

SAG Fachgruppe
Astronomie - Geschichte

Präsentation
Richard Walker



Auf den Spuren von Angelo Secchi und Max Waldmeier



1818 – 1878
Direktor der Vatikan Sternwarte



1912 – 2000
Professor für Astrophysik an der ETHZ

Angelo Secchi – Einige Stationen seines Lebenslaufs

- Geboren 1818 in Reggio Emilia
- Besuch des Jesuitenkollegiums
- 1833 im Alter von 15 Jahren als Novize im Collegio Romano
Kurse in Physik und Mathematik
- Zusammenarbeit mit Astronomieprofessor Francesco de Vita an der Gregorianischen Universität
- 1848 Papst Pius IX und viele Jesuiten flüchten aus Rom während der Revolution der "Römischen Republik" (Episode des Risorgimento)
- Secchi zieht als Assistent an die Georgetown University, Washington
- Er kommt dort auch mit der Meteorologie in Kontakt
→ Verbreiterung seines Interessengebietes
- Ende 1849 Rückkehr nach Rom als Direktor des Collegio Romano
- Planung und Bau des neuen Observatoriums



Turm der Winde – Ursprung der Vatikansternwarte

- Initiiert 1578 durch Papst Gregor VIII, zwecks Forschungen zur bevorstehenden Kalenderreform (1582)
- Betrieb durchgehend immer durch Jesuiten
- Heute baulich integriert durch Seitenflügel in die päpstliche Bibliothek
- Bei Amtsantritt von Secchi zu klein und in desolatem Zustand



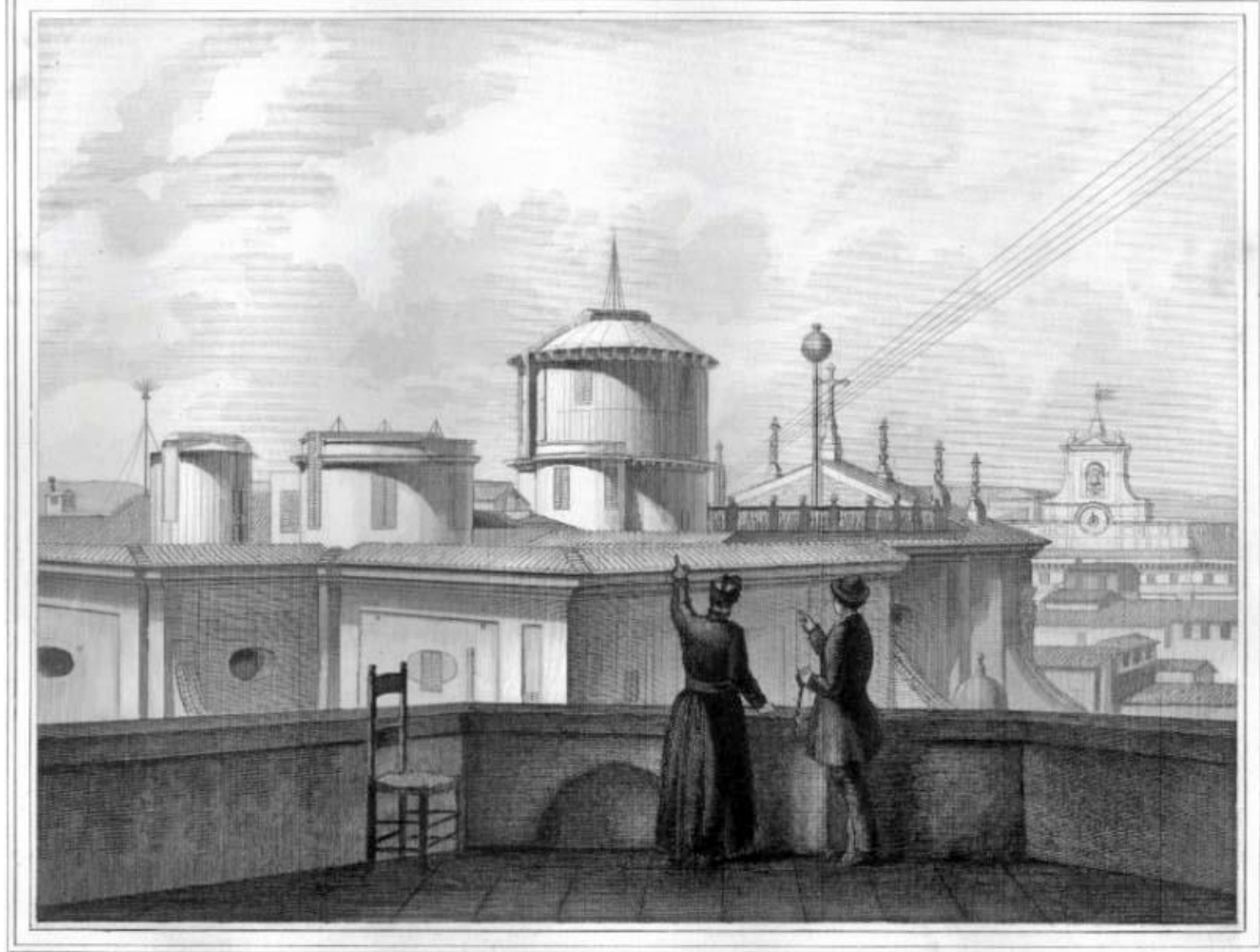
Secchis Observatorium

Jesuitenkolleg Osservatorio del
Collegio Romano

Neubau auf dem Dach der Kirche St.
Ignatius von Loyola

Forschungsschwerpunkte:

- Astronomie
- Erdmagnetfeld
- Meteorologie

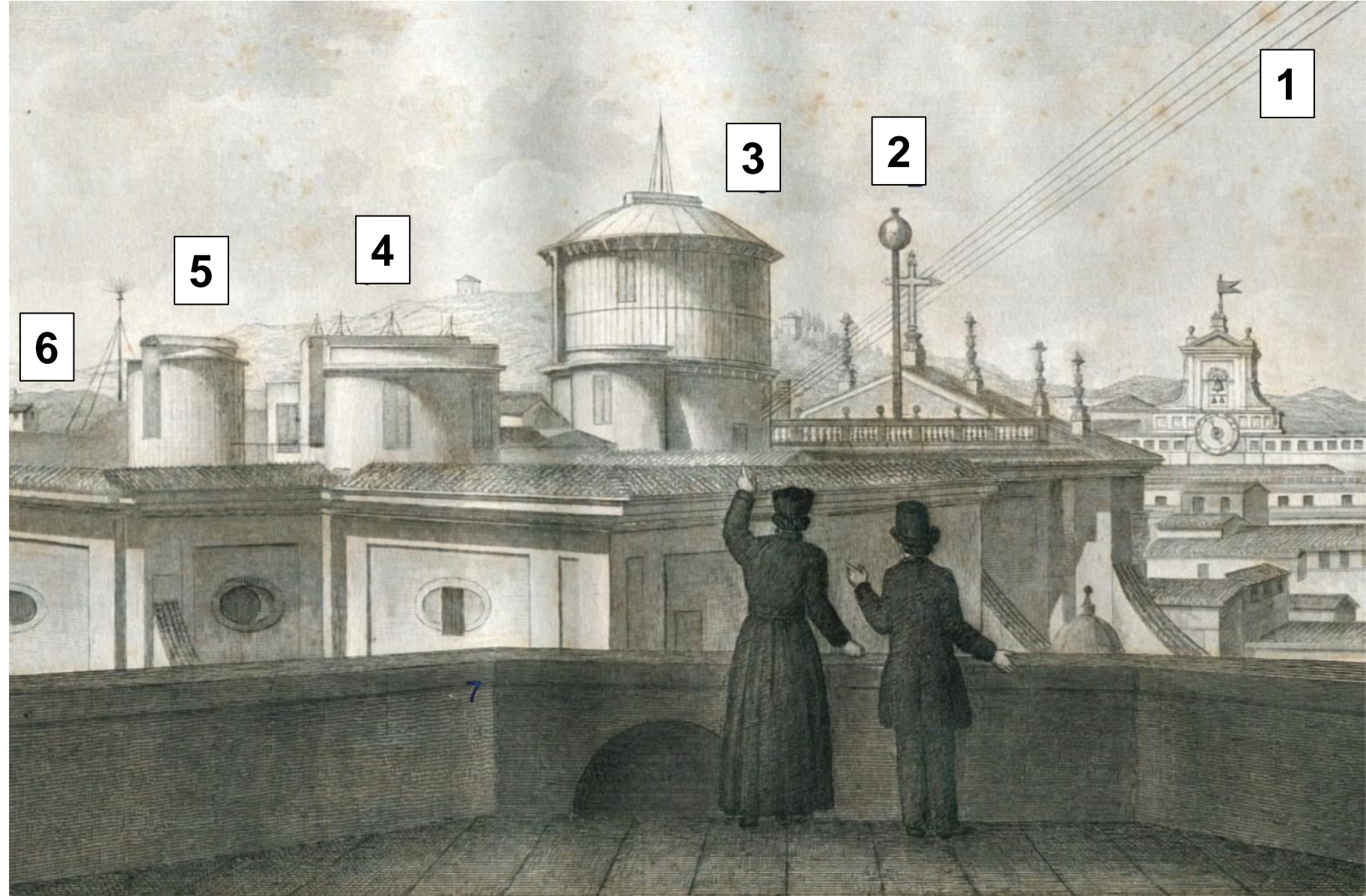


OSSERVATORIO DEL COLLEGIO ROMANO

sulla Chiesa di S. Ignazio.

Secchis Observatorium – Installationen

- 1 Signalübertragung der Meteorologischen Sensoren zum Meteorograph
- 2 Signalball: Auslösung der Mittagskanone auf der Engelsburg (Papst Pius IX)
- 3 Kuppel mit 9 Zoll Merzrefraktor
- 4 Observatorium mit Ertel Meridiankreis
- 5 Kuppel mit 6 Zoll Cauchoix Refraktor
- 6 Turmsensor für das Magnetometer



1895 Mittagskanone Castel Sant' Angelo



Mittagskanonen als Antiquität



Anzeige des "wahren-" oder "astronomischen Mittags"

Und heute... Rom Gianicolo Hügel



Schuss immer um 12 Uhr MEZ

Merz Achromat-Refraktor

Merz Refraktor auf Äquatorialmontierung:

Öffnung: 9 Zoll

Brennweite: 440 cm

G. & S. Merz GmbH, München



GIO. BELLA LONCA INC.

