

ENTWURF VON ECHTZEITSYSTEMEN (LU)
WS 2020/21

Projekt Präsentation

Kamera-Slider / Star-Tracker

Sebastian Knoll (01618313)

11. März 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung	2
1.1	Allgemein	2
1.2	Funktionen im Detail	2
1.2.1	Kamera-Slider	2
1.2.2	Star-Tracker	2
1.3	Aufbau	2
1.4	Elektronik:	4
1.4.1	Mikrocontroller	4
1.4.2	Schrittmotoren & Schrittmotortreiber	4
1.4.3	Versorgung	4
1.4.4	Weiteren Komponenten	4
1.5	Software	5
2	Realisierung / Ergebnisse	6
2.1	Aufbau	6
2.2	Software	7
2.2.1	Mikrocontroller	7
2.2.2	Webinterface	8
2.3	Kamera-Slider	9
2.4	Star-Tracker	10

1 Beschreibung

1.1 Allgemein

Ziel ist die Realisierung einer Vorrichtung welche es ermöglicht eine Systemkamera/DSLR Kamera automatisiert zu rotieren und linear zu verfahren. Dabei können via Handy o.dgl. Geschwindigkeiten, Positionen eingestellt werden und für Timelapse-/Videoaufnahmen Verfahr Muster definiert und angepasst werden.

Zusätzlich erlaubt eine genaue Rotation die Option die Erdrotation zu kompensieren, um Langzeitbelichtungen des Nachthimmels (Deep-Sky Fotografie) durchführen zu können.

1.2 Funktionen im Detail

1.2.1 Kamera-Slider

Eine Kamera kann direkt oder über einen Stativkopf auf die Vorrichtung montiert werden (Genormtes $\frac{1}{4}$ Zoll UNC Gewinde). Dabei kann die Kamera um die Hochachse (Pan) gedreht werden und die gesamte Vorrichtung über ein Profil hinweg linear verfahren werden (Slide). Durch geeignetes Antreiben kann die Kamera so automatisch gedreht und verfahren werden (Pan & Slide). Ein Anschluss zur Kamera (Anschlüsse für Intervalometer) ermöglicht das automatisierte Auslösen von Fotos. Über ein Webinterface (Erreichbar durch einen Hotspot) kann man sich mit der Vorrichtung verbinden und beliebige Positionen anfahren. Um Timelapse-/Videoaufnahmen zu realisieren, kann ein Verfahrweg (Startpunkt und Endpunkt) bestimmt werden, auf welchem eine gewisse Anzahl von Fotos über einen definierten Zeitraum aufgenommen werden. (Zum Beispiel: "Bewege dich in 3h von 0 mm / 0 ° zu 600 mm / 180° und mache 400 Fotos")

1.2.2 Star-Tracker

Die Vorrichtung wird ohne Profil für das lineare Verfahren auf einem Stativ o.dgl. montiert. Dabei wird die Rotationsachse der Vorrichtung jener der Erde (Polar Alignment) bestmöglich ausgerichtet. So kann die Erdrotation durch exakte Gegenrotation kompensiert werden und der Nachthimmel bleibt für die Vorrichtung/Kamera fixiert. Dadurch kann eine längere Belichtung stattfinden, ohne dass im Bild Startrails sichtbar werden.

1.3 Aufbau

Die Abbildungen 1, 2, 3 und 4 zeigen den Aufbau der Vorrichtung. Dabei befinden sich alle elektronischen Komponenten in einem geeigneten (Metall-) Gehäuse. Dies ermöglicht eine kompakte und alleinstehende Realisierung.

Für ein lineares Verfahren bieten vier, im unteren Bereich angebrachte Rollen die Möglichkeit, das Gehäuse auf ein Normprofil (V-Nut 20x40) beweglich an-

zubringen. Dabei ist durch die Rollen ein leichtes Verfahren in Längsrichtung möglich. Eine Bewegung in andere Richtungen wird aber verhindert. So ist es auch möglich, die Vorrichtung schräg oder kopfüber auf dem Profil zu bewegen. Um diese Bewegung zu automatisieren wird ein Schrittmotor so ins Gehäuse eingebaut, dass dessen Achse nach unten weg aus der Vorrichtung ragt. An dieser kann eine geeignete Rolle angebracht werden, welche sich an einem in dem Profil eingelegten Riemen fortbewegt.

