- Vier rechtwinklige Aluminiumprofile (jeweils 1m lang und 3mm-5mm stark)
- Eine Spiegelplatte (Durchmesser: etwas größer als der des Spiegels)
- 7 Bretter für Kamerakasten mit „Balkon“
- Holzleim
- Metall- und Holzschrauben
- Muttern
- Wasserdichter Lack
- Holz- und Metallbohrer
- Rundsäge für Holz
- Metallsäge
- Adern (Einzelne isolierte Leiter; ein Stromkabel enthält drei Adern)
- Kabel mit Stecker
- Lüsterklemmen
- (Stöpsel mit Dichtung, falls der Spiegel in der Mitte ein Loch hat)
- Silikon