# Grobe Gliederung

**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.

# Bemerkungen – Was noch Fehlt

* Drakframe substraction habe ein Programm geschrieben. Habe Bilder gemacht. -> Versuchsaufbau beschreiben mit Schema und die Resultate Präsentieren.
* Kamera Kalibrierung: Fischauge-> Wietwinkel einflüsse und Fehler sieh Kapitel 3 !!

Welchen einfluss hat das Fischaugenobjektiv? -> Vorallem die Verzerrungen. Wie geht man diesen um? -> intrinische und extrinsiche Kamera kalibrierung pycamera variante die zu ungenau. Die Sccaramuza Variante die sowohl die intrinischen wie auch die extrinischen paramter leifert.

* Im Teil Postprocessing ein Diagramm das die einzelnen Arbeitschritte aufzeigt, ähnlich in der Arbeit von Thomas Schmidt:  
  

# Weitere mögliche Kapitel

## Dreidimensionale Effekte in der Kurzeit Vorhersage

*Jan Kleissel Solar Energy Forecasting S70 Kap 3.7.1 Three-Dimesional Effekts in short-Term Forecasting*

## Auflösung

Diverse Arbeiten: All Sky Kam Astro MANGO Report

Jan\_Kleissel S200 Image Sensors (Reader S 195)

### Für die Auswahl der Optik bestimmende Faktoren

### Bildwinkel

*Diverse Arbeiten: All Sky Kam Astro MANGO Report S27*

In the fields of imaging and photography, angle of view describes the angular extent of a given scene that is imaged by a camera. The wider the angle, more angle of the scene is captured and the opposite the holds true. The angle of view of a lens is a function of the focal length of the lens and is inversely proportional to its tangent in normal lenses. Thus, longer the focal length, narrower will be the angle of view. This can be seen in Figure 2.9.



To this point, it might seem that lenses with wider-angle views are better since they capture more information. While this is true, there are consequences of using wide-angle lenses. Wide-angle lenses are prone to optical distortion.

### Optische Verzerrung

*Diverse Arbeiten: All Sky Kam Astro MANGO Report S27*

In the field of Optics, distortion is an optical aberration where straight lines in a scene do not appear as straight lines in the image. Majority of camera lenses produce images in line with the law of central perspective. This means that relative to the observer, all the converging lines lead towards a single vanishing point at the center of the image. This kind of projection of three-dimensional space onto a two-dimensional image surface is called rectilinear projection or gnomonic projection. The reason this rule is not obeyed, especially in wide-angle optics, is that the image scale is not constant throughout the entire image field. This means that the focal length of a lens showing distortion changes with the distance of an image point from the optical axis [21]. The effect of distortion when using wide-angle optics can be seen in Figure 2.10.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Bildwinkel>

### Die Verwendung eines Fischaugenobjektivs

*Diverse Arbeiten: All Sky Kam Astro MANGO Report S28*

As solid-state (CCD) imagers improved with technology, new systems have started employing wide-angle optics which can view emissions over large geographic areas. Fisheye lenses are ultra-wide-angle lenses that achieve extremely wide angles of view by losing the straight lines of perspective as seen in rectilinear

images. Figure 2.11 shows a picture take using a fisheye lens. It is worth noting how the image is different from the conventional rectangular image taken from a rectilinear lens, which appears more natural to a human observer. Due to the optical distortion because of fisheye lenses and the effect of undesirable characteristics of all-sky images, post-processing of these images is required. The need for this and the generally applied techniques are discussed in more detail in the following section.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Weitwinkelobjektiv>

## Bildverarbeitung

### Eigenschaften einer Weitwinkelaufnahme

*Diverse Arbeiten: All Sky Kam Astro MANGO Report S29*

Cameras used for all-sky imaging record rasterized images with a finite number of pixels (picture elements). This means that an image acquired using these cameras have a finite number of dots defined in the horizontal as well as the vertical axis. Since the images are stored as files with pixelwise information, no information about the geographical coordinates is present in the image.

Furthermore, since the images are taken using a fisheye lens, they are not rectilinear. The aforementioned characteristics of the images are a consequence of the imaging technique employed. Apart from these, other effects may be noticeable because of the content of the actual scene. Other systematic errors may also exist in the image which would then need correction. For instance, CCDs are prone to having read-out noise especially when they have faint background levels, which is the noise associated with reading each on-chip amplifier [25]. Figure 2.12 shows how a preprocessed image may appear.