SEZIONE PROSPETTICA INTERNA DEL CIELO MOBILE E DELL' EQUATORIALE DI MERZ
NEL MEDESIMO OSSERVATORIO

Cauchoix Achromat-Refraktor

Öffnung: 6 Zoll

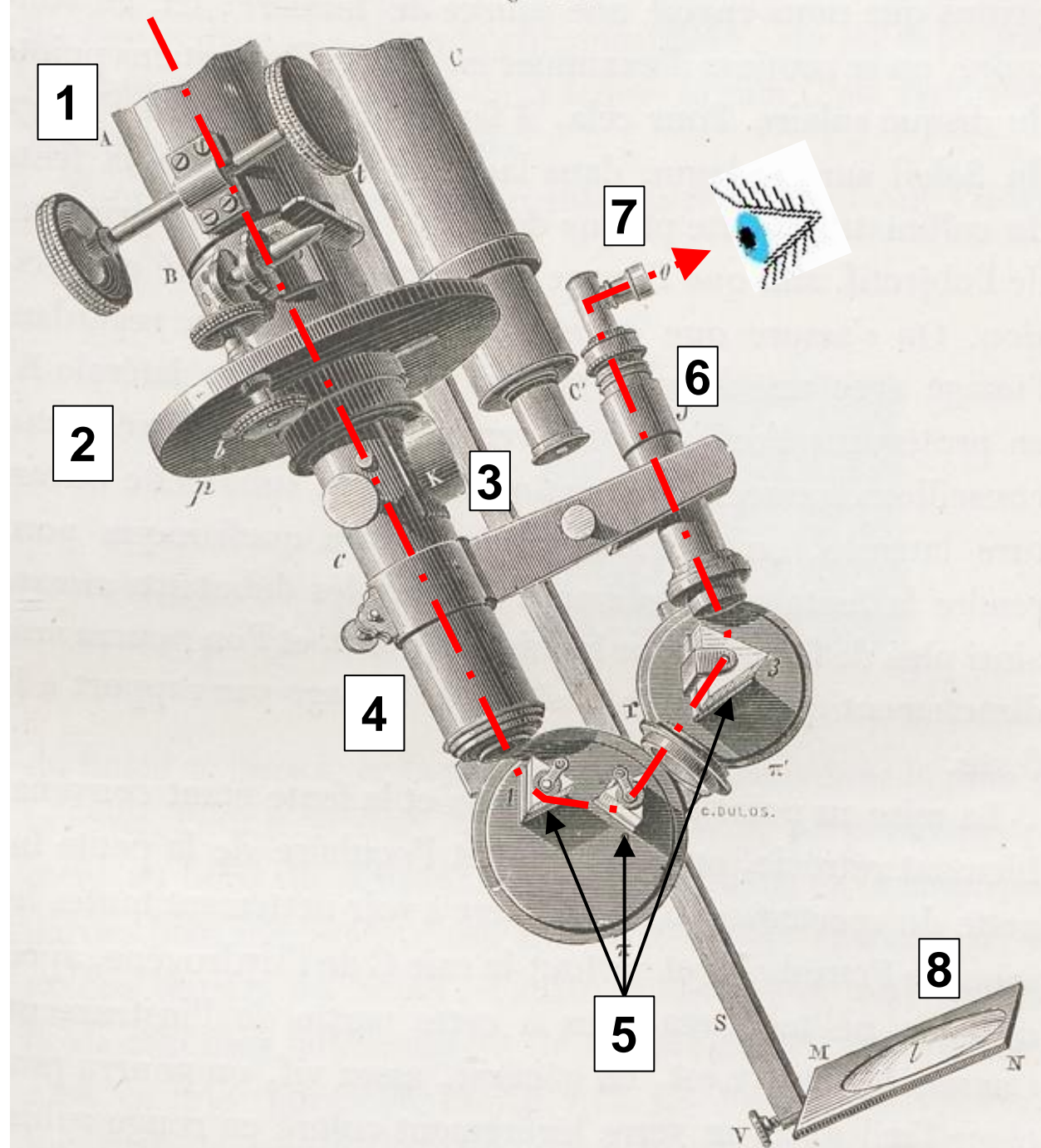
Brennweite: 238 cm

Robert-Aglaé Cauchoix, Paris

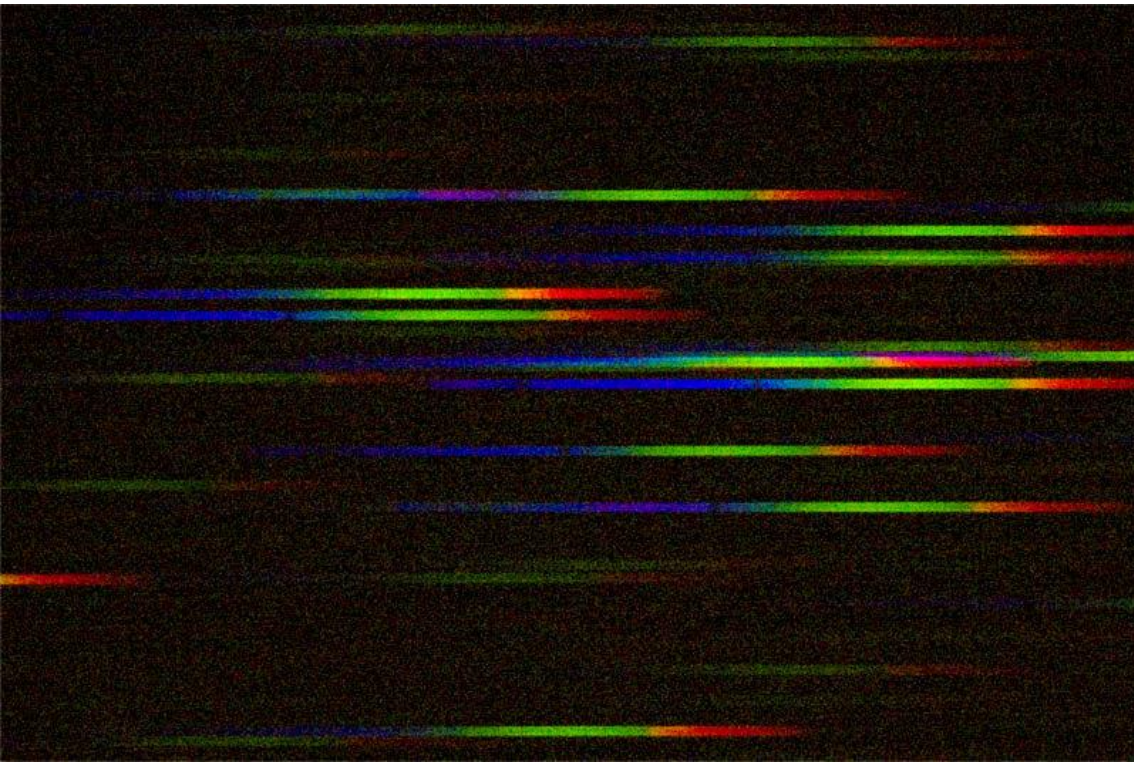


Spektroskop am Merz Refraktor

- 1 Merz Refraktor mit Zielfernrohr
- 2 Justierrad für Positionswinkel des Spaltes
- 3 Seitliche Öffnung für Spaltbeobachtung
→ durch "rubinrot gefärbtes Glas"
- 4 Kollimatorlinse
- 5 Drei in Kaskade geschaltete Prismen
- 6 Abbildungsoptik
- 7 Okular zur visuellen Beobachtung
- 8 Projektionsfläche Sonnenbild ab Zielfernrohr



Objektivprisma für Merz Refraktor

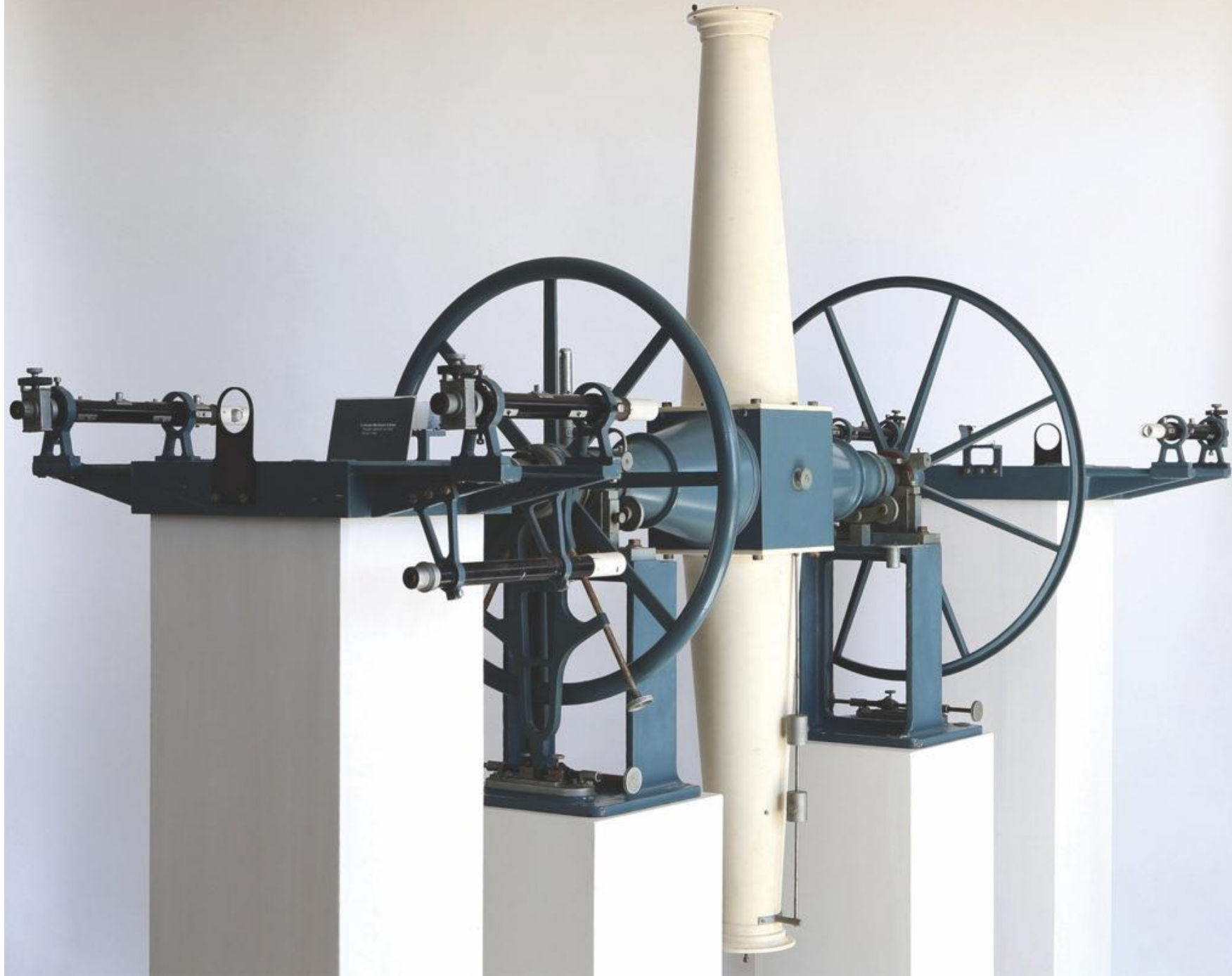


Beispiel Sternhaufen M44



Meridiankreis

Nach T. L. Ertel, München



Meteorograph

- Gebaut durch Secchi
- Aufzeichnung auf Papierstreifen:
 - Luftdruck
 - Temperatur
 - Windgeschwindigkeit und Richtung
 - Regen (Zeitpunkt und Dauer)
- Ablesungen 8x täglich



Spätere Vatikansternwarten



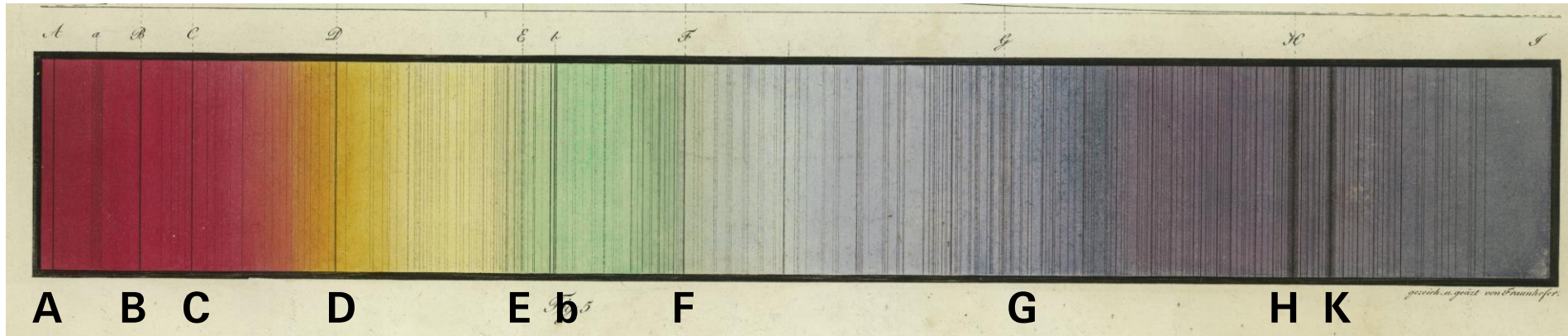
Ab 1930:
Vatikanische Sternwarte Castel Gandolfo



Ab 1993:
Vatican Advanced Technology Telescope (VATT),
Mount Graham 3,178 m, Safford, Arizona, USA.
Teleskoptyp: Gregory
Öffnung: 1.8m
Brennweite: 16.48m

Rudimentärer Überblick: Damaliger Kenntnisstand der Spektroskopie

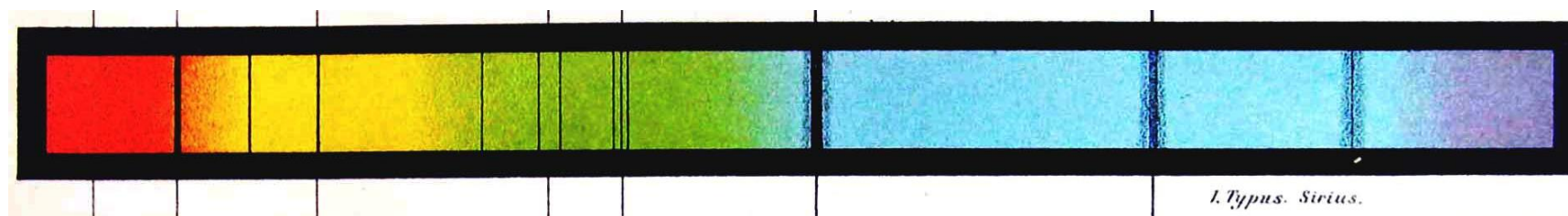
- Fraunhofer buchstabiert die intensiveren Absorptionslinien im Sonnenspektrum



- Roter, langwelliger Teil des Spektrums ist hier links – die Konvention ist heute umgekehrt
- Bunsen und Kirchhoff erzeugen im Labor Emissionsspektren einzelner Elemente
- Einzelne von Fraunhofer buchstabierte Linien können identifiziert werden – z.B. Natrium
- William Swan erzeugt im Labor durch Abbrennen von Kohlenwasserstoffen breite Emissionsbandenspektren → Swanbänder.
- Physikalische Zusammenhänge sind kaum verstanden – hauptsächlich in Ermangelung der Quantenphysik

Angelo Secchi – Der Vater der modernen Astrophysik

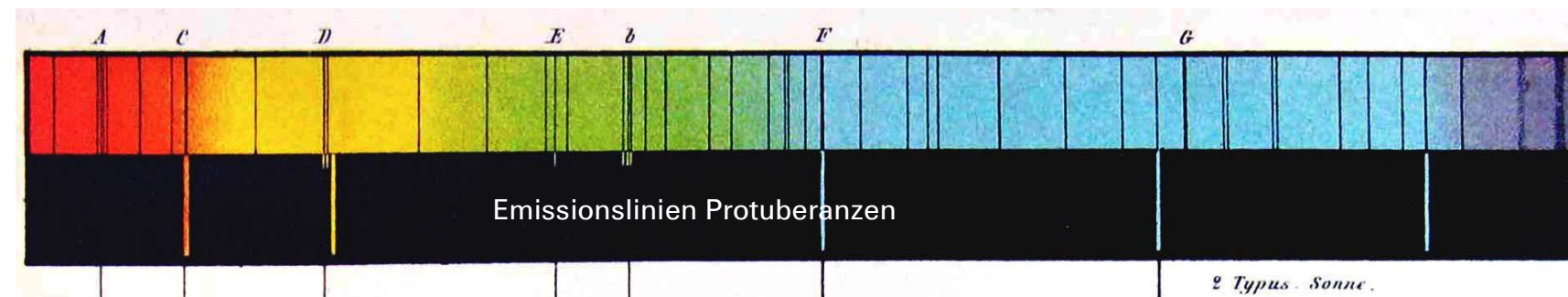
- Erstes Klassifizierungssystem der Sternspektren
Die Sterne, Grundzüge der Astronomie der Fixsterne (1878)
- Rudimentäre Klassierung in 4 "Typen" nach spektralen Signaturen



