**Von wann bis wann waren die Kameras in Betrieb ?**gab es Ausfälle und wie lange -> Kamera 2 war im Sommer 2018 auss3r Betrieb wegen Ethernet

**Konzept der Vorhersage**- raw Bilder 🡪 Aufbereitung 🡪 debayering (BGGR)  
 (siehe: Processing RAW images in Python in : \Bildverarbeitung\HDR images\Processing RAW images in Python.pdf )  
-Segmentierung Wolkendetektion  
- Paper von Miguel Lopez  
- Berechnung der DNI Solarstrahlung -> nach Soumyabrata 🡪 square cropped Luminance  
 Möglichkeit der Interpolation der fehlenden Sonennpositionen erwähnen  
- Schematischen Ablauf «Flussdiagramm» zeichnen zeigen

**Anforderungen an die Kamera**-Dynamic Bereich siehe in: «Anforderungen an das System, Kamera, Voraussetzungen, optische Grenzen»  
 BuchHDR imaging Acquisition display and imaging S 19 unten 🡪 «The human visual system»  
- HDR Bilder zur Feature Detektion der Wolken  
- Debecev Algorithmus zur Bildung der HDR Bilder  
- Möglichkeit RAW – Formate zu verwenden wegen der Linearität (10 bit Bildtiefe gegenüber der sonst 8bit bei JPG Bildern)  
- Höhere Auflösung bessere Voraussetzung für die Erkennung der feinen Strukturen in den Wolken

**Kamera Kalibrierung**- Ocamlib von Scaramuzza 🡪 intrisische und extrinsische Kalibrierung  
- Plot der Luminance gegen die Belichtungszeit, iso = const (sind die Zusammenhänge linear?)  
- Charakteristische Kamerafunktion Siehe auch das Paper dazu  
- Paper: «Laying the foundation to use Raspberry Pi 3 V2 camera module for scientific and engineering purposes»  
- Welche Kalibrierungen müssten vorgenommen werden ?

**Entwicklungsumgebung**- Python :  
 - pandas, numpy  
 - Opencv  
 - pysolar, sunpy, pvlib

**Aufbau der Infrastruktur**- Zwei Gebäude, Ethernet.  
- Cloudlösung für Fernwartung der beiden Kameras 🡪 RealVNC  
- Ground Truth -> Pyranometer auf dem Dach des Trackt IV 🡪 Bilder machen !  
- FTP Server auf dem NAS vorläufig wurden dort dir Bilder gesammelt  
- Pyranometer auf dem Trakt IV beschreiben.  
- MySQL Datenbank auf dem NAS Laufwerk

**Aufbau der Hardware**- Suchen und Finden eines geeigneten Gehäuses.  
- Evaluation passender Fischaugenlinsen (180°)  
- Evaluation von geeigneter Hardware -> Raspberry pi und ähnliche Boards  
- Evaluation von geeigneten Sensoren so z.B. MLX29 -> erwähnen das damit Wolken detektiert werden   
 können (**A method to measure total atmospheric long-wave down-welling radiation using a low cost infrared thermometer tilted to the vertical**)  
 siehe auch Protokol 2017 11.10 Wolken detektieren   
- Welche Sensoren sind eingebaut und warum  
- zwei identische Kameras im Einsatz -> man hätte z.B. versuchen können die Wolkenhöhe zu bestimmen

**Erste Probleme mit beschlagener Optik**- Heizung mittels Drahtwiederstand  
- Trocknungsmittel (Microsive) und Ventilation

**Kamera Software**- Problematik mit der Ansteuerung der Hardware **MMAL** -> Hardwarelayers konnten nicht alle   
 Funktionen kontrollieren und es bleibt offen was die SW tatsächlich gemacht hat. Siehe vor allem das   
 Protokoll vom**: 11.03 2017** dort wird auf die Problematik eingegangen. 🡪 adaptives System für Shutter Zeiten **-** HDR – Fotographie   
- 3 unterschiedliche Versionen 🡪 Gründe weshalb drei Versionen: Abstände zu gross  
- später mit automatischer Nachführung der Belichtungszeit Gründe 🡪 wegen Sättigung der Bilder  
 siehe hierzu auch **Protokoll 2018 09.28 Beschreibung der eigenen Implemetation**

**Bildverarbeitung (Software)**- bimodale Farbräume (HSV, YCbCR ! ) siehe **Protokoll 2018 02.02**- Wolkendetektion/Segmentation, Background subtraction siehe **Protokoll 2018 01.19** -> ground truth ?  
- Optischer Flow Farnback siehe **Protokol 2017 11.27** (dense und sparse) siehe auch 2017 12.01  
- Wolkendetektion und Vorhersage von Rampen  
- Postprocessing: siehe **Protokoll 2018 11.16** -> Processing benötigt 1.5Tg Rechenzeit