### CCD

*Booklet: Photovoltaic and solar Forecasting: state oft the Art; Reports IEA PVPS T14-01:2013 S13*

At the University of California San Diego, sky imagers (USIs) have recently been specifically developed for solar forecasting applications and feature high resolution, high dynamic range, high stability imaging chips that enable cloud shadow mapping and solar forecasting at unprecedented spatial detail (Figure 3a).

# Kamera Kalibrierung

Siehe Protokoll: „MSE\_Thesis\_ProSekKa\_Horvath\_Protokoll\_20171006“:   
Grundsätzlich müssen zwei Arten von Kalibrierungen durchgeführt werden. Einerseits müssen die durch die Optik verursachten Verzerrungen, die vor allem durch das Weitwinkel-Objektiv hervorgerufen werden, ‘korrigiert‘ werden. Anderseits gilt es die Farbtemperatur (Weissabgleich) entsprechend der Anwendung, den Lichtverhältnissen anzupassen.

Dies kann die Kamera entweder automatisch übernehmen oder muss von Hand eingestellt werden.

Siehe Protokoll: „MSE\_Thesis\_ProSekKa\_Horvath\_Protokoll\_20171013“

Der Student hat ein Python-Skript mit Einbindung der OpenCV Bibliothek geschrieben, die es erlaubt mittels Aufnahmen eines Schachbrettmusters die Kamera zu kalibrieren. Es handelt sich hierbei um eine räumliche Kalibration, bei der die durch das Weitwinkelobjektiv aufgenommenen Bilder entzerrt werden.

Das Verfahren liefert recht gute Resultate. Abzuklären bleibt, wie präzise die entzerrten Bilder tatsächlich sind, da ja aus diesen, weitere Parameter herausgelesen werden sollen, wie zum Beispiel die genaue Position der Sonne.

Der Student bemerkt, dass es eine Toolbox für Matlab zur Kalibrierung von Kameras gibt (von D.Scaramuzza), welche häufig in wiss. Arbeiten zitiert wird und gute bis sehr gute Resultate liefert. Die Software ist jedoch nicht trivial und zudem aufwändig in der Handhabung.

Limiten inder ground-based sky imaging (allenfalls als Einleitung verwenden) -> Thomas Haase S 44 Kap 4.5.4 Limitations in ground-based sky imaging  
- Verzerrungen nehmen gegen die Bildränder zu  
- Auflösung nimmt gegen die Bildränder hin ab  
- kann die Wolkenbasishöhe nicht genau bestimmt werden kommt es häufig zur Falschberechnung der tatsächlichen Wolkenposition, was wiederum zu einer fehlerhaften Projektion des Wolkenschattens führt.

Je weiter man sich von der Bildmitte entfernt desto grösser die Abbildungsfehler und desto stärker tritt der systematische Fehler in den Vordergrund.

Seite 47

Figure 4.11 illustrates some of these effects based on the geometrical camera calibration of the Vivotek FE8172V camera used in Oldenburg. It shows the lens function or projection model (top left), the area covered by the sky image depending on different

cloud heights (top right), the image resolution computed from the pixel-by-pixel distance for different cloud heights (bottom left) and the shadow mislocation for different sun zenith angles if a wrong cloud height is used (bottom right). The figure points out the

strong limitation of pixels at the image border. As clouds distance and therefore the covered area is scaled with tangens function, clouds distance increases and resolution decreases fast for large viewing angles. Therefore, calculation of the image resolution

can be used to determine, which field of view (FOV) one wants to use to suppress this effect. For example, for an incidence angle of about 80°, which corresponds to about 0.8 normalized pixel distance to the image center (1.0 is equal to the image radius uo

the horizon), the image resolution for clouds of 500m height is still below 20m per pixel, while for clouds above 2000 m, resolution is strongly decreasing from 60m per pixel to more than 140m for clouds in 5000m height. To obtain a high consistency in image resolution when projecting pixels to real world, one can consider discarding.  
outer parts above 60° incidence angle. On the other hand, in this case a large part of the overall forecast horizon will be removed and clouds entering the field of view can be detected much later. This leads to the question if fisheye lenses with 180° FOV are

