

# Der Spektroheliograph

1

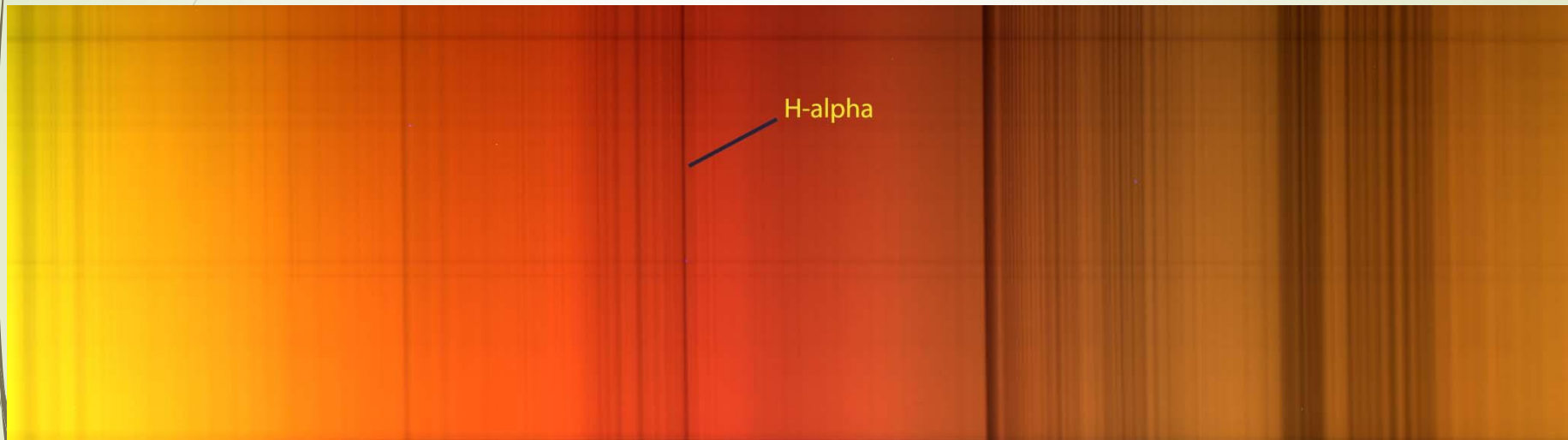
Ein spezieller Spektrograph für die Sonne

Die Alternative zu den Etalon-Filtern

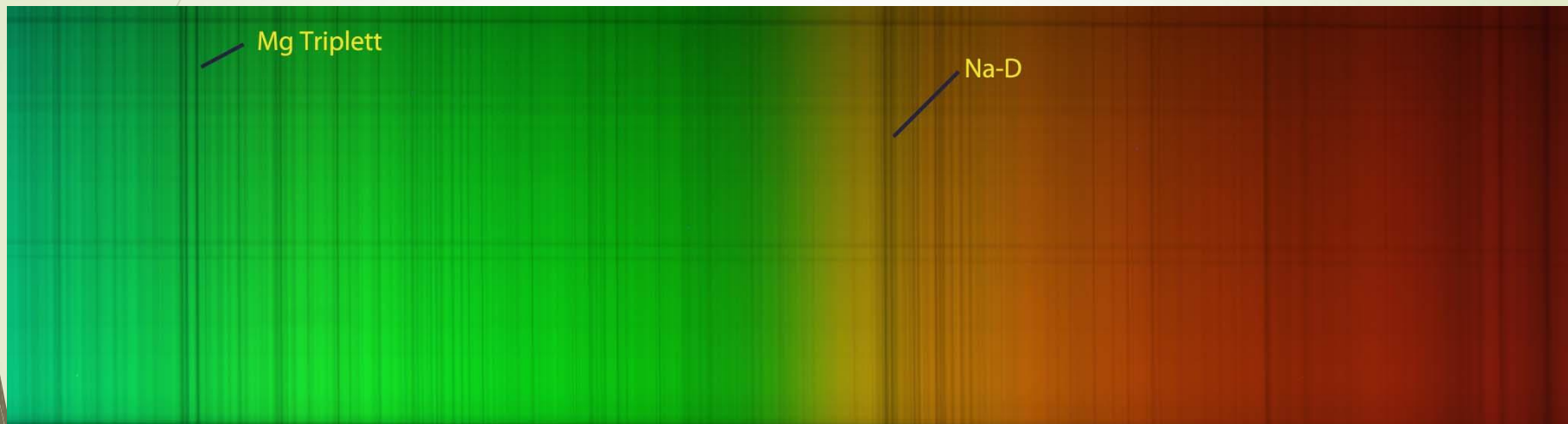
# Eigenschaften

- Mit dem Spektroheliographen nimmt man die Sonne in einer Spektrallinie, z.B. H-alpha auf.
- Die Sonne wird vor dem Spektrographenspalt vorbeigeschoben.
- Das Bild muss rekonstruiert werden.
- Man hat kein Livebild!!
- Beobachtung in vielen Wellenlängen möglich
- Hoher Kontrast da kleine HWB  $< 0,5 \text{ \AA}$ , besser als Etalons
- Geringe Kosten  $< 800 \text{ €}$ , ohne Kamera

