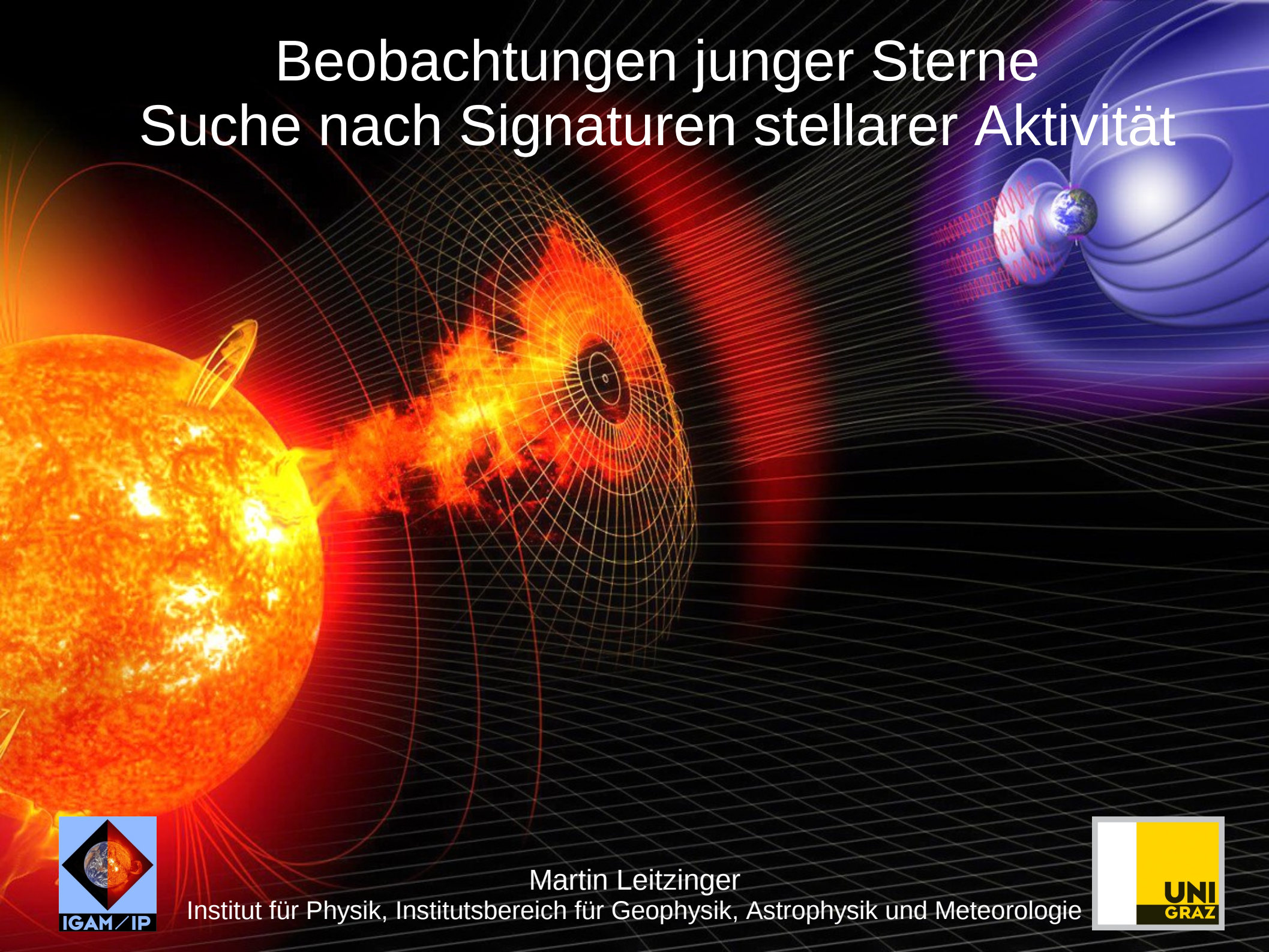


# Beobachtungen junger Sterne Suche nach Signaturen stellarer Aktivität