the best choice for sky imaging? Alternatives like cameras with multiple sensors and images with lower opening angles stitched together or multiple cameras at different locations also merging its images could lead to improved results. Figure 4.11d shows

the effect of a wrong cloud base height (here: 50 m) on the shadow projection. The results are valid for pixels in line with the sun’s azimuth angle. The graph highlights, that a small CBH error is amplified by the projection to more than 300m for clouds

with a CBH=1000m at the border of the image. If we are interested in spatial and temporal resolutions of meters and seconds, this is already quite a large number.

# Änderungsvorschläge

In State oft he art auch fertige Produkte erwähnen!

Kapitel 6: vielleicht eine Kurze Übersicht solarer Vorhersage Methoden (kurz halten)

Kapitel 7 : Es gibt keine Anforderungen, die hätten zu Beginn formuliert werden müssen und dann explizit in Form von Zahlen. Deshalb soll das Kapitel 7 neu als Teil von Kapitel 5 integriert werden und dort als unter Kapitel „Eigenschaften“ geführt werden. Keine Evaluation, stattdessen beschreiben weshalb ein Raspberry Pi für die Aufgabe geeignet ist.

Das Kapitel Kamerakalibrierung ist deplatziert, es sollte irgendwo als Unter Kapitel geführt werden.

Kapitel 9 : Die Subkapitel wie Hardware und Software in eignen Kapitel packen🡪 noch besser aufbrechen und in eigenes Kapitel verpacken -> besser verkaufen.

Wichtig: all die Arbeiten des 2ten Semesters fehlen noch also die Auswertung der Aufnahmen, das bestimmen des Normalen Anteils (DNI) -> Clear Sky Kurven

Verbesserungsvorschläge sollten irgendwo untergebracht werden.  
Die Arbeit sollte mit den beiden Kapitel Schlussfolgerungen und Aussicht enden.

Evaluation der Hardware: Nicht so wie ursprünglich angedacht. Eher sodass man zeigt das das Raspberry pi für diese Aufgabe eine sinnvolle Wahl ist, da es bestens geeignet ist für das Rapid Prototyping. Zudem erhält man bereits unzählige thrid party software. Alternative wäre eine dedizierte Hardware die aber unbezahlbar wäre. -> Kurz beschreiben welche Hardware auf dem Raspberry Pi verbaut ist: ARM 7 Quadcore ! und GPU, weshalb sollte das nicht reichen ?

Risikoanalyse nicht notwendig, wenn dann als Anhang einfügen oder in Ordner auf DVD.

Klaus hat noch gefragt wo ich gedenke auf die Arbeiten der Anderen einzugehen? -> Wohin komme die Arbeiten von Soumbrata und Thomas Schmidt ? -> Voraussichtlich in das Kapitel 5 Sky Camera – Stand der Technik.

Auswertung/Schlussfolgerungen:  
Quintessenz das es nicht möglich ist, zumindest in diesem Setting, das DNI aus den Bildern zu bestimmen, da einerseits nicht klar ist wie gross die Sonnenscheibe tatsächlich ist aber auch nicht eindeutig bestimmt werden kann, was der Diffuse Anteil ist. Der Dynamikbereich genügte nicht!

Klaus wollte an einem Beispiel noch sehen wie aus der Belichtungsreihe ein HDR Bild entsteht.

**Nochmals prüfen welche Software erwähnenswert ist und dann auch erwähnen, sie wollen vor allem meine Arbeit sehen !!**

HDR Erzeugung: Möglichkeiten aufzeigen wie der Code effizienter gestallten werden kann, sodass alles schlussendlich auf einem Raspberry Pi laufen könnte.

**Alle Rapporte einfliessen lassen!**

# To do:

Alle zusätzlichen Daten /Unterlagen zugänglich machen**:  
- Das Arbeitsjournal aus den Evernotes kopieren  
- Informationen zu NAS PhP-MyAdmin Raspberry pi cameras auflisten  
- Kurze How to’s als Dokument  
- Recherche in Excel File ablegen  
- Eine Linkliste aus den Evernotes zusammenstellen**