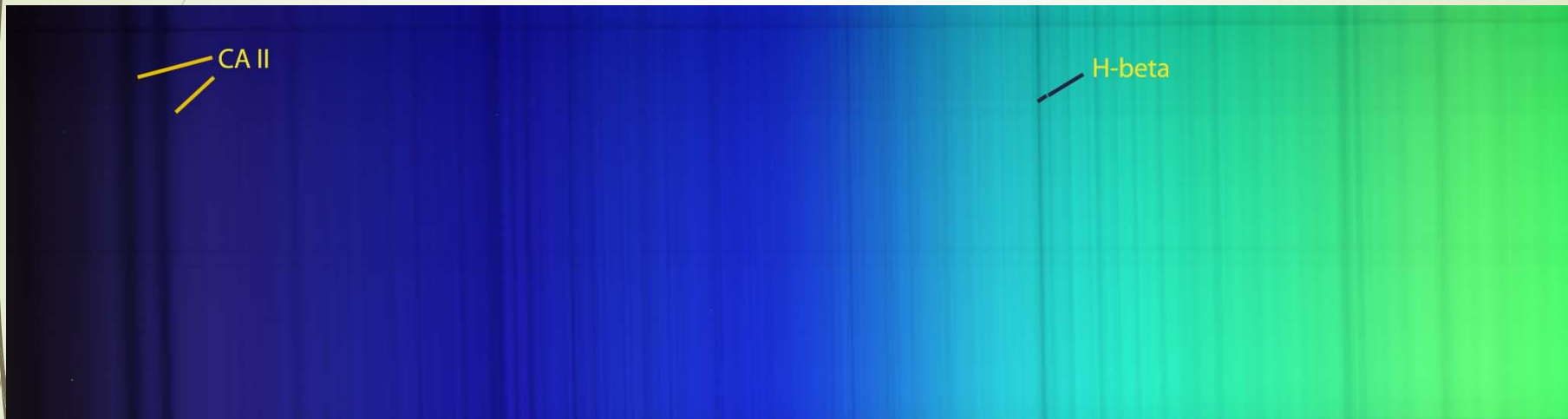
## Sonnenspektrum



## Sonnenspektrum

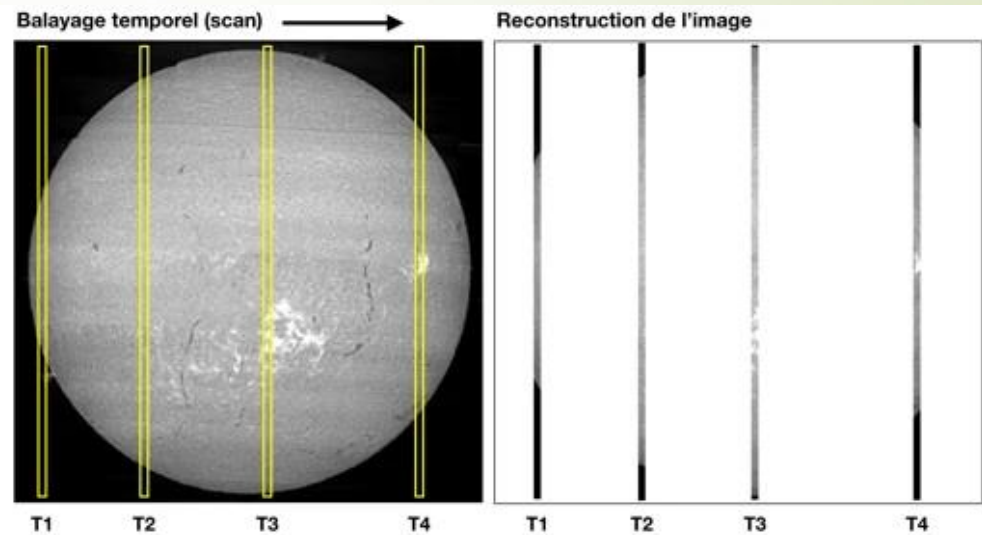


## Sonnenspektrum



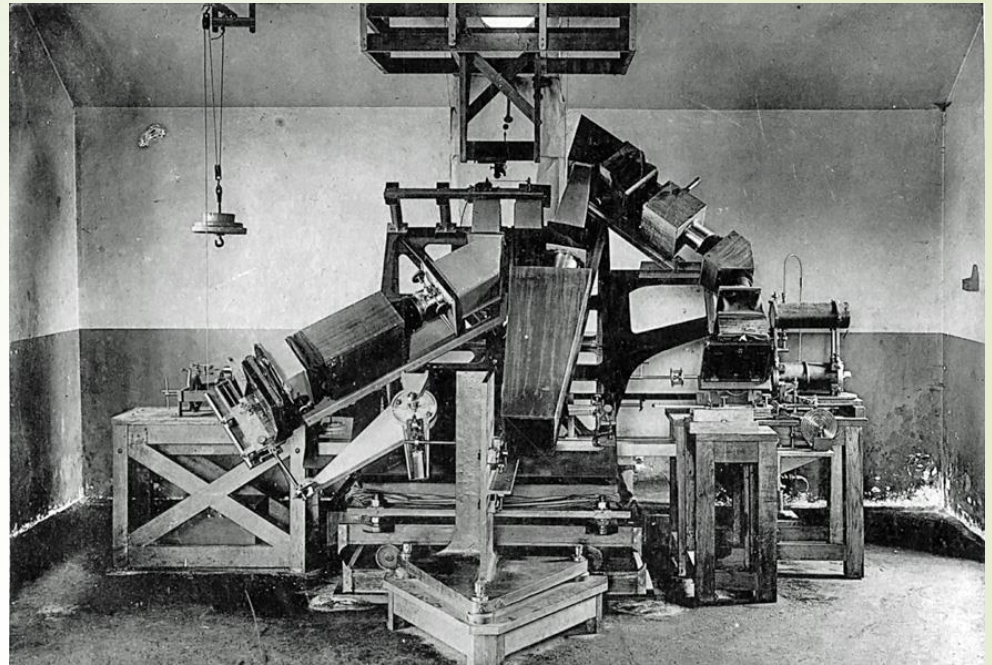
## Spektroheliograph Sol'Ex

- Kurz gesagt, die Beobachtungsmethode besteht darin, den Eingangsspalt des Spektrographen in Rektaszension abzutasten. Die lange Achse des Spaltes steht senkrecht zu dieser Bewegung. Gleichzeitig werden die Spektralbilder mit hoher Geschwindigkeit aufgenommen. Im Nachhinein wird die Bildsequenz von einem Computer verarbeitet, um das Bild der Sonne Zeile für Zeile anhand eines bestimmten Bereichs des Spektrums (z. B. einer Spektrallinie) aufzubauen. In der Regel werden während der Zeit, in der die Sonne vor dem Spalt vorbeizieht, 2.000 bis 5.000 Bilder des Spektrums aufgenommen.