Heute: Spektralklasse A. Absorptionslinien der H-Balmerserie, z.B. Sirius, Vega, Castor

Typ 1 Sirius

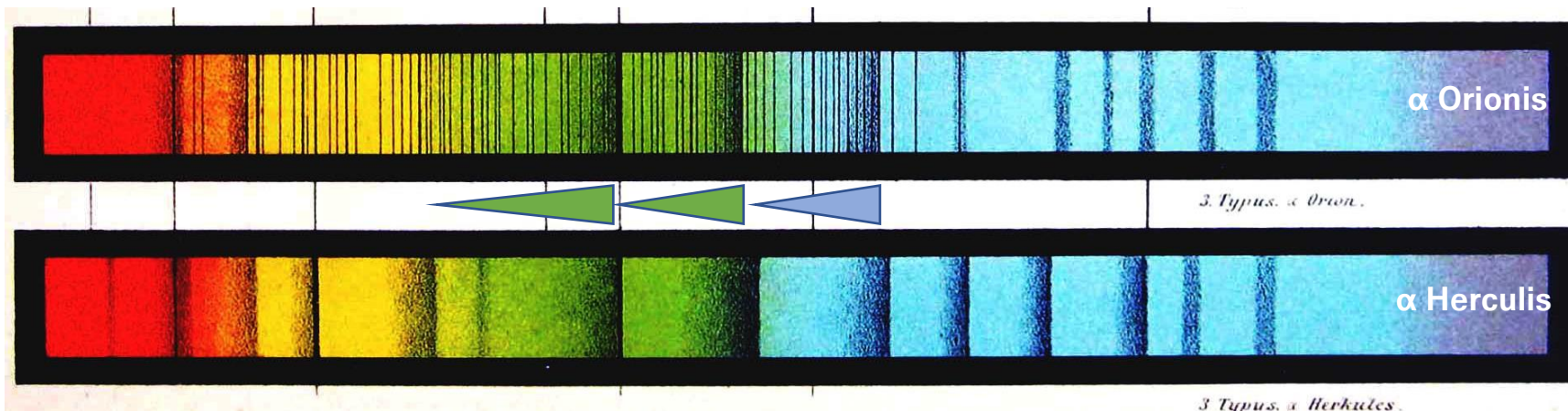
Bläulich scheinende Sterne
Einfache Spektren mit
wenigen, "dicken" Linien



Heute: Spektralklassen G und K. Feine Absorptionslinien diverser "Metalle"

Typ 2 Sonne

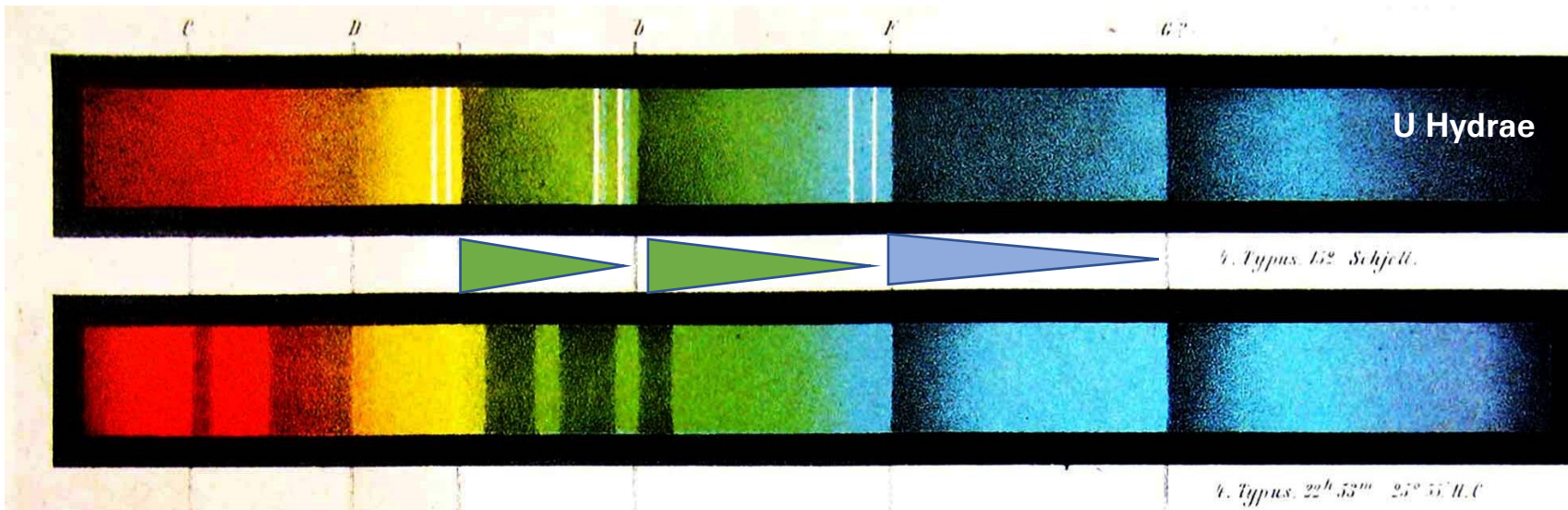
Gelblich scheinende Sterne
Komplexe Spektren mit
vielen feinen Linien



Typ 3 Orion und Herkules

Bandenspektren mit maximaler Intensität am blauen Ende und wenigen diskreten Linien

Heute: Spektralklasse M, TiO Vibrationsbanden,
 alpha Orionis Beteigeuze M1-2 Ia beta Herculis Ras Algethi: M5 Ib

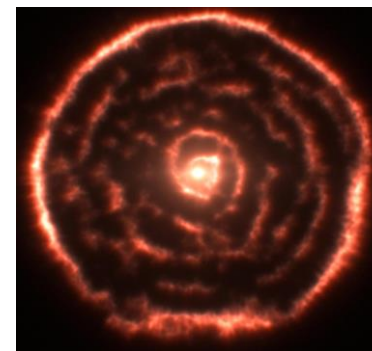
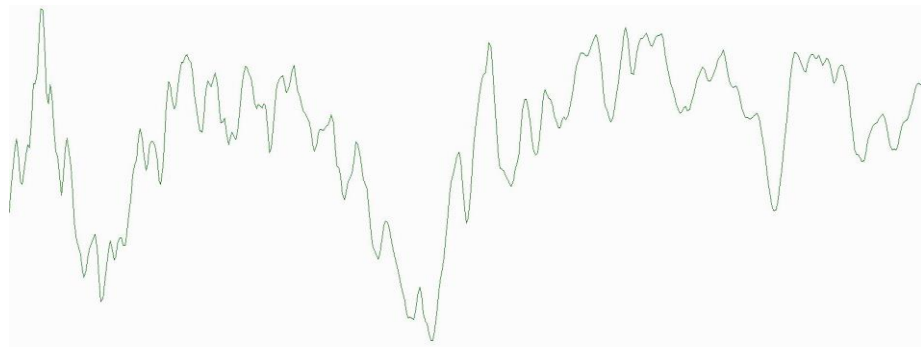


Typ 4 U Hydrae

Bandenspektren mit maximaler Intensität am roten Ende und wenigen diskreten Linien

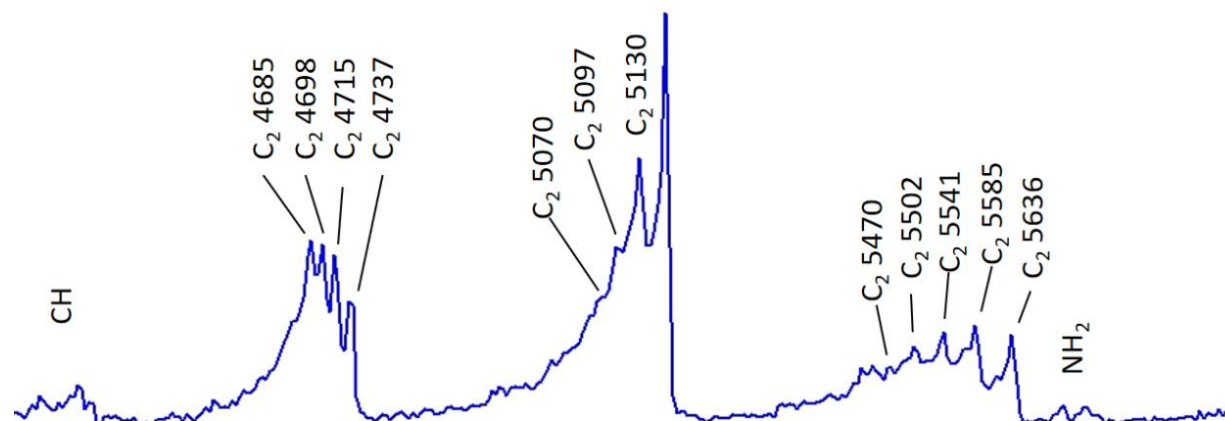
Heute: Vibrationsbanden von Kohlenstoffsternen z.T. mit einzelnen Emissionslinien

WZ Cassiopeiae
Carbon Star



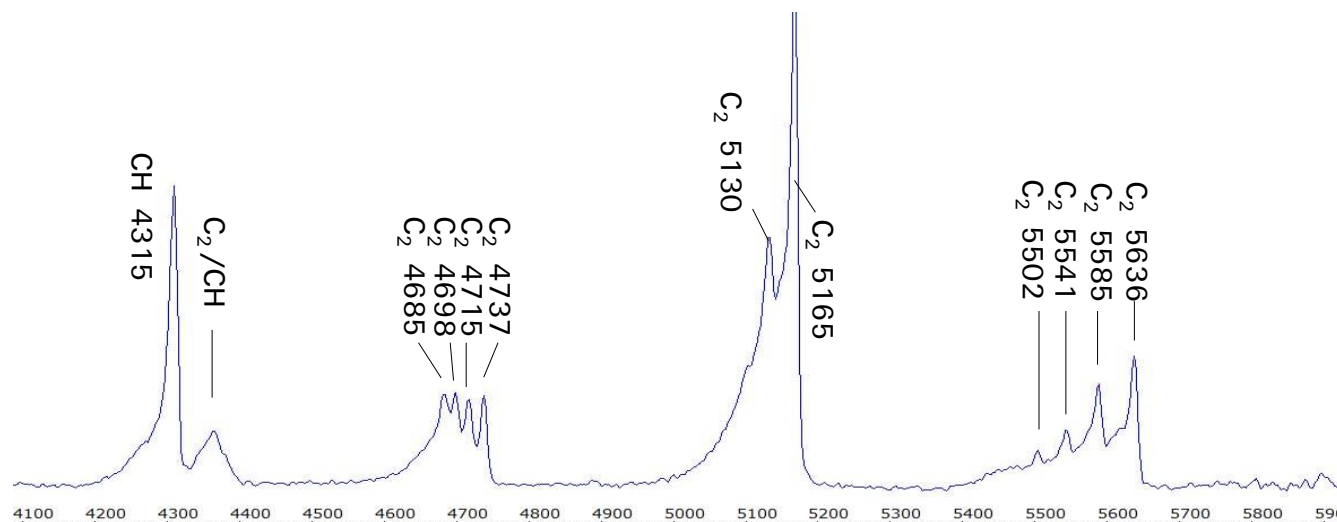
R Sculptoris (ALMA)

Komet Neowise
31.7.2020



Butangasbrenner
Swan Bänder

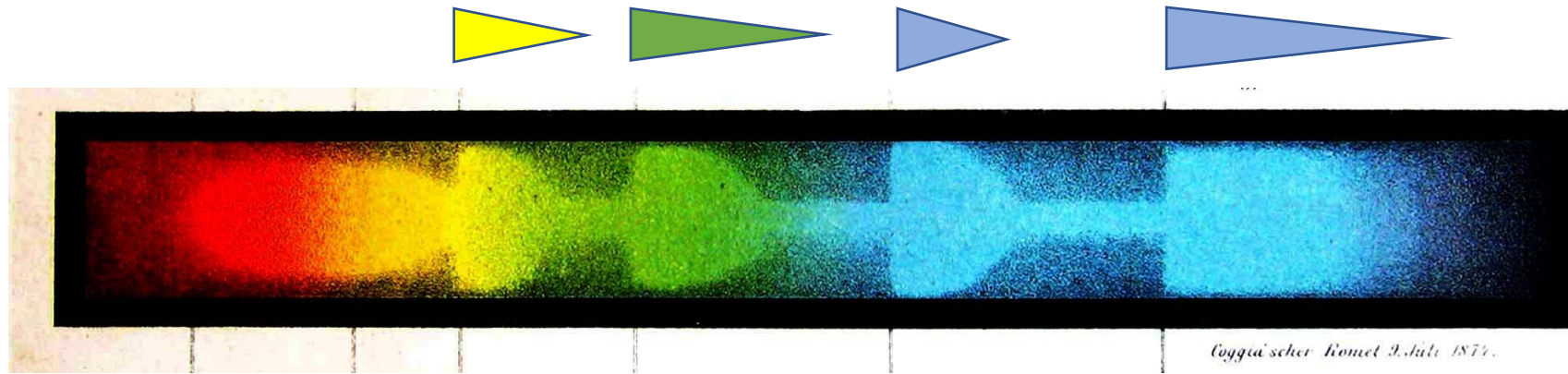
Blau



Rot



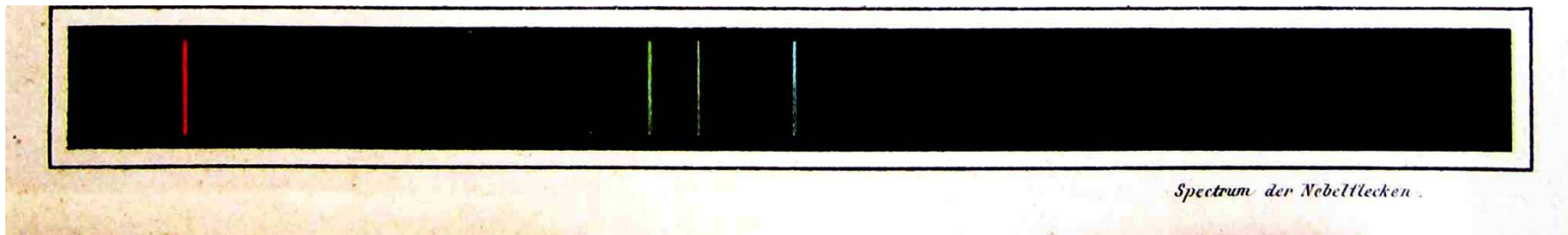
Kometen und Nebelspektren



Coggia'scher Komet 9. Juli 1874

Swan Bänder, Kohlenstoff Spektrum

Heute: C/1874 H1 (Coggia) mit C_2 Vibrationsbanden (Swan Bänder)