**Postprocessing**

-Wie die Bildserien zu HDR Bilder umgerechnet werden (Flussdiagramm)

**Auswertung der Daten**- Luminance Berechnung aus den Bildern resp. HDR, jpg,  
- Problem mit den Fehlenden Pyranometer Daten -> schwierig Bilder mit den Pyranometer Daten von der   
 Allmend in Bezug zu setzen, da sich die Form der Wolken schnell verändern kann.   
- Auszüge aus den Verläufen der Luminace Berechnung

**Validierung der Wolkendetektion**-zuverlässigkeit der Wolkendetektion validieren z.B mittels : <http://vintage.winklerbros.net/swimseg.html>

**Schlussfolgerung (en):**   
das eine Quantitative Aussage aufgrund der Bildqualität nicht möglich ist.   
Gründe könnten sein: Fisheye Objektiv ist von sehr geringer Qualität.  
Kunststoffhaube ist anfällig für Verschmutzung, Kratzer und deshalb für Reflexionen

**Wo lagen die Schwierigkeiten?**- Rechnen der HDR Bilder ist zu rechenintensiv (hätte in c programmiert werden sollen)  
- Witterung, beschlagen der Kamera Heizung brauch zu viel Strom

**Verbesserungsvorschläge:**- Optik, Kuppel,   
- Preprocessing der HDR Bilder muss bereits auf der Kamera stattfinden Algorithmen muss optimiert werden und wahrscheinlich in einer anderen Programmiersprache geschrieben werden z.B. C.  
- Siehe auch Soumyabrata Dev -> Building a Whole Sky camera

**Bemerkungen zum Inhalt des Mittleren Teils:**

Zwei Kameras waren von Dezember 2017 bis Dezember 2018 im Betrieb.  
Aufnahmen erfolgten von Morgens um 9:00 Uhr bis Nachmittags 16:00 Uhr.   
Wichtig ist das hier steht welche Erfahrungen ich gemacht habe. – Wie ich was gemacht habe

Cloud-base height estimation, gutes diagramm : C:\Users\tahorvat\Documents\MSE\MSE\_Thesis\Theorie\detecting cloudmotion for intra-hour solar forecasting\in more depth Seite 5 unten

Auswertung der Daten: Zeigt, dass die Pyranometerdaten unter oder überschätzt werden aber der Fehler nicht konstant ist. Der Grund liegt im diffusen Anteil, der je nach Wolkenbild mal mehr mal weniger reflektiert wird. -> Die Kamera nimmt halt eben die Helligkeitsänderungen auf, im Gegensatz zum Pyranometer das zwar indirekt die Sonnenstrahlung [] aber eben nicht die Helligkeit(sänderungen) [luminance] misst. Änderung deshalb weil gerade der diffuse Anteil so schwer fassbar in die Messung mit der Kamera eingeht.

[Candela, Lumen, Illuminance, Luminance <https://www.azooptics.com/Article.aspx?ArticleID=154>]

Es wäre wahrscheinlich mit zwei Shutterzeiten gegangen mit zwei sehr tiefen Exposures. In meinem Fall waren die Shutterzeiten nicht genug tief und dann im Fall mit der autoexposure hätten sie eigentlich genug tief sein sollen ???

Ich wollte die direkte Strahlung messen (DNI). Dazu hätte die Sonnen ausgeblendet werden sollen (siehe Lopez mit dem Schattenball) doch weil die shutterzeiten nicht tief genug sind sind im Bereich der Sonne zuviele Pixel gesättigt, weshalb nicht klar ist welche (gesättigten)pixel der Sonne zu zu ordnen sind. Wüsste man wie gross die Sonne ist, dann könnte man diesen Teil null setzen und hätte dann den Diffusen Anteil (der Rest). 🡪 Auswertung der Bilder: Verhältnis von direkt zu diffus. Der diffuse Anteil kann an sonnigen Tagen weit über den direkten Anteil ansteigen. (Man darf aber nicht vergessen dass nur der horizontale Anteil gemessen wird. Wie gross dieser in absoluten Werten ist, ist offen)

**Schlussfolgerungen**

Was misst die Kamera und was misst das Pyranometer? Diskutierten wir im Zusammenhang mit der Sättigung der Bilder (Dynamikbereich) – Welchen Dynamikbereich braucht eine Kamera? – Welchen Dynamikbereich hat das menschliche Auge?

Die eigentliche Schlussfolgerung ist, dass eine Low-coast Kamera nicht unbedingt für diese Art der Messung (Solare Strahlung) geeignet ist. Aber jedoch recht gut einsetzbar für eine einfache Vorhersage der Wolkenbewegung. Das wäre ja eigentlich auch schon recht hilfreich wenn man wüsste wann die nächste Wolke über die Solaranlage hinwegziehen respektive weil lange es dauert bis das nächste Ramp-event ansteht.