## Der erste Spektroheliograph, ca. 1900



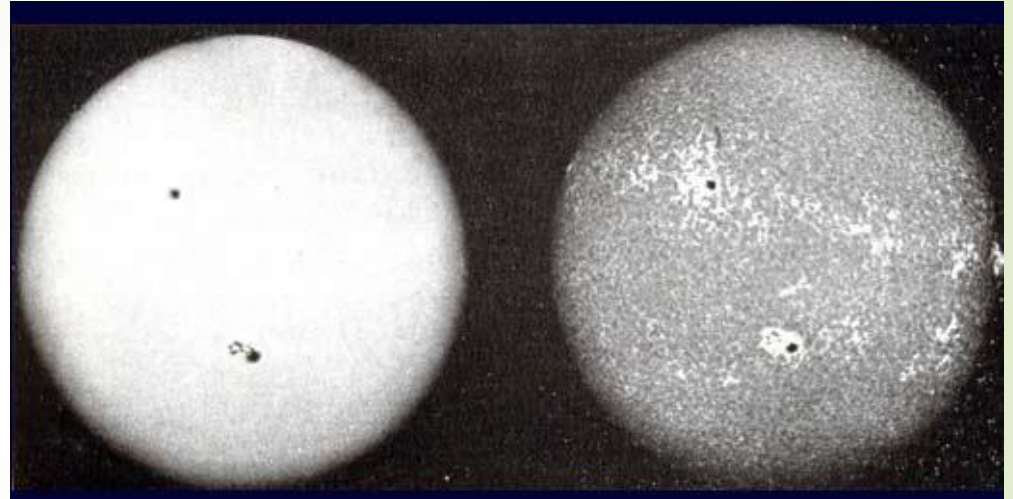
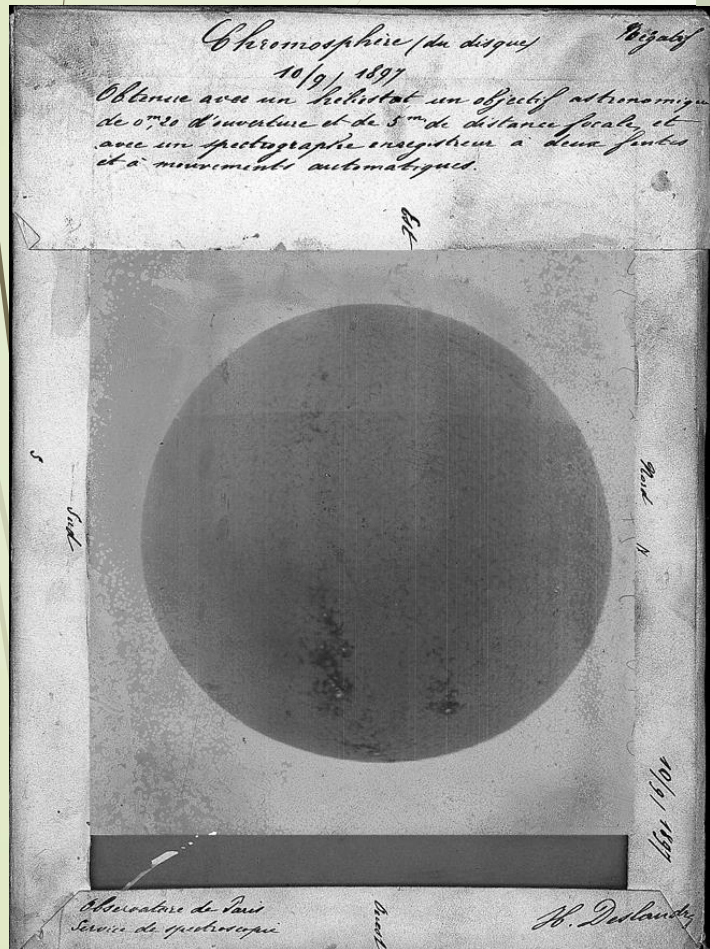
Henri Deslandres' Spectroheliograph at Meudon, in 1906

Seit seiner Konstruktion durch Henri Deslandres im Jahr 1892 zeichnet der Meudon-Spektroheliograph (oben) die Filamente und Protuberanzen der Sonnenschromosphäre auf. Ein Coelostat mit zwei Spiegeln sendet das Licht der Sonne auf ein Objektiv, das in einer Öffnung in der Südwand des Gebäudes angebracht ist. Dieses 250-mm-Objektiv fokussiert ein Bild auf den Eingangsspalt des Spektroheliographen. Eine Verschiebung der Objektivlinse bewirkt, dass das Sonnenbild vor dem Eingangsspalt vorbeizieht. Im Gleichschritt mit dieser Bewegung gleitet eine fotografische Platte hinter einen an der Spektrallinie angebrachten Spalt.

Unabhängig davon erfand der Physiker George Ellery Hale 1890 ein Instrument, den so genannten Spektroheliographen (links), mit dem Fotos der Sonne bei einer einzigen Lichtwellenlänge gemacht werden konnten. Mit Hilfe des Spektroheliographen konnten Sonnenprotuberanzen zum ersten Mal fotografiert werden, ohne dass eine totale Sonnenfinsternis erforderlich war.

## The Spectroheliograph and the Spectrohelioscope

By Pedro Ré



A spectroheliograph taken at Mount Wilson Observatory on July 30, 1906.  
 Left: Full-spectrum image in 'white light' showing two sunspots.  
 Right: Image obtained in 'calcium light'.

Photographic plate showing the solar chromosphere (Calcium?) on 10/9/1897. Taken by Henri Deslandres at the Observatoire de Paris.