Spectrum der Nebelflecken

Mit "Hellen Linien"

Heute: Spektrum Emissionsnebel, vermutl. M42

Die Secchi Scheibe

- Entwickelt 1865 und Papst Pius IX persönlich vorgeführt
- noch heute gebräuchliches, limnologisches Hilfsgerät für die einfache Ermittlung der Sichttiefe in einem Gewässer
- Diverse Citizen Science Projekte:

Bootfahrer messen z.B. für die Pythoplankton Forschung an verschiedenen Stellen die Sichttiefe eines Gewässers



Secchis Spagat zwischen Glauben und Wissenschaft

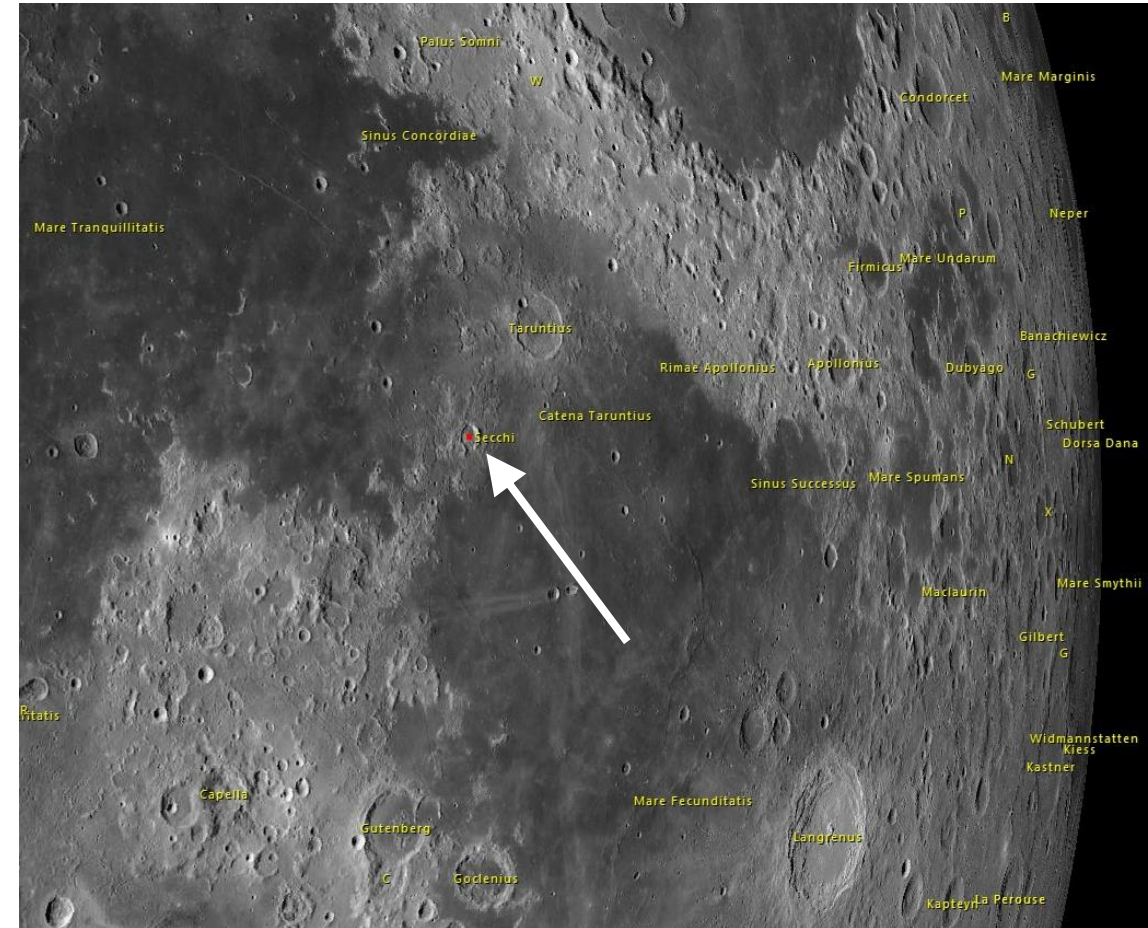
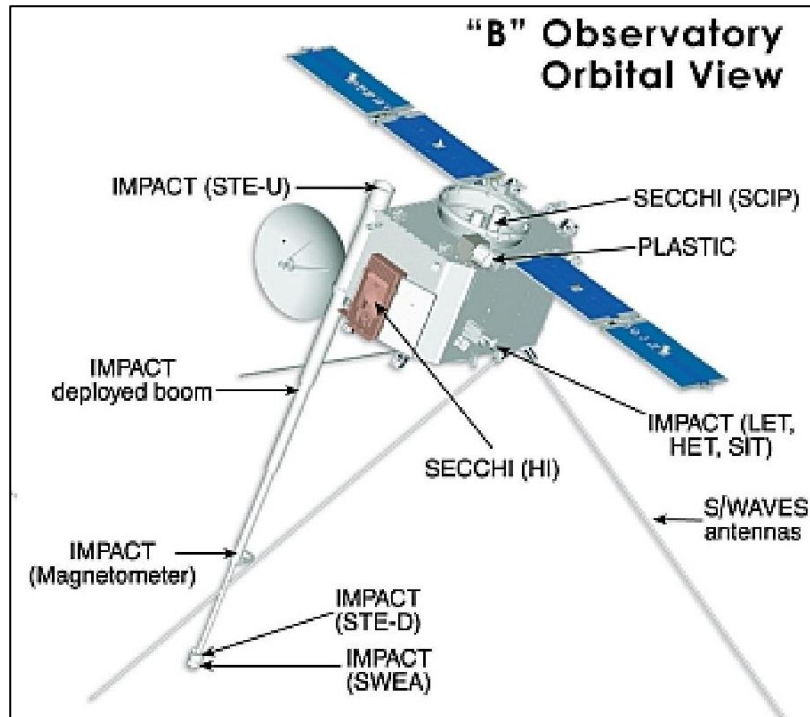
Von der biblischen Schöpfungserzählung hatte Angelo Secchi eine grosszügige Auffassung:

Mit bildhafter, symbolischer Ausdrucksweise versuche das Genesis-Buch, „den Ursprung der Dinge“ verständlich zu machen. Mit „Firmament“ sei der unermessliche Kosmos gemeint...

Anselm Verbeek,
Christ in der Gegenwart

Secchi Ehrungen

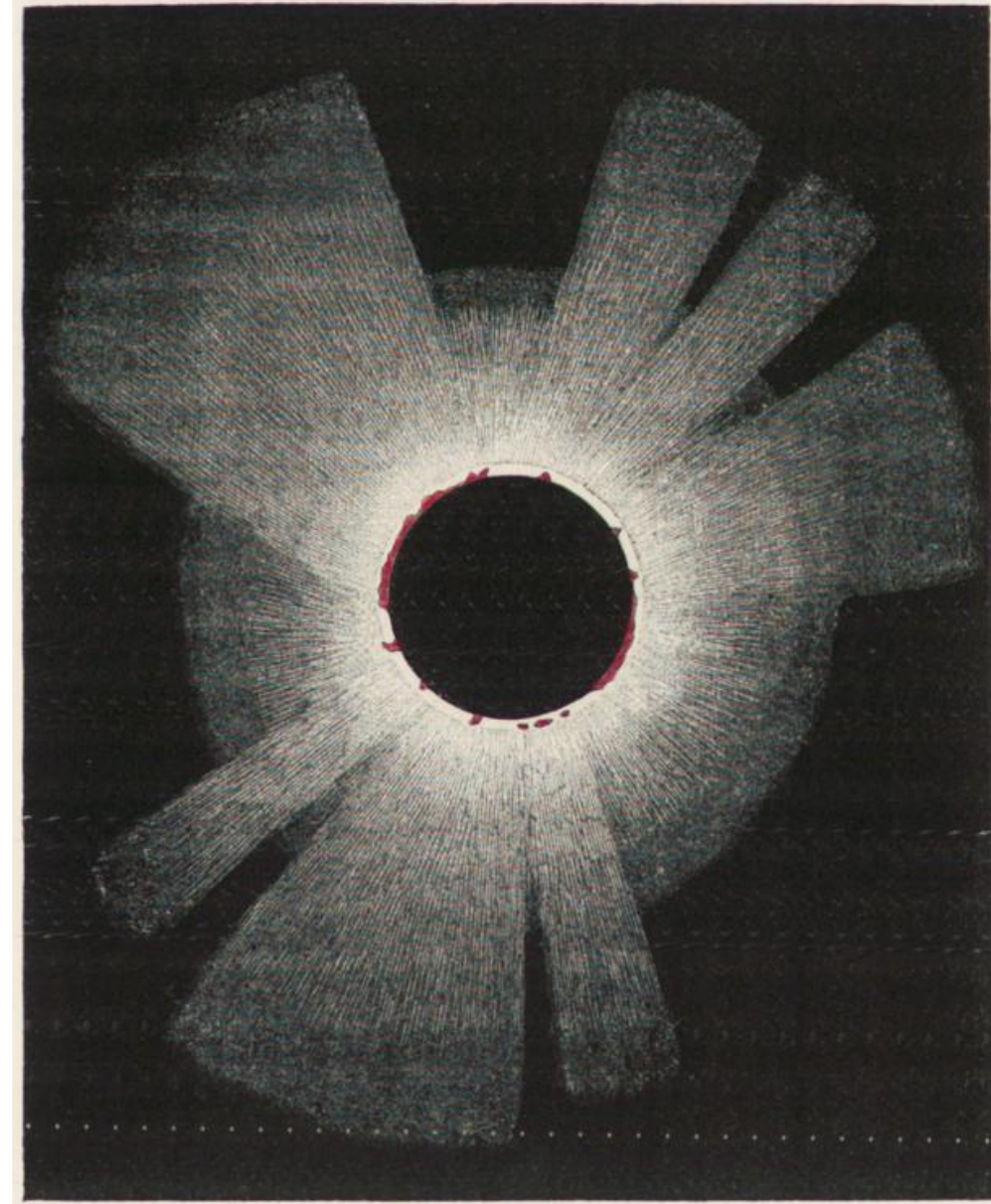
- Mitglied in diversen Akademischen Gesellschaften
- Mondkrater nach ihm benannt
- Asteroid 4705
- Komet C/1853 E1 (als Entdecker)
- STEREO Sonnen Satellit: Secchi Space Weather Beacon



Entdeckung der Protuberanzen

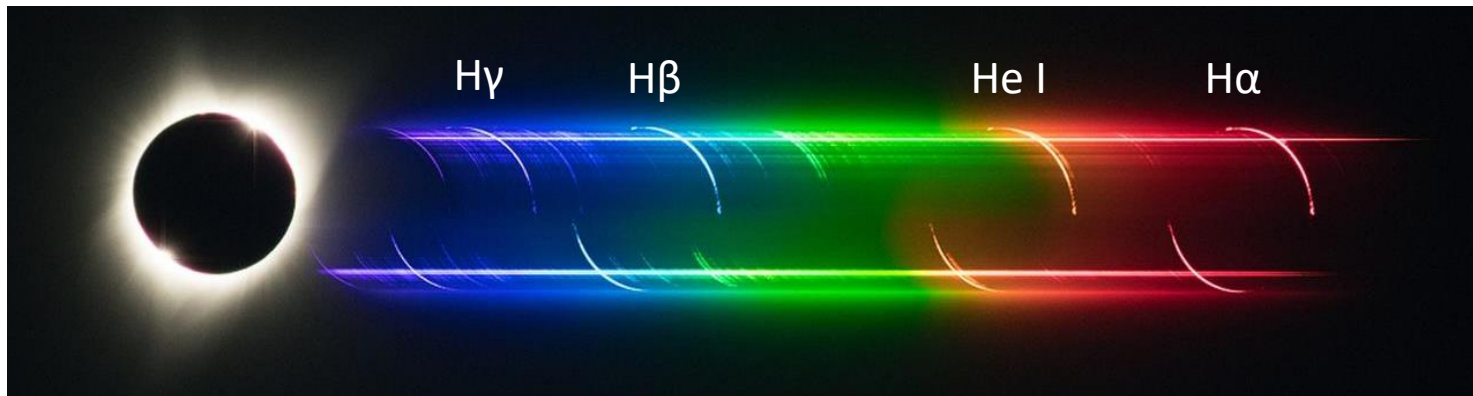
- Totale Sonnenfinsternis 8. Juli 1842 in Südfrankreich und Oberitalien (Streit: Ursache Mond oder Sonne?)
- Bestätigung der Protuberanzen während der totalen Sonnenfinsternis 28. Juli 1851 in Ostpreussen
- Totale Sonnenfinsternis 18. Juli 1860 in Spanien
→ Fotografie der Korona durch Secchi, Nachweis, dass Protuberanzen von der Sonne und nicht vom Mond ausgehen.
- Joseph Norman Lockyer und Pierre Jules César Janssen entdecken während der Totalen Sonnenfinsternis am 18. August 1868 in Indien Emissionslinien der Chromosphäre und Protuberanzen (Flash Spektrum)
- Janssen und Lockyer entdecken dabei auch die "gelbe" D3 Linie, die sich später als Helium herausstellen sollte.
- Sie zeigen auch, dass mit einem "spektroskopischen Trick" diese Linien auch ausserhalb einer Sonnenfinsternis gezeigt werden können [3].