Um eine Rotation zu ermöglichen, wird auf der gegenüberliegenden Seite ein weiterer Schrittmotor eingebaut. Dieser ist vollständig im Gehäuse eingebaut und treibt über einen Riemen eine Metallachse an. Diese Metallachse wird verwendet, um die Achse des Schrittmotors zu entlasten und so auch schwere Lasten rotieren/montieren zu können. Diese Achse ist dabei mit zwei Kugellagern in der Mitte der Vorrichtung angebracht und bietet ein genormtes 1/4" UNC Gewinde am oberen Ende (welches oben aus dem Gehäuse ragt). Auf diesem können diverse Stativköpfe angebracht werden.

Abbildung 4 zeigt eine Schmittansicht der Vorrichtung von oben in welcher die Positionierung der Akkus und der Elektronik sichtbar wird. Die zwei Akkus werden seitlich neben dem Schrittmotor für die Rotation angebracht. Die Platine wird oberhalb des Schrittmotors zum linearen Verfahren angebracht. Mit vier (bzw. drei) RGB-LEDs (Mittels Light-Pipes aus dem Gehäuse geführt) kann der Status angezeigt werden. Des Weiteren wird ein Rotationsencoder für Eingaben eingebaut.

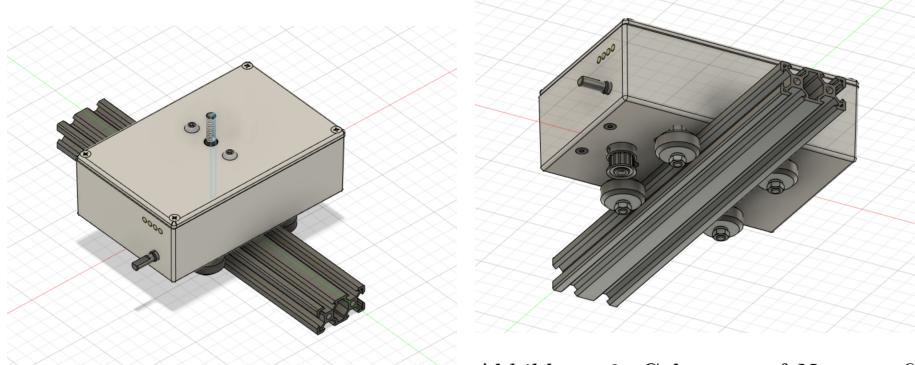


Abbildung 1: Gehäuse auf Normprofil

Abbildung 2: Gehäuse auf Normprofil von unten

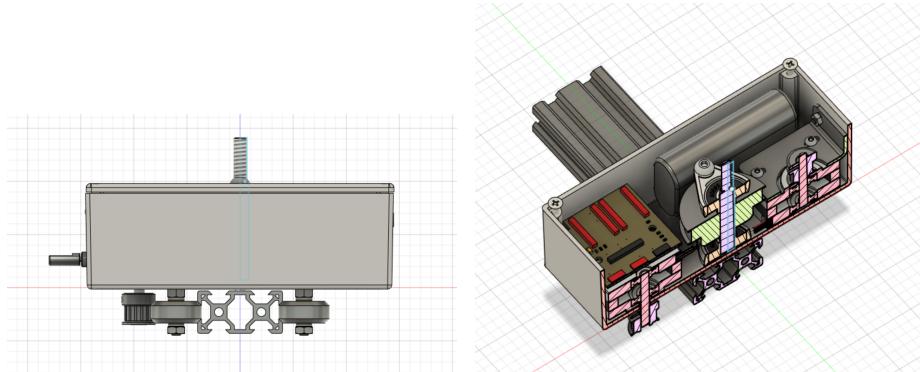


Abbildung 3: Aufbau von der Seite

Abbildung 4: Schnittansicht

1.4 Elektronik:

1.4.1 Mikrocontroller

Als Mikrocontroller wird ein "WEMOS D1 Mini Pro" verwendet. Dieser besitzt neben dem ESP8266 Chipsatz (32-Bit-Mikrocontroller), einem analogen Eingang (Ideal für die Messung der Akkuspannung), 11 digital Ein-/Ausgängen eine onBoard WiFi Antenne. Ein WIFI Hotspot ist somit leicht realisierbar, welcher eine einfache Interaktion mittels Smartphone ermöglicht.