# Sol'Ex

Der Selbstbau eines SHGs nach Christian Buil

# Projekt Sol'Ex von Christian Buil

- Webseite von Christian Buil das Projekt [Sol'Ex](#)
- Astronomie.de [Diskussionsforum](#)
- Videos [Sol'Ex](#)
- Wie funktioniert der SHG: [Video-Animation](#)

## Sonne und Spektroheliograph (SHG) im Internet

- Solar Chat [Forum](#)
- Solar Chat Forum [SHG](#)
- Aktuelle Sonne [Kanzelhöhe](#)
- Aktuelle Sonne [Frankreich](#)
- Forum Frankreich [Sonne](#)

## Spektroheliograph Sol'Ex

- Der Spektroheliograph Sol'Ex zerlegt in erster Linie das Sonnenlicht in seine einzelnen Wellenlängen.
- Der Instrumenteneingang besteht aus einem schmalen, 10 Mikrometer breiten und 4,5 mm hohen Eintrittsspalt, der sich im Brennpunkt des Teleskops befindet.
- Danach folgt ein achromatisches Dublett mit 80 mm Brennweite, das speziell für Sol'Ex optimiert wurde. Diese Linsen sorgen dafür, dass die aus einem Spalt austretenden Lichtstrahlen parallel zueinander verlaufen und dann auf ein holografisches Beugungsgitter mit 2.400 Linien/mm treffen, das für die spektrale Streuung des Lichts sorgt.
- Ein Objektiv mit einer Brennweite von 125 mm, das ebenfalls speziell für Sol'Ex hergestellt wurde, bündelt schließlich alle Strahlen in der Detektorebene.
- Die optimale Brennweite des Objektivs beträgt, um die Sonne komplett abzubilden, abhängig von der Pixelgröße der Aufnahmekamera ungefähr 420 mm.

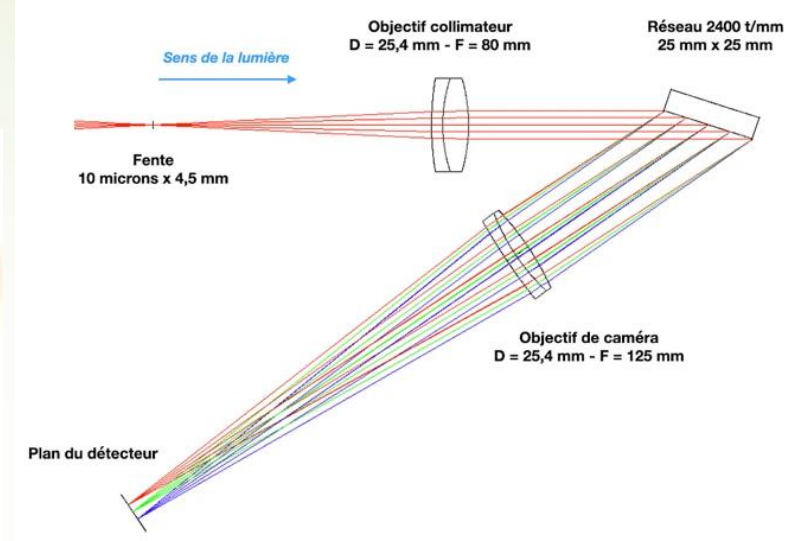
## Christian Buil's "Solex" design, 2020

First reference to Solex, Dec 2020

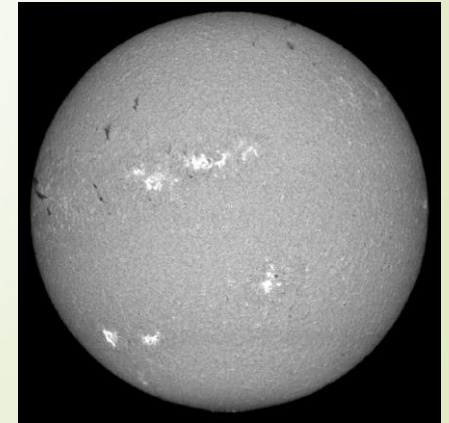
[Sol'EX: a solar instrument at a low price](#)

Official Solex website

[Sol'EX construction](#)



Sol'Ex is a compact astronomical instrument, weighting less than 500g. It installs easily on a refracting telescope, and takes spectacular images of the Sun surface. Sol'Ex manufacturing is based on 3D printing using PETG.





# 3D-Druck eines Spektroheliographen



## Kosten Drucker und Material D3-Drucker Creality Ender3 S1 (2022)



- Drucker 2022 440€
- Drucker 2024 209€
- Druckmaterial PETG 1kg 20-25€ reicht für 2 SHGs
- Schrauben und Gewindemuffen ca. 40€
- Fokussierer ca. 100€
- Optiksat 490€
- Fertige Druckteile mit Schrauben von Azur3DPrint
- ca. 150€



## Sol'Ex → Star'Ex

- Der SHG kann zum Sternspektrographen ausgebaut werden.
- Dazu benötigt ein Guiding-Modul, sowie Optik und Spiegel.
- Zweiter Fokussierer ca. 100.-€
- Dann erhält man einen hochauflösenden Spektrographen für unter 1000.- €
- Ein kommerzieller Spektrograph kostet 5000.-€



# Startschwierigkeiten

- Anfangsfehler
- Druckteil löste sich von der Druckplatte
- Autolevelling stürzte ab -> manuell ausgerichtet, dann Autoleveling
- Drucktemperatur nicht richtig eingestellt
- Druckdateien (.stl) in den Slicer geladen
- Drucktemperatur 235° Bedtemperatur 93°
- Bei Gewinde – Schichtdicke 0,1mm