Desierto de las Palmas 1860



Flash Spektrum – Totale Sonnenfinsternis

- Secchi's Emissionen entsprechen den helleren Linien des (durchschnittlichen) Flashspektrums
- Der Sonnenrand wirkt für extrem kurze Zeit als Spektrografenspalt



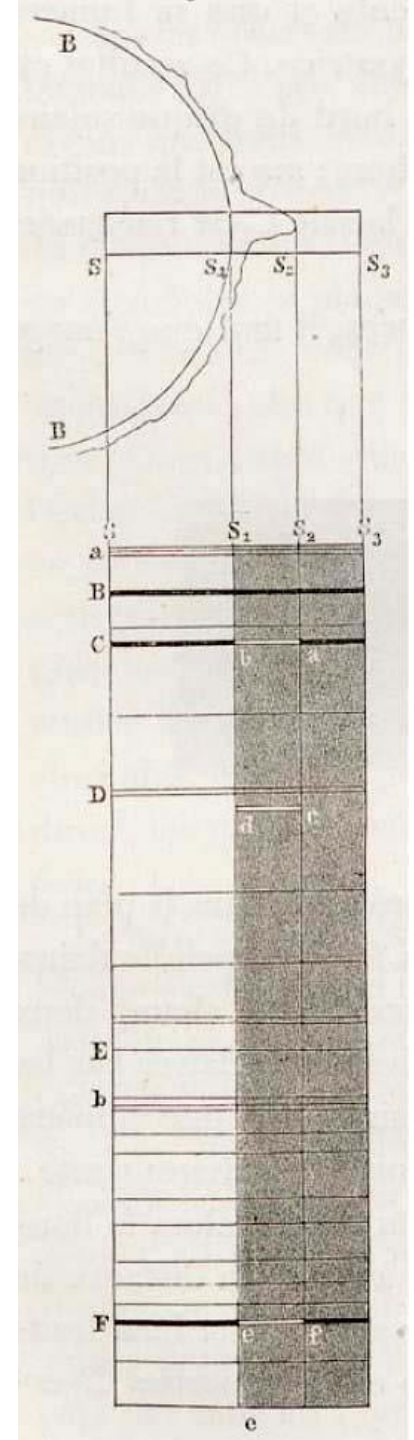
21.08.2017 (Yujing Qin, Univ. of Arizona)

- Unterschied zwischen Chromosphären- und Protuberanzenspektrum

M. Waldmeier [4] : *...Es sei hier als Ergebnis vorweggenommen, dass das Protuberanzen- und Eruptionsspektrum ... dem Chromosphärenspektrum qualitativ sehr ähnlich ist...*

Secchis Beschrieb der Protuberanzen-Spektroskopie [2]

- B – B: Halbe Sonnenscheibe mit Chromosphäre und Protuberanz
- S – S₃: Spalt rechtwinklig zur Sonnenoberfläche
Je zur Hälfte auf der Sonnenscheibe und ausserhalb der Sonne
- S₁ – S₂: Kurzer Spaltabschnitt auf Chromosphäre und Protuberanz
- Spektrum der Fraunhoferlinien A – F (schwarz = Absorption, hell = Emission)
 - A, B: Atmosphärische Absorptionen
 - C: H α
 - D: Natrium D1 und D2 (aufgelöst!)
 - E: Blend von Fe I und Ca I Absorptionen
 - b: Magnesium Triplet (aufgelöst)
 - F: H β
- "Helle Linien" b, d, e: Emissionslinien von H α , He I (D₃), H β



Der "Bülacher Sonnentag" 17. Juli 2022

- Sonnenbeobachtung – Testen und Vergleichen verschiedener Equipments und Zubehörs
- Der Nachvollzug von Secchis Protuberanzen-Experiment mit Mitteln des 21. Jahrhunderts



Donatoren und Gladiatoren



Peter Salvi



Martin Huwiler



Jonas Schenker



Stefan Meister



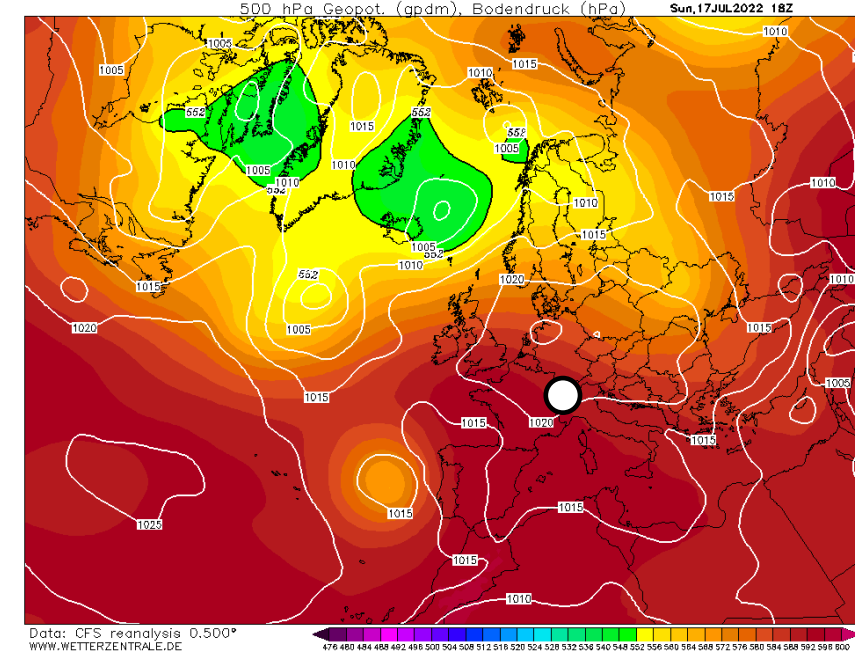
Carsten Ziolek



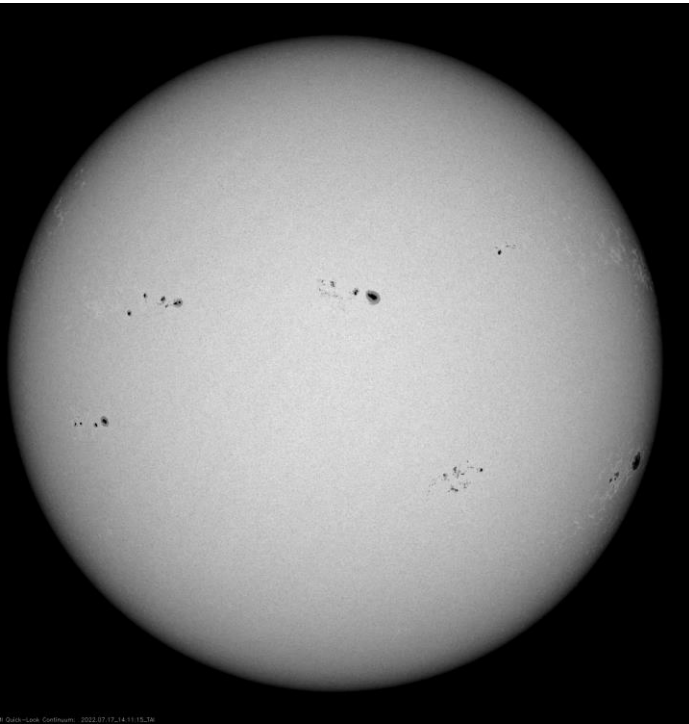
Richi Walker

Sternwarte Bülach – Bedingungen am 17. Juli 2022

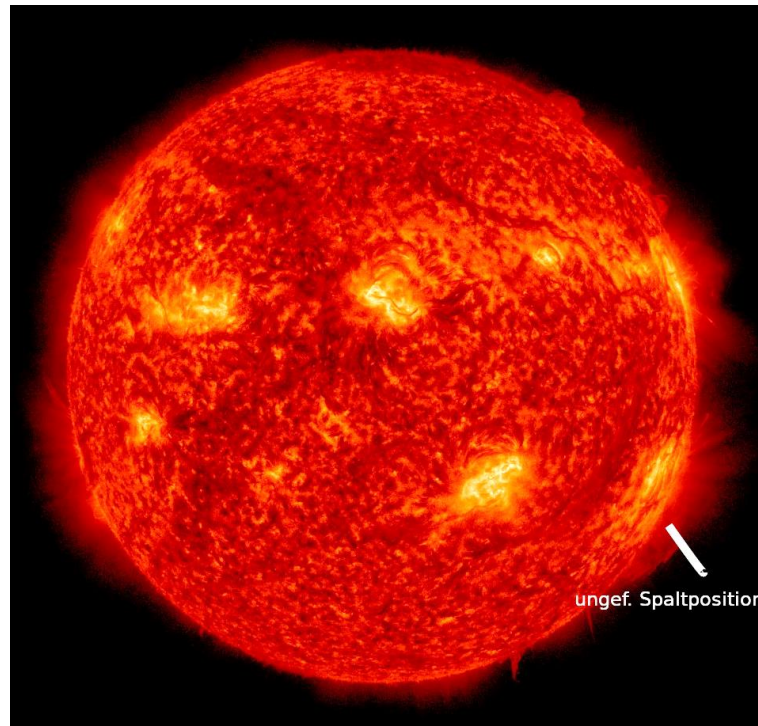
- Meteo: Blauer Himmel und Temperatur > 30°
- Sonne: aktiv mit zahlreichen Flecken und Fackelgebieten, intensive Protuberanz am SW Sonnenrand



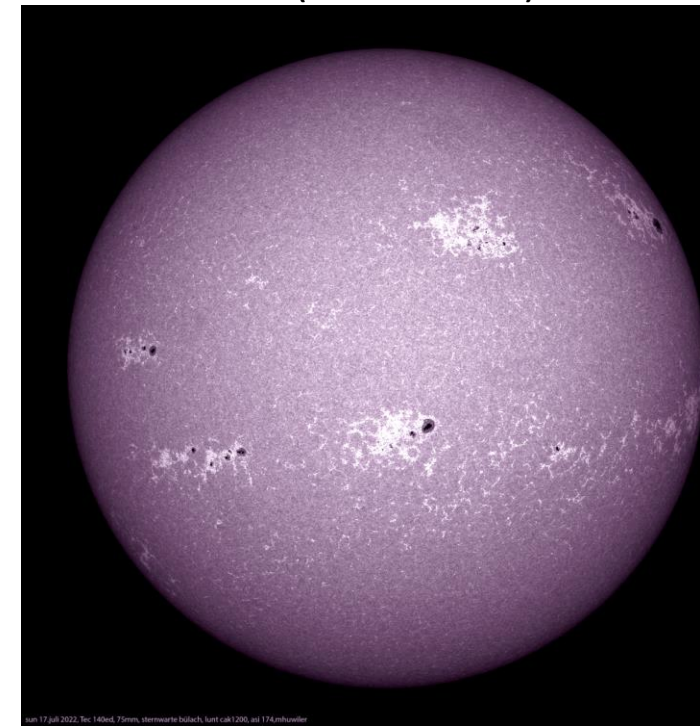
Weisslicht



H α



Kalzium K (M. Huwiler)