1.4.2 Schrittmotoren & Schrittmotortreiber

Relativ kleine Schrittmotoren wie die "TopDirect Nema 17 Schrittmotor 1A 0.13Nm" werden für beide Antriebe verwendet.

Für die Schrittmotortreiber werden "Longrunner A4988 Stepstick Stepper Motor Driver" verwendet. Diese haben sich durch die einfache Handhabung (Einfache Schritt- und Richtungsvorgabe), der variierbaren Schrittauflösung und der einstellbaren Strombegrenzung bewährt.

1.4.3 Versorgung

Zur Versorgung werden zwei "Crazepony-UK 7.4V Battery 1500mAh 15C" Akkus verwendet. Diese werden parallel geschaltet und können mit den resultierenden 3000 mAh die Vorrichtung mindestens 1,5h betreiben (Volllast). Diese werden aufgrund der hohen Speicherkapazität und den sehr gut passenden Abmessungen verwendet.

1.4.4 Weiteren Komponenten

Treiber und Mikrocontroller werden mit den weiteren Komponenten wie DC-DC Konverter (7,4V auf 5V), den Ausgangs-/Eingangs Erweiterungen (74HC165D,

2x 74HC595D) und den Status-LEDs auf eine eigens angefertigte (Geometrisch gut ins Gehäuse passende) Platine angebracht.

1.5 Software

Der Mikrocontroller kann mit der “*Arduino IDE*” programmiert werden und es gibt eine Vielzahl an Beispielen welche eine sorgfältige Implementierung der Software vereinfachen. Beispielsweise können große Teile für den Access Point, das Webinterface und die Ansteuerung der Schrittmotoren übernommen werden.

So kann der Fokus auf die eigentlichen Funktionalitäten gelegt werden. Wichtig dabei sind die Einhaltung gewisser Zeitgrenzen. Beispielsweise soll bei einer Timelapse kein Foto aus der Bewegung gemacht werden bzw. beim “Star Tracking”-Mode die Rotationsgeschwindigkeit/der aktuelle Winkel stets dem Kompensationsziel entsprechen. Werden diese nicht eingehalten, wird die Qualität der Bilder/des Bildes kontinuierlich schlechter bis diese schlussendlich nicht mehr verwendet werden können.

Abbildung 5 zeigt die Qualität über der Zeit, wenn das Kompensationsziel im “Star Tracking”-Mode nicht erreicht wird. Es wird ersichtlich, dass nach einer gewissen Zeit (TS) die Qualität abnimmt, da sich Startrails abzeichnen. Diese Zeitgrenze (TS) ist von der verwendeten Brennweite und der Sensorgröße der Kamera abhängig. Anschließend nimmt die Qualität bis zur Unbrauchbarkeit (Qualität = 0%) ab. Diese Grenze (TH) ist dabei individuell und kann für manche Anwendungen bereits bei TS liegen ($TH = TS$).

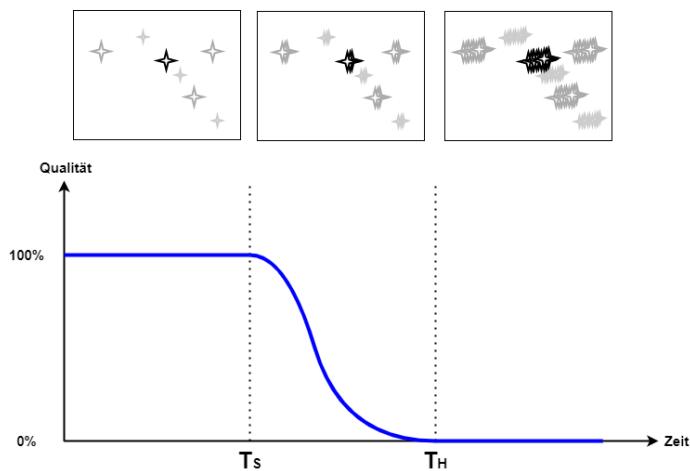


Abbildung 5: Qualität über Zeit

2 Realisierung / Ergebnisse

2.1 Aufbau

Aufgrund der detaillierten Planung mit CAD Programmen konnte der Aufbau ohne weitere Schwierigkeiten wie geplant realisiert werden.

Bei der Anbringung der Rollen für das seitliche Verfahren (Slide) war eine genaue Bearbeitung/Realisierung notwendig. Somit ist das seitliche Verfahren passgenau gegeben und Bewegungen / Rotationen in andere Richtungen sind nicht möglich. Ohne Weiteres kann die Vorrichtung, wie in Abbildung 11 gezeigt, kopfüber auf dem Normprofil angebracht und verfahren werden.

Die speziell angefertigte Platine (siehe Abbildung 6) ermöglicht die platzsparende Bauweise und hilft bei einer ordnungsgemäßen Verkabelung. Dabei sind die Schrittmotortreiber und der Mikrocontroller auswechselbar realisiert, um diese im Schadenfall bequem austauschen zu können. Weiters ermöglichen die Treiber die Einstellung des Treiberstroms um individuell oder anwendungsspezifisch die Leistung anzupassen. So zeigt Abbildung 10 eine Anwendung mit steilem Verfahren, für welche ein höherer Treiberstrom gewählt werden kann. Im Allgemeinen wird dieser so klein wie möglich eingestellt, um die Verwendungsdauer zu maximieren.

Die Status-LEDs werden mit Light-Pipes aus dem Gehäuse geführt, welches den Aufbau hochwertig erscheinen lässt. Ein großer Vorteil ist auch, dass die bordeigene Antenne des Mikrocontrollers stark genug ist, um akzeptable Empfangswerte bei geschlossenem Gehäuse zu haben. Andernfalls hätte die Antenne seitlich aus dem Gehäuse geführt werden müssen.



Abbildung 6: Bestückte Platine



Abbildung 7: Innenleben



Abbildung 8: Innenleben



Abbildung 9: Vorrichtung / Slider



Abbildung 10: Vorrichtung auf Normprofil



Abbildung 11: Vorrichtung gedreht

2.2 Software

2.2.1 Mikrocontroller

Der Mikrocontroller wird mit der “*Arduino IDE*” programmiert bzw. mit einem entsprechenden Plugin für *VS-Code*.

Für die Ansteuerung der Schrittmotoren wurde eine kleine Klasse geschrieben, welche alle Funktionalitäten kapselt. Diese kann modular und generisch für eine variable Anzahl an Schrittmotoren verwendet werden.

Der Server wird mit bestehenden Bibliotheken realisiert wobei der Endpunkt unter *192.168.1.1* erreichbar ist. Hier kann unter *192.168.1.1/app/* das Webinterface abgerufen werden. Unter *192.168.1.1/device/command/* können entsprechende Befehle der Vorrichtung ausgeführt werden. Dabei können Parameter *./?param1=10* mitgegeben werden und die *response* gibt Auskunft über die Ausführung. Auch mehrere Befehle können mit einer Abfrage ausgeführt werden. Unter *192.168.1.1/device/stream/* ist eine *EventSource* zu finden. Hier werden wichtige Werte gestreamt. Der Stream wird dabei nur aktualisiert, wenn keine zeitkritischen Aufgaben anstehen.

Über dem ganzen steht eine einfache Stade-Maschine welche die Aufgaben abarbeitet.

2.2.2 Webinterface

Das Webinterface kann mit Standard Webtechnologien programmiert werden. Somit können *HTML*, *CSS*, *JavaScript* etc. ohne Weiteres verwendet werden. Der Code der fertigen Seite wird im Programm des Mikrocontrollers direkt gespeichert. Dafür wird ein Header-File generiert welches dem Mikrocontroller Programm normierte Funktionen zur Verfügung stellt. Ebenso wird der Code der Seite(n) minimalisiert (um Zeichen zu sparen) und variable Werte bzw. Werte von der Vorrichtung werden mit entsprechenden Codezeilen vom Mikrocontroller ausgetauscht. Für **.css* und **.js* wird mittels *Cache-Control* gesorgt, dass diese nur einmal übermittelt werden müssen. Um dynamische Seiten zu verwirklichen wird mittels *Javascript* (Ajax) der Stream der Vorrichtung verwertet und dynamisch spezifizierte Werte der Seite upgedatet.

Die nachstehenden Abbildungen (12, 13, 14) zeigen das aktuelle Webinterface. Dabei sind die Masken für eine manuelle Steuerung, für eine Timelapse und für einen Milkyway-Modus zu sehen. Letzterer ermöglicht eine angenehme Timelapse-Einstellung, bei welcher die Rotation automatisch auf jene der Erde gesetzt wird. (So kann einfach eine Timelapse der Milchstraße realisiert werden, bei welcher der Nachthimmel in der Mitte des Bildes bleibt.)

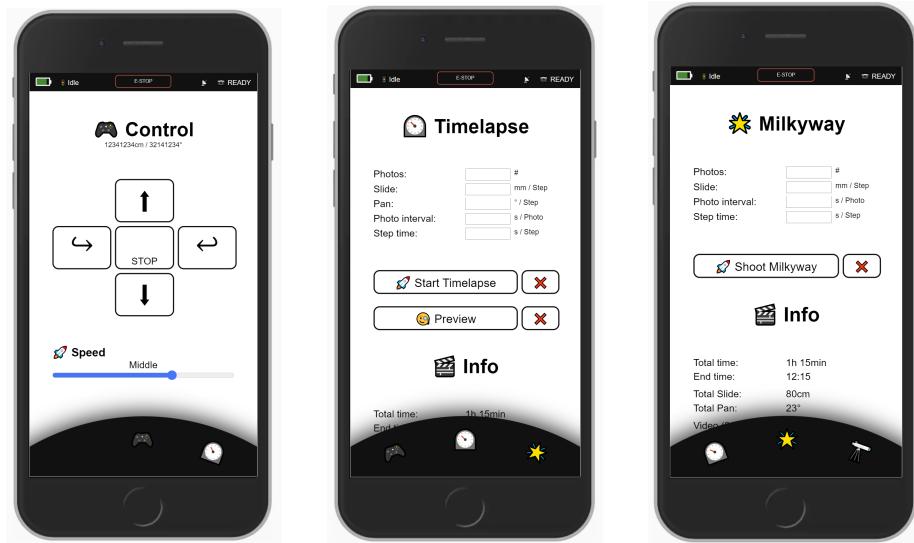


Abbildung 12: App / Website - Manuelle Steuerung

Abbildung 13: App / Website - Timelapse Steuerung

Abbildung 14: App / Website - Milkyway Steuerung

2.3 Kamera-Slider

Die Verwendung als Kamera-Slider wurde mehrmals getestet. Der wichtigste Test war mit Sicherheit jener außerhalb des Hauses auf einem kleinen Berg. Abbildung 15 und 16 zeigen den Aufbau mit Normprofil, Vorrichtung und Kamera. Der Aufbau war schnell und angenehm platziert. Mit dem Webinterface konnte schnell eine Timelapse definiert werden. Die Funktion *preview*, welche die resultierende Bewegung wie im finalen Video abfährt, hat sich als sehr brauchbar bewährt.



Abbildung 15: Aufbau als Kamera-Slider



Abbildung 16: Aufbau als Kamera-Slider

2.4 Star-Tracker

Die Verwendung als Star-Tracker konnte einmal getestet werden. Abbildung 17 zeigt dabei den Aufbau. M42 war dabei das erste Motiv. Der *Orionnebel* (Bezeichnung M42) ist ein Emissionsnebel im Sternbild *Orion* und 1.344 Lichtjahre von der Erde entfernt. Er ist ein beliebtes und relativ einfaches Objekt in der Deep-Sky Fotografie. Abbildung 18 zeigt das Resultat des Versuches. Dabei wurden 20 nachgeführte Bilder (mit 10 Dunkelbildern) gestackt. Das Ergebnis ist, trotz der wenigen Bilder, sehr detailliert und gut gelungen.



Abbildung 17: Aufbau als Star-Tracker



Abbildung 18: M42 - Orionnebel