## Gedruckte Teile, Schrauben und Optik





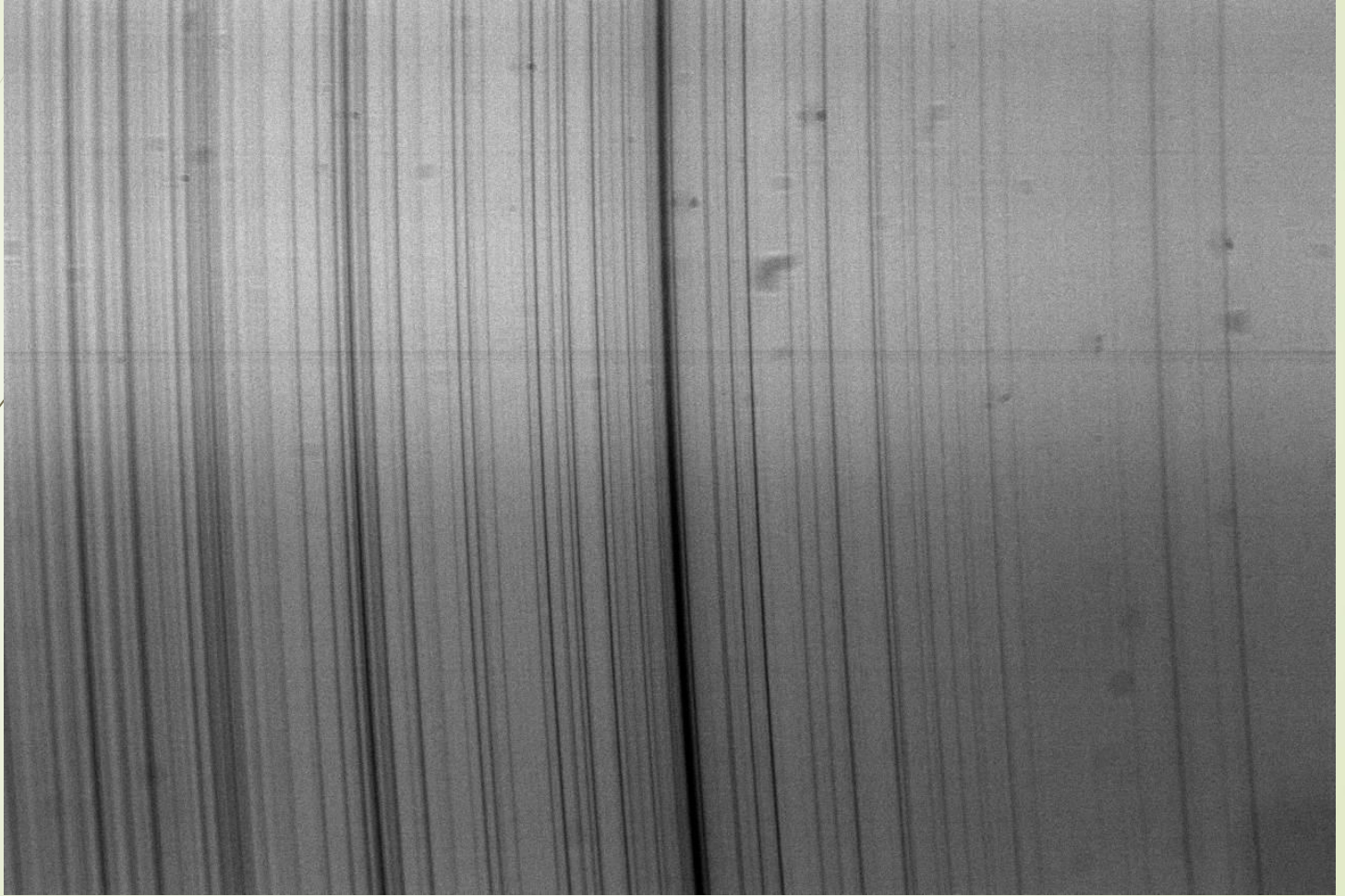




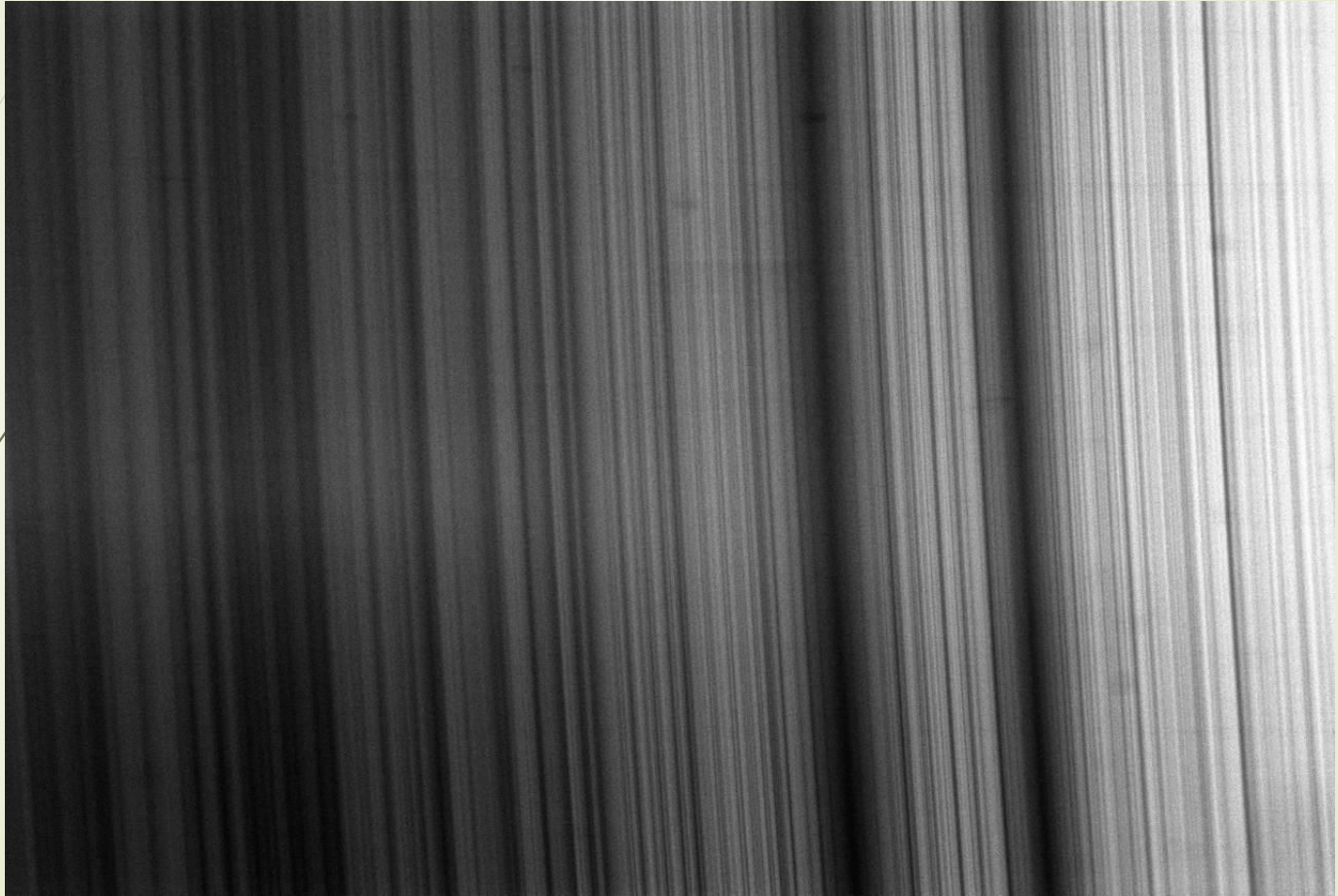
- TS ED60 Refraktor  $f=330\text{mm}$
- Graufilter 67mm ND8 vor dem Objektiv
- ASI178MM Monochrom Kamera
- Motorfokus ZWO EAF
- Aufnahme mit Firecapture