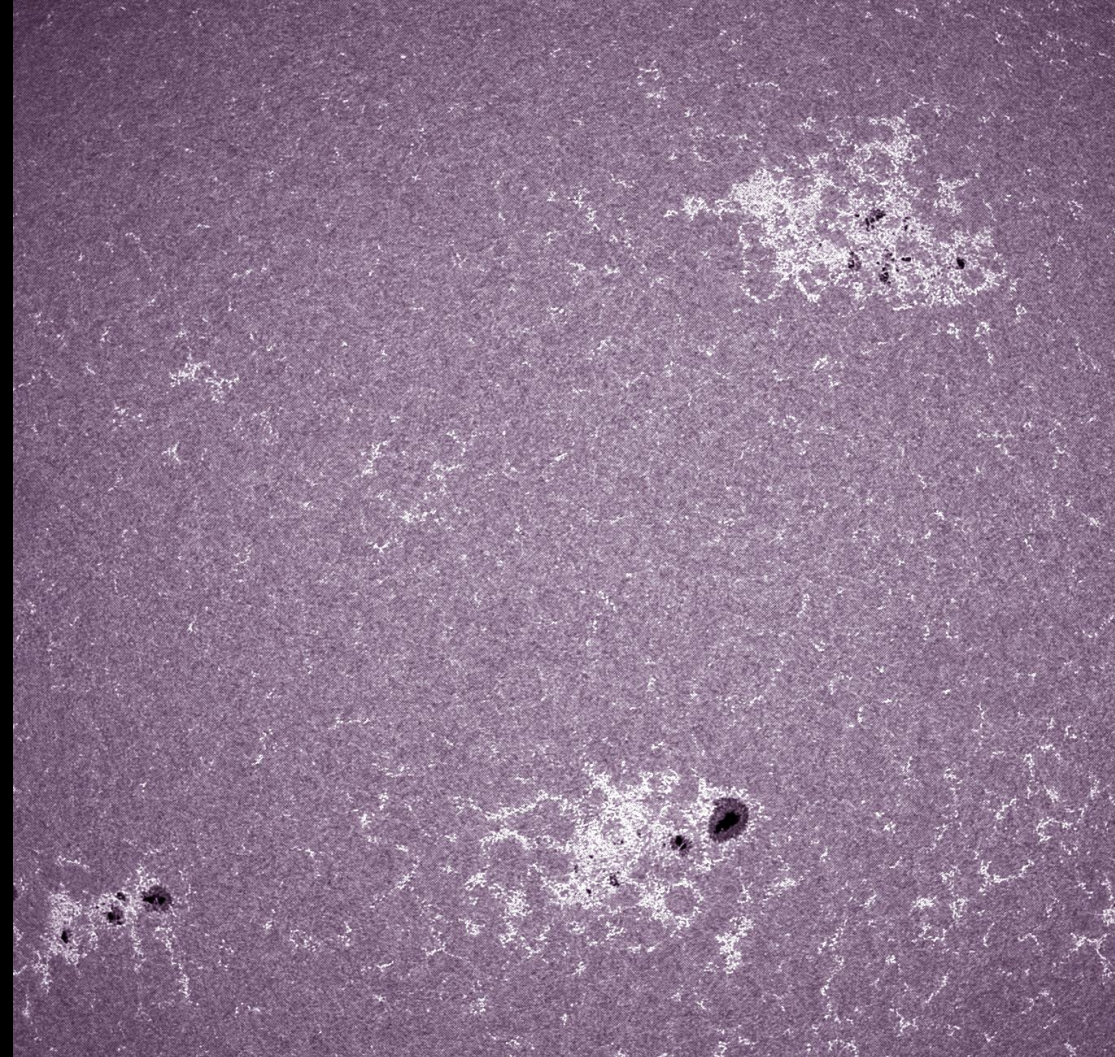
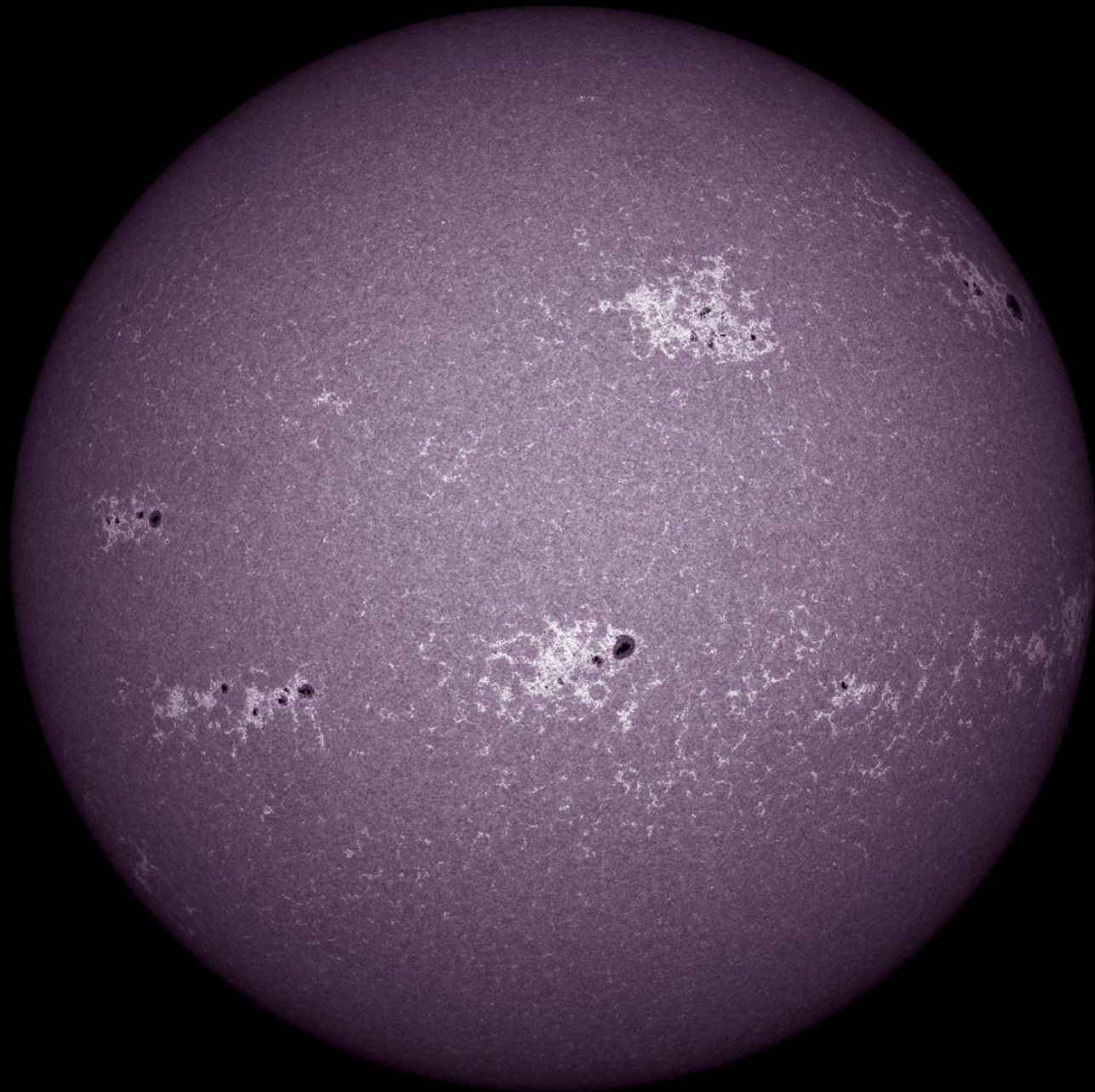
Die Sonne im Kalzium Licht

Aufnahme der Sonne im Lichte der Kalzium K-Linie

Teleskop: Tec 140, Filter: Lunt Ca K 1200, Kamera: asi 174







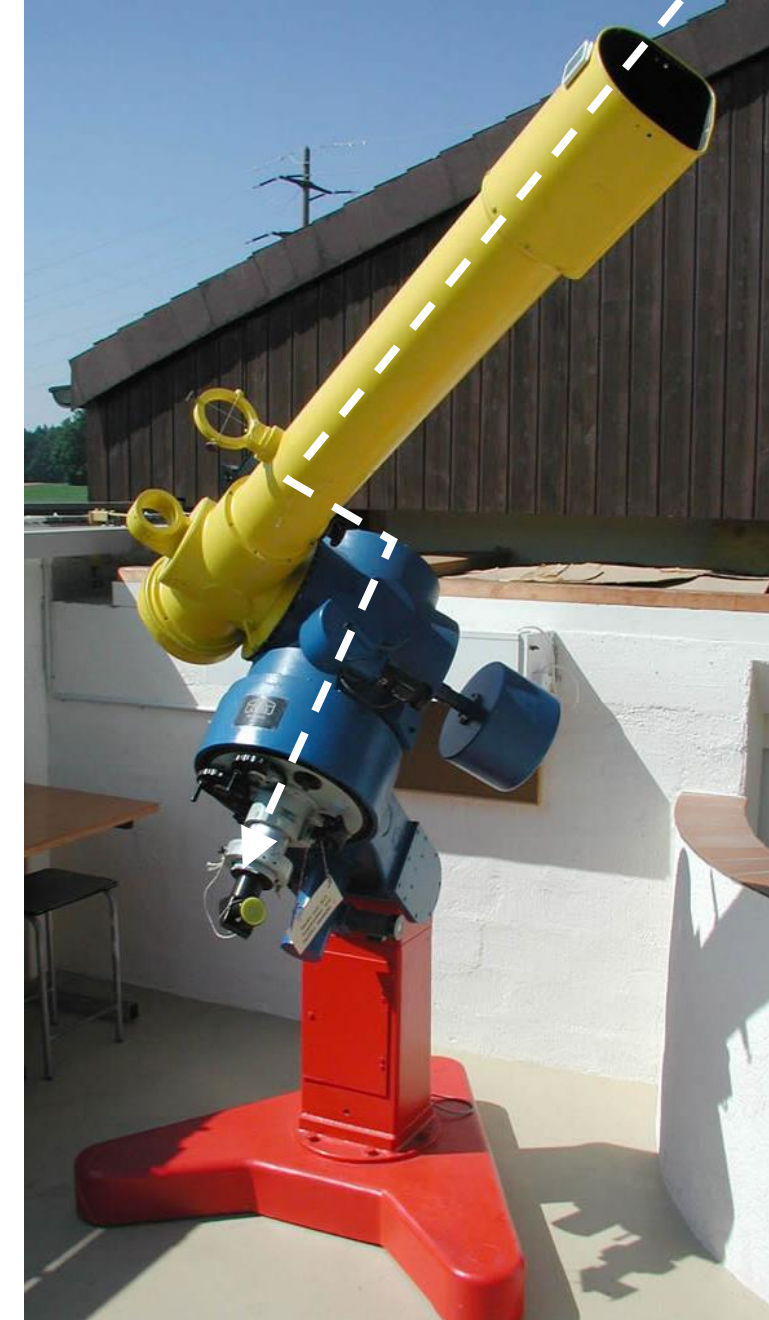
M. Huwiler, Tec 140, Lunt Ca K 1200, asi 174

Auf den Spuren von Max Waldmeier

Zeichnen der Sonnenflecken am 15 cm Coudé Refraktor
– ehemals alte ETH Semper Sternwarte in Zürich

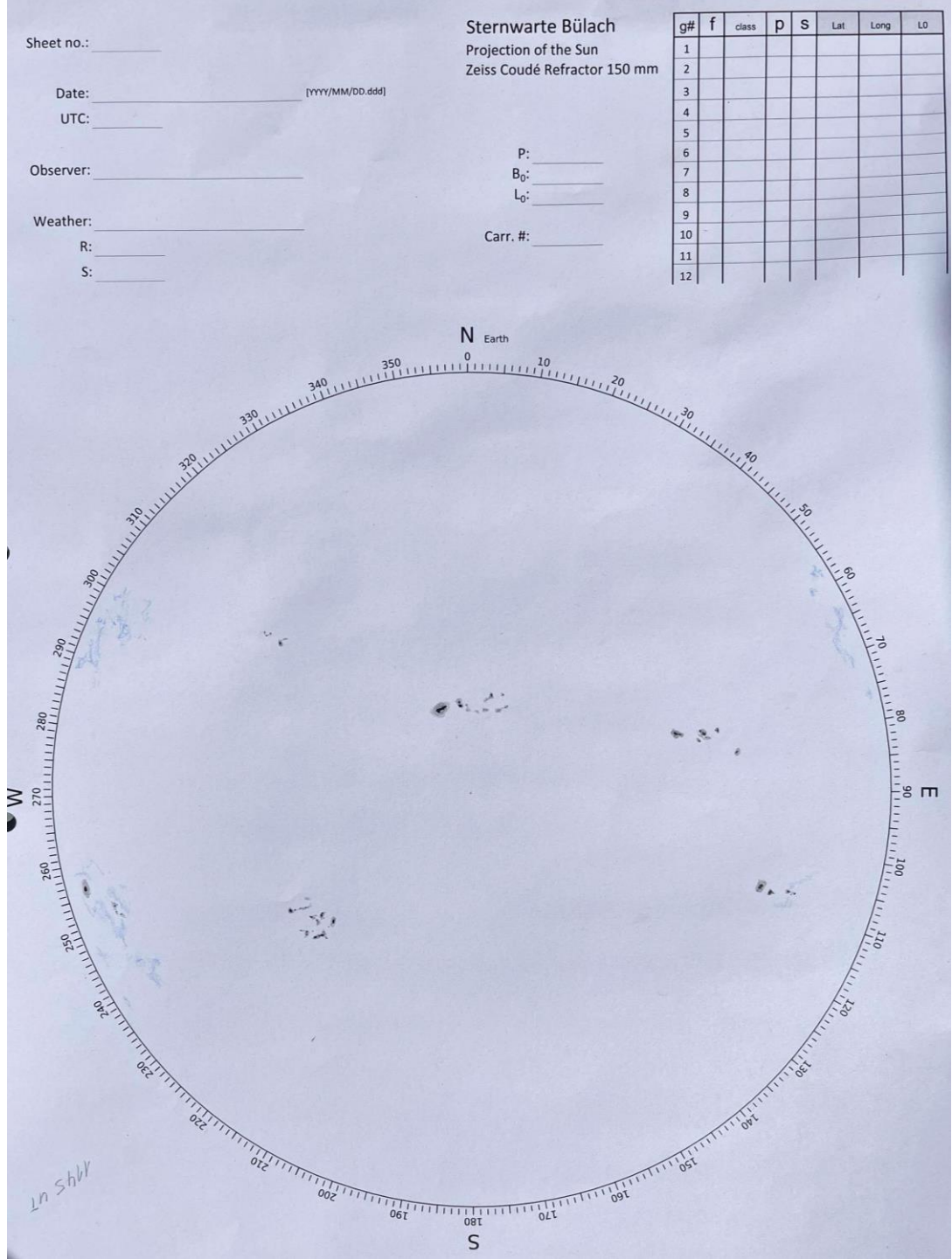
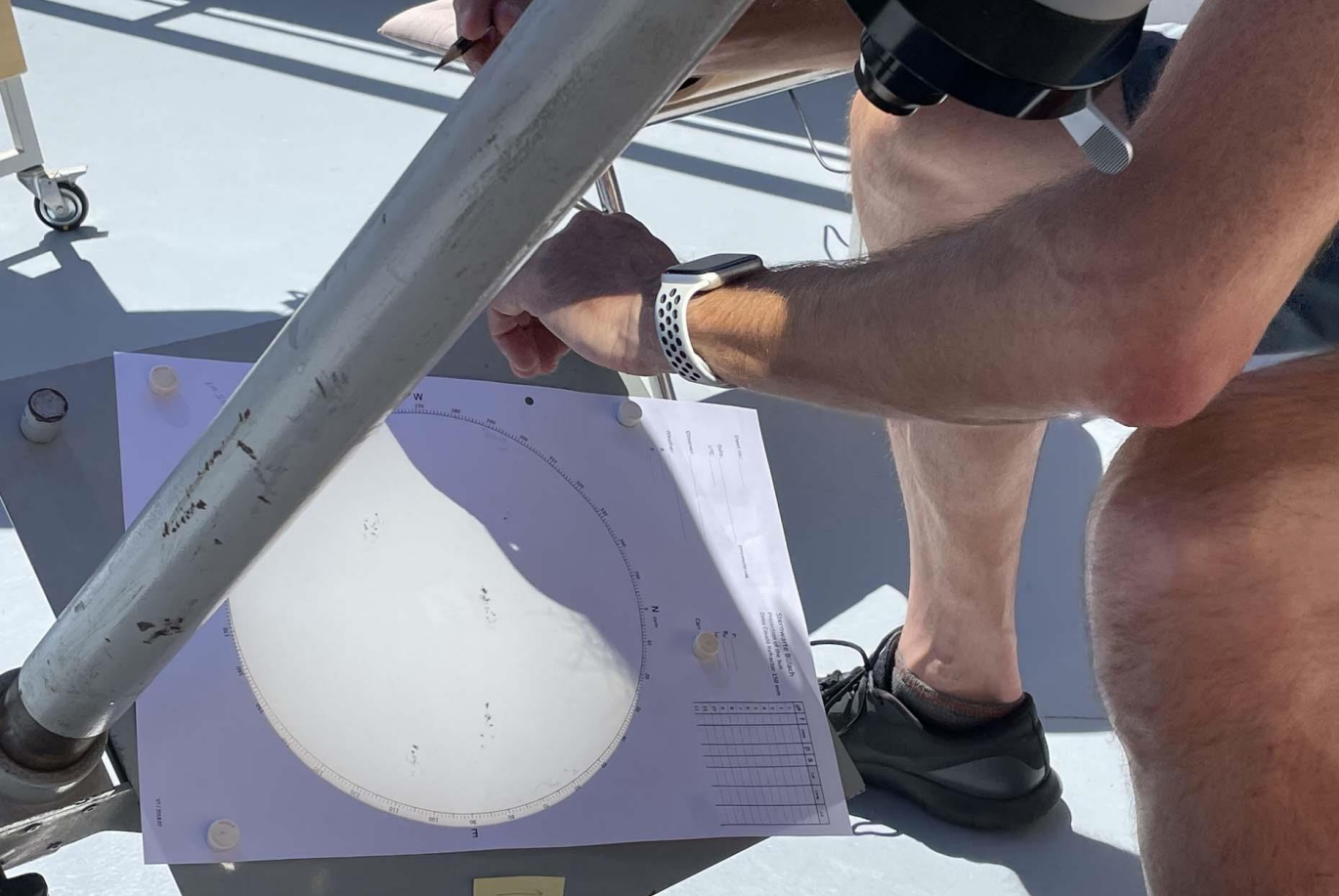
Optik [7]:

- Objektivdurchmesser: 15 cm, durch Umschaltung auf 10 cm reduzierbar
- Brennweite: 225 cm
- Öffnungsverhältnis: 1:15
- Nutzbarer Felddurchmesser:
 $5,8 \text{ cm} \pm 0,75^\circ$
- (Coudé = frz. verbogen)
Strahlengang wird mit Spiegeln
durch die Stundenachse an fix
bleibenden Brennpunkt umgelenkt





Okularprojektion auf die Zeichnungsfläche



Das Ergebnis kann sich sehen lassen!

Das "Bülacher Secchi Experiment"

Der Nachvollzug von Secchis Protuberanzen Experiment mit Mitteln des 21. Jahrhunderts



Erste eigene Vorversuche scheitern

Vermutete Ursachen:

- Zu geringe Auflösung mit DADOS und 200 L/mm Gitter $\rightarrow R \approx 600 (\lambda/\Delta\lambda)$
- Sonnenaktivität und Dichte der Hintergrundprotuberanz ev. zu gering

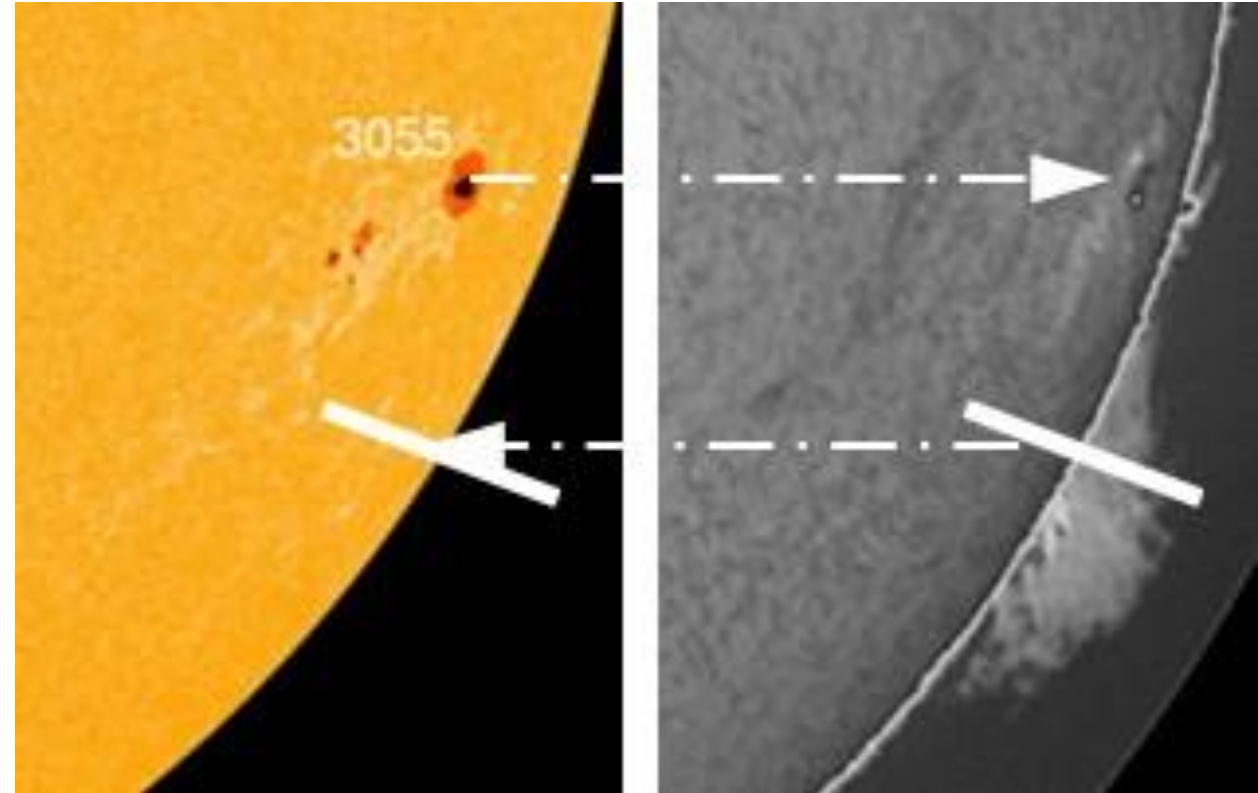
Massnahmen:

- Abschätzung der Auflösung von Secchi's Spektrograf anhand der Skizze mit der Natrium Doppelabsorption D_1/D_2
- Auswechseln des 200 L/mm Gitter durch 900 L/mm.
 - \rightarrow Steigerung $R \approx 600 (\lambda/\Delta\lambda)$ auf $R \approx 4000$.
 - \rightarrow Na D_1 und D_2 erscheinen jetzt aufgelöst
- Auflösung beider Spektrografen dürfte so vergleichbar sein



Positionierung des Spaltes vor der Protuberanz

- Zusammenspiel zwischen Weisslicht und H α Aufnahme
- Referenz: Fleckengruppe AR 3055 am SW Rand der Sonne



Montage und Einstellen des Positionswinkels

- Der Spalt muss vor der Protuberanz positioniert und rechtwinklig zur Sonnenoberfläche stehen

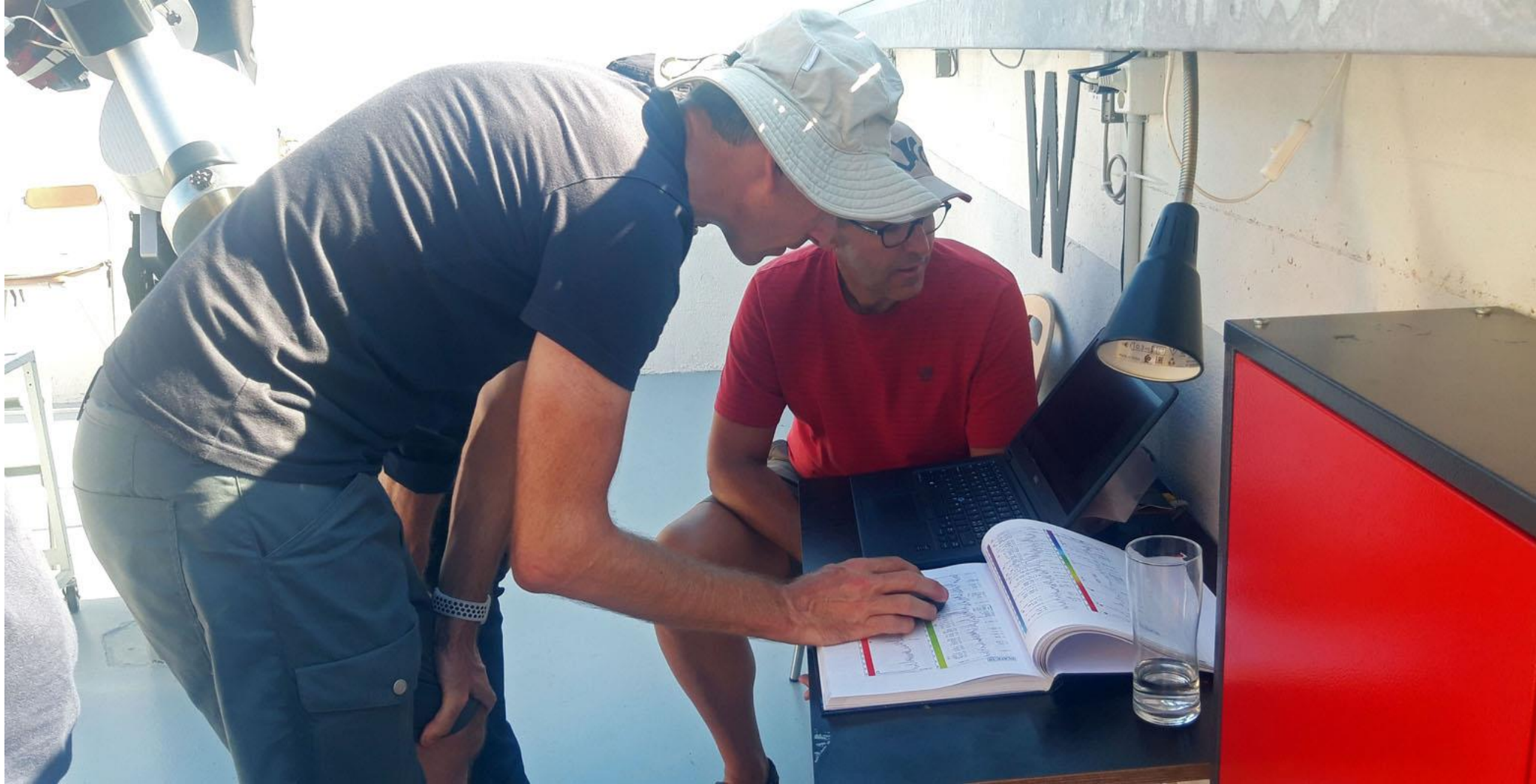


Mit wiederholter Kontrolle an der Spaltoptik



Einstellen des Spektralbereiches über den Gitterwinkel

- Kontrolle am Bildschirm mit Spektralatlas: ungefähr gleicher Spektralbereich wie von Secchi skizziert wurde

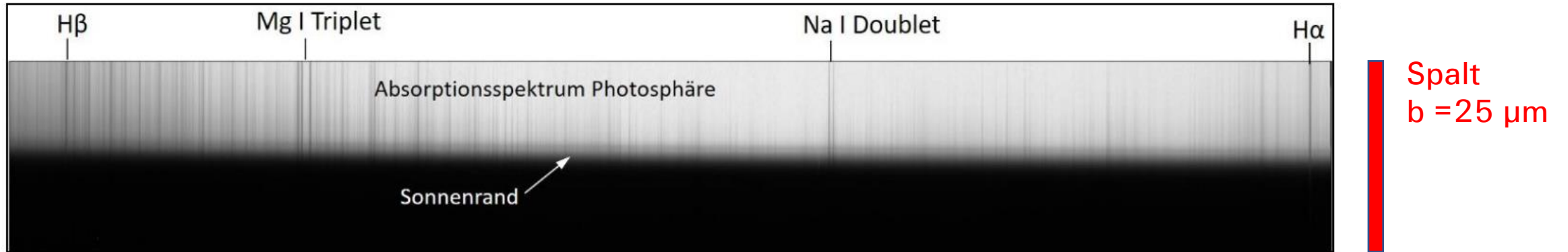


Aufnahmebereiter Setup



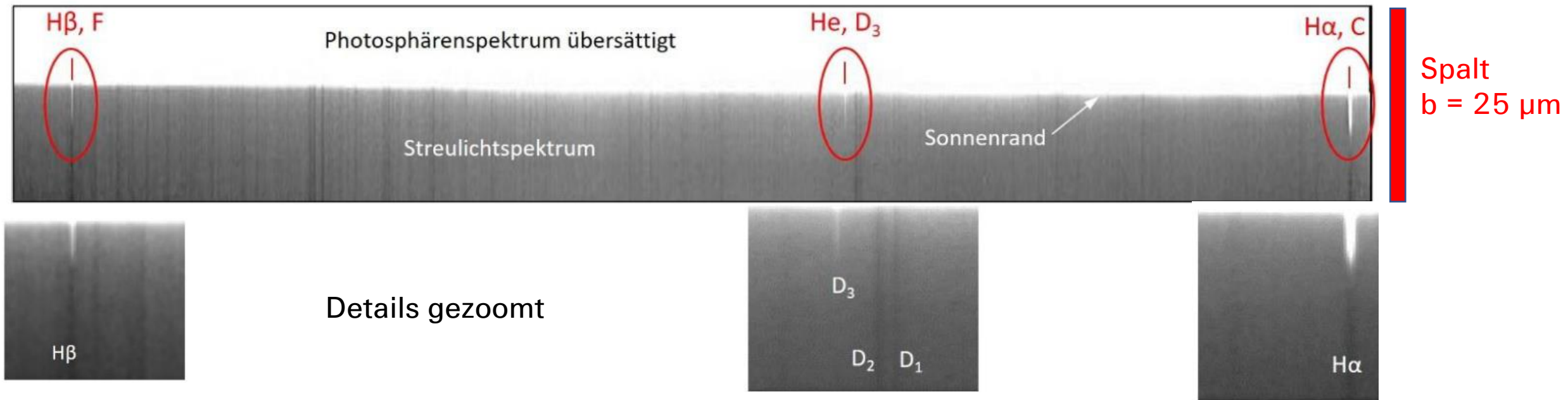
Aufnahme: mit Helligkeitsregler in "Normalstellung"

- Auswertung der besten Aufnahme die von der ZWO ASI 1600mm Pro aufgenommen wurde.