# H-alpha Linie



# Call-Linien





# Auswertungsprogramme

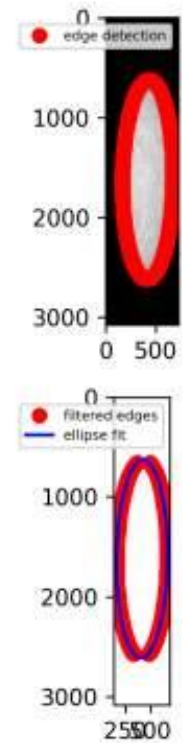
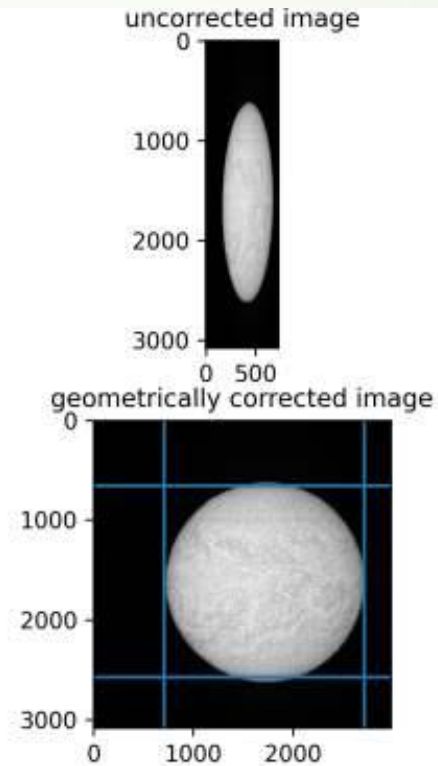
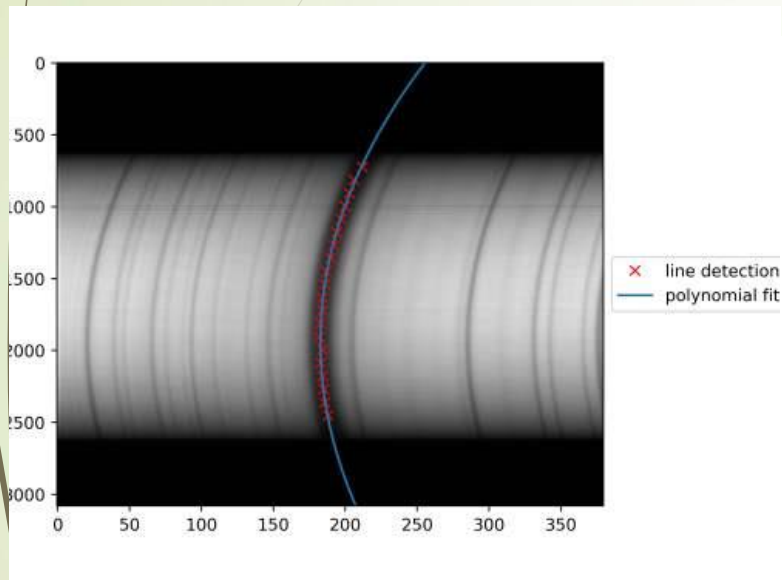
- SHG [Programm](#) (SHG-MAIN.Version.zip) von „LondonSmith“
- Inti [Programm](#) von Valerie Desnoux
- Der SHG und die Auswertung mit „Inti“ ist in einem [Video](#) der RCE 2022 conference, Paris beschrieben in französisch mit engl. Untertiteln (nur zum Verständnis wer will)
- Beide sind in Python geschrieben



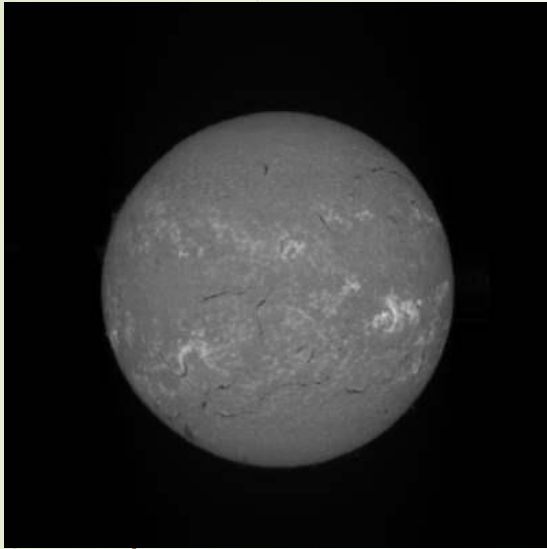
# Auswertung mit „SHG“

- Das Bild besteht aus „Zeilenscans“ die aneinander gehängt werden. Das Ergebnis ist eine Ellipse die zum Kreis geformt wird.
- Vorher wird die Form der Spektrallinie, die gekrümmt ist, ermittelt.
- Das so rekonstruierte Bild kann nur im Histogramm geändert werden, Helligkeit und Kontrast.
- Endergebnis in der Datei „\_....clahe = Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization
- Eine Schärfung mit Registax ist nur bedingt möglich.
- Besser eine Bilderserie stacken und mit Registax schärfen.
- Dazu gibt es noch kontrastverstärktes Bild und das Protuberanzenbild

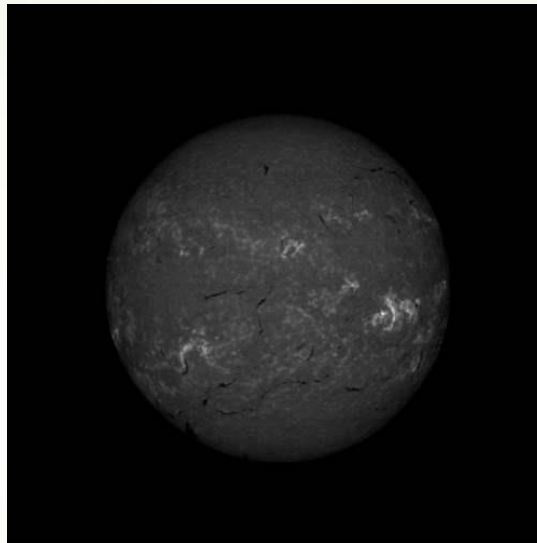
# Anpassungsergebnisse



# Bilder



clahe

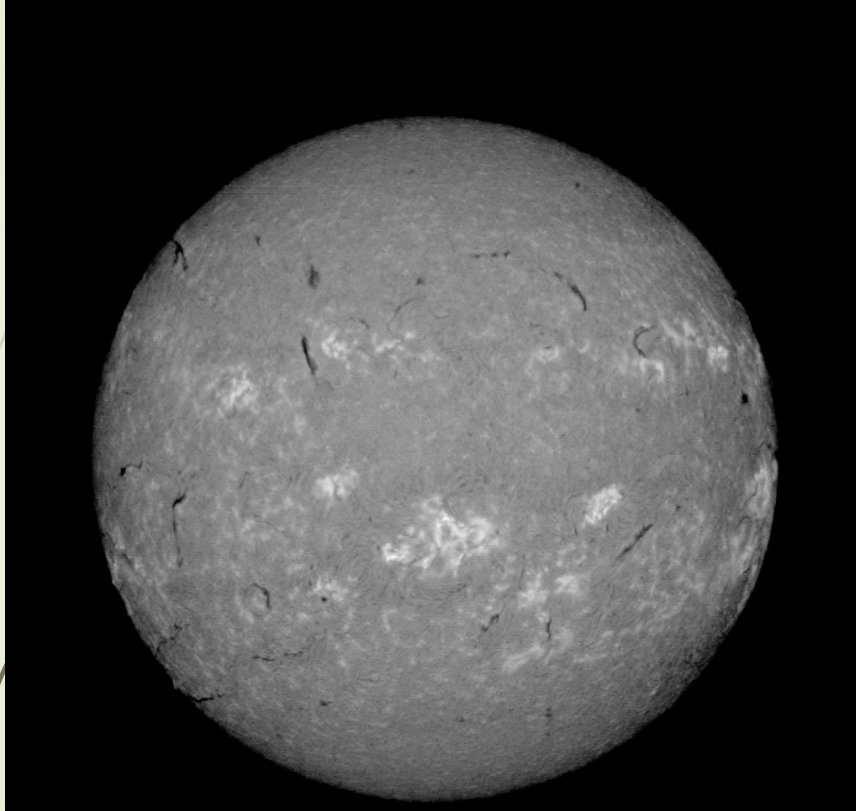


kontrastverstärkt

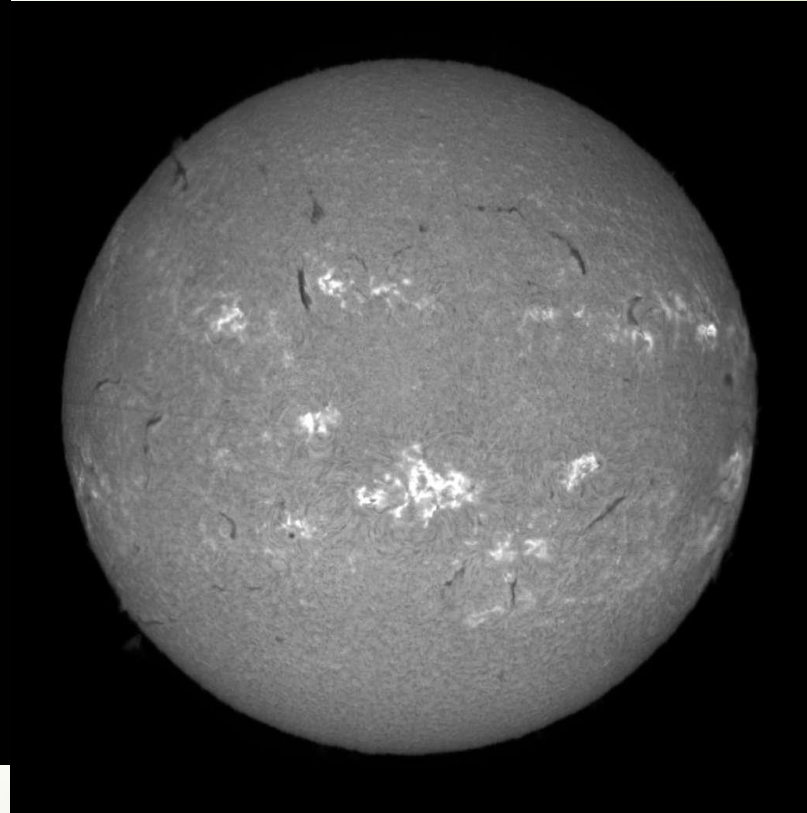


protus

# First Light Vergleich mit Meudon

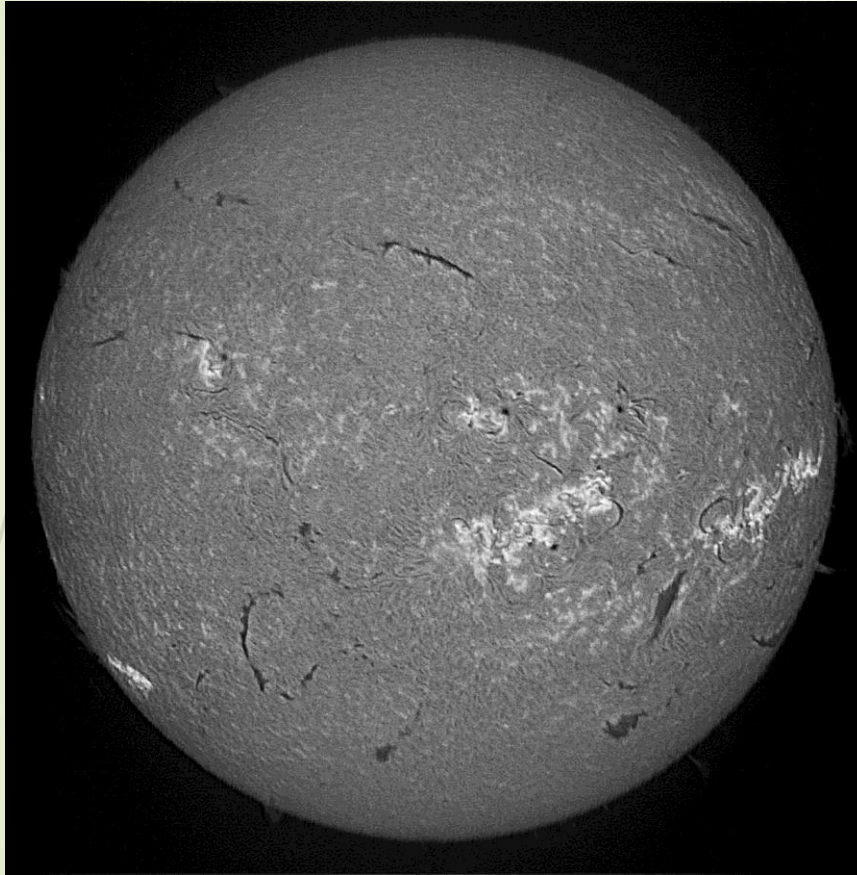


Solex-ED60-ND8

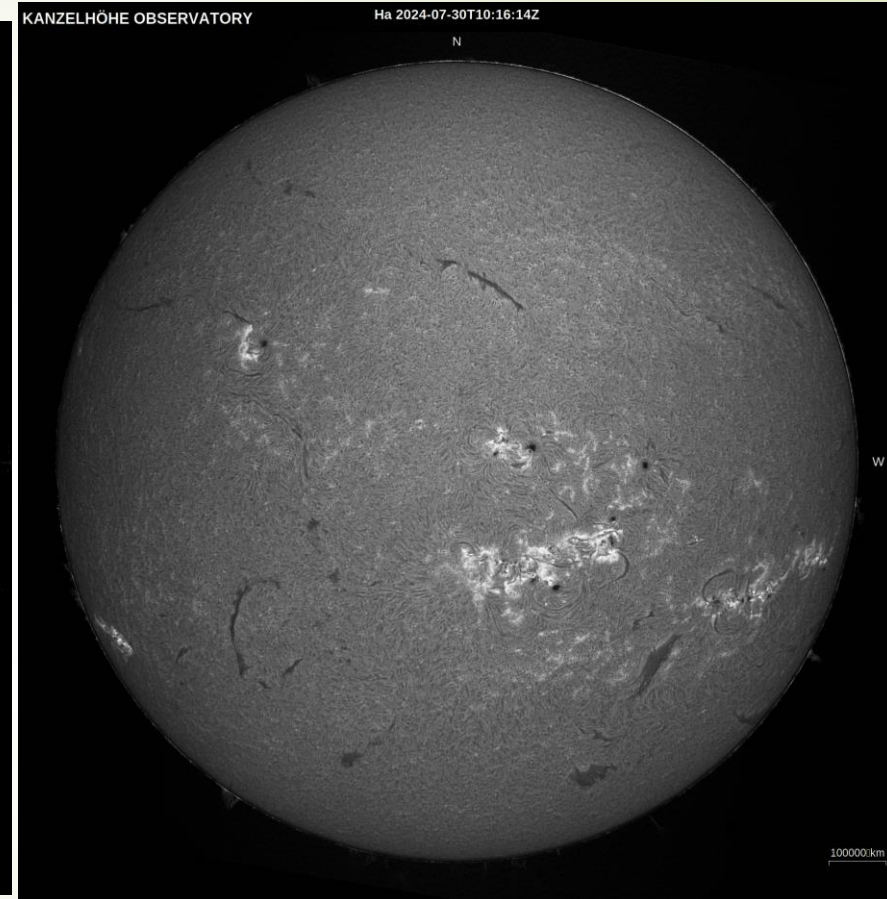


Observatorium Meudon

# First Light Vergleich mit Kanzelhöhe



Solex-ED60-ND8  
8 Bilder gestackt und mit  
Registax geschärft



Observatorium Kanzelhöhe  
Kontrast erhöht