- Im Gegensatz zu Secchis Beschreibung sind in dieser Einstellung (noch) keine Emissionslinien erkennbar

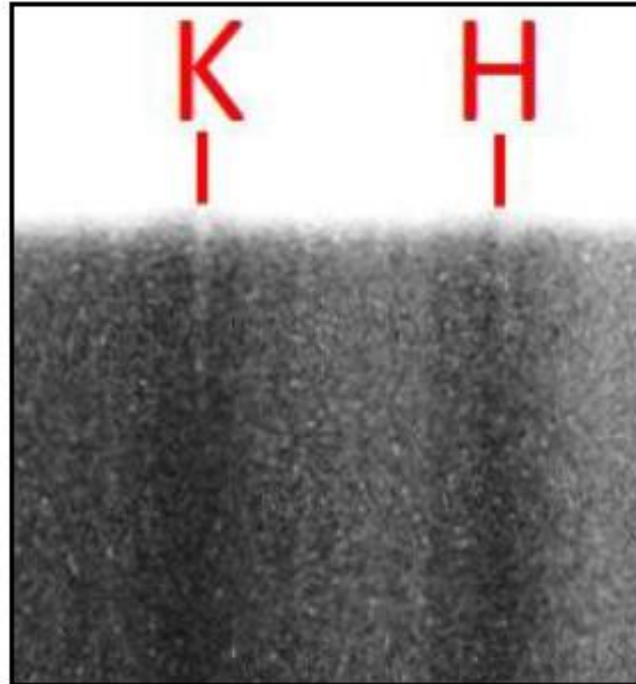
Aufnahme: Photosphärenspektrum (Sonnenscheibe) übersättigt



- Ausserhalb der Sonnenscheibe erscheint ein Streulichtspektrum mit Emissionslinien von $H\alpha$, $H\beta$ und He (D_3)
- Nur die D_3 Linie (He) zeigt keinen entsprechenden Absorptionsabschnitt
 - Die Photosphärentemperatur $\sim 5'800K$ ist für eine Absorption von He zu niedrig
 - Die höhere Temperatur im oberen Teil der Chromosphäre $\sim 10'000 K$ erzeugt eine He Emissionslinie mit der scheinbaren "Höhe" der Protuberanz hinter dem Spalt

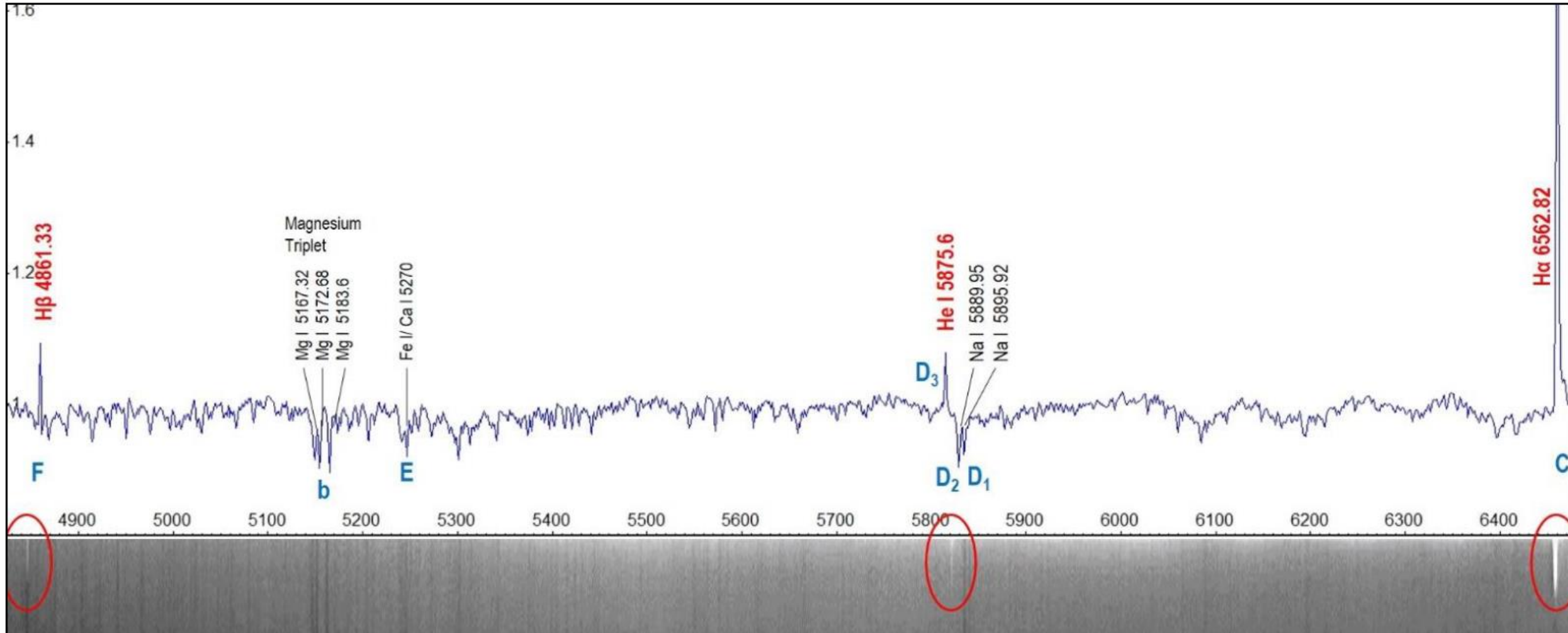
Aufnahme: Starker Zoom auf Kalzium H und K Linien (Ca II)

- Schwache Emissionslinien sind in den Kernen der H und K Absorptionen des einfach ionisierten Kalziums (Ca II) erkennbar.



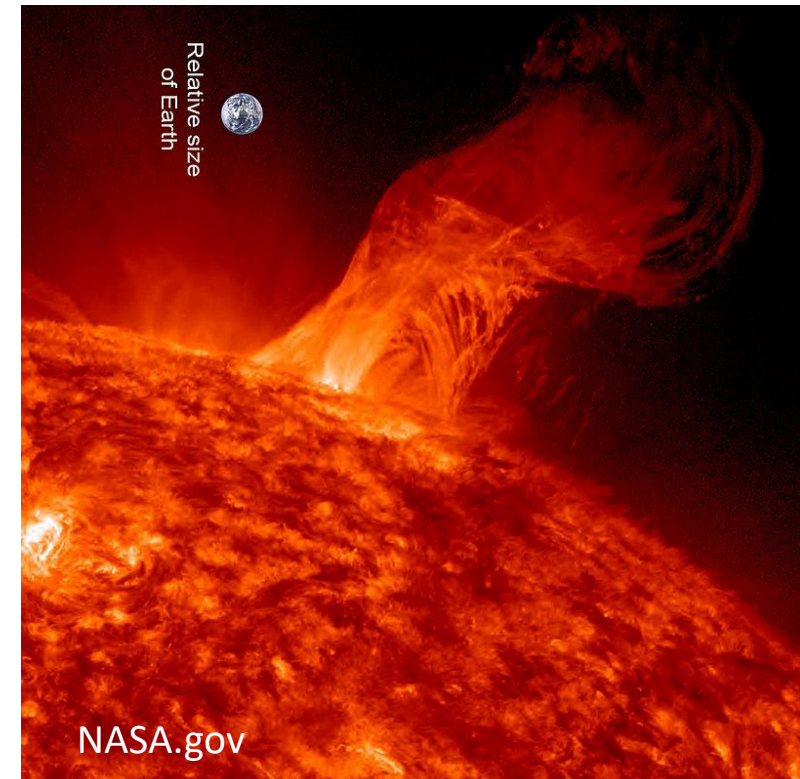
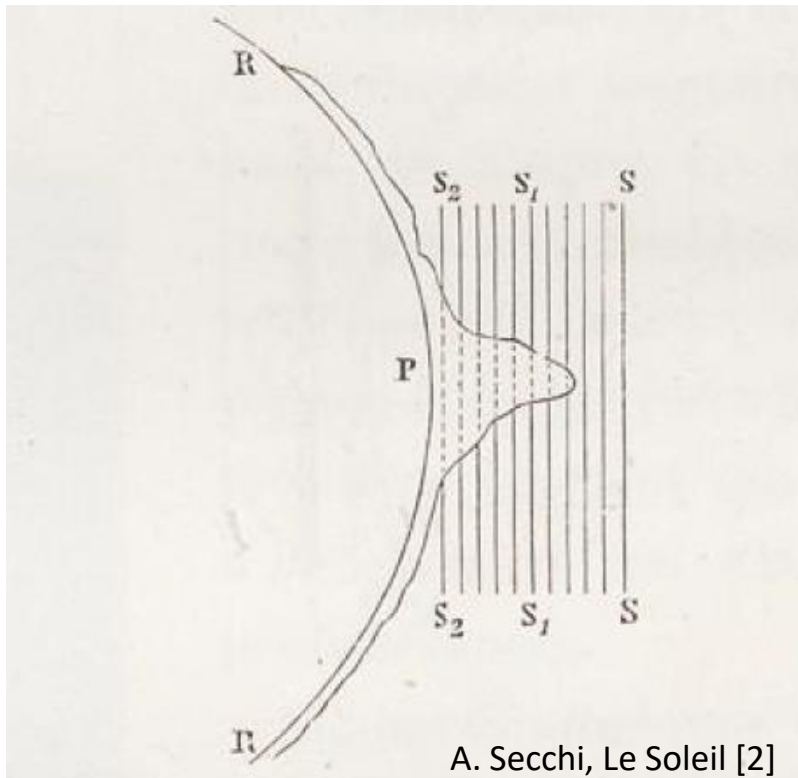
Intensitätsprofil des solaren Streulichtspektrums

- Mit identifizierten Fraunhoferlinien C – F, H α – H β



Fazit

- Mit diesem Setup lässt sich, leicht angepasst an die heutigen Digitalkameras, A. Secchis historischer Versuch einfach nachvollziehen
- Das Emissionslinienspektrum von Protuberanzen kann qualitativ dargestellt werden
- Mit den heutigen $H\alpha$ -Filtern können Protuberanzen wesentlich einfacher und besser erforscht werden, als durch das Abtasten mit dem Sonnenrand-parallelen Spektrografenspalt.



Links/Referenzen

[1] A. Secchi's Instrumente im Osservatorio Romano:

<https://tracieloeterra.bicentenarioangelosecchi.it/>
<https://tracieloeterra.bicentenarioangelosecchi.it/glistrumenti/?lang=en>
<https://tracieloeterra.bicentenarioangelosecchi.it/gli-strumenti/>

[2] A. Secchi, Antiquarisches Buch "*Le Soleil*":

<https://www.e-rara.ch/zut/doi/10.3931/e-rara-14748>

[3] M. Scholz, *Kleines Lehrbuch der Astronomie und Astrophysik*

<https://pdfslide.net/documents/kleines-lehrbuch-der-astronomie-und-astrophysik-die-sonne-2-die-sonne-im-pergamonmuseum.html?page=1>

[4] M. Waldmeier, *Das Spektrum der Protuberanzen und chromosphärischen Eruptionen im Gebiet 4900–6700 Å*. Zeitschrift für Astrophysik 1949, Bd. 26

<https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1948Mizur..17C.305W>

[5] Spektrumforum: Wiederholung des Secchi Experiments an der Sternwarte Bülach

<https://forum.sag-sas.ch/viewtopic.php?f=8&t=370&sid=91461bf0aaa5e6e08b930bb7fd9d3fe8>

[6] Demo Video der Secchi Disk: <https://www.youtube.com/watch?v=XYjh6sD6Bqk>

[7] H. Bodmer, *Sonnenwarte mit Zeiss-15-cm-Coudé-Refraktor an der Phänomena in Zürich*, Orion 42 / 1984

<https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=ori-001%3A1984%3A42%3A%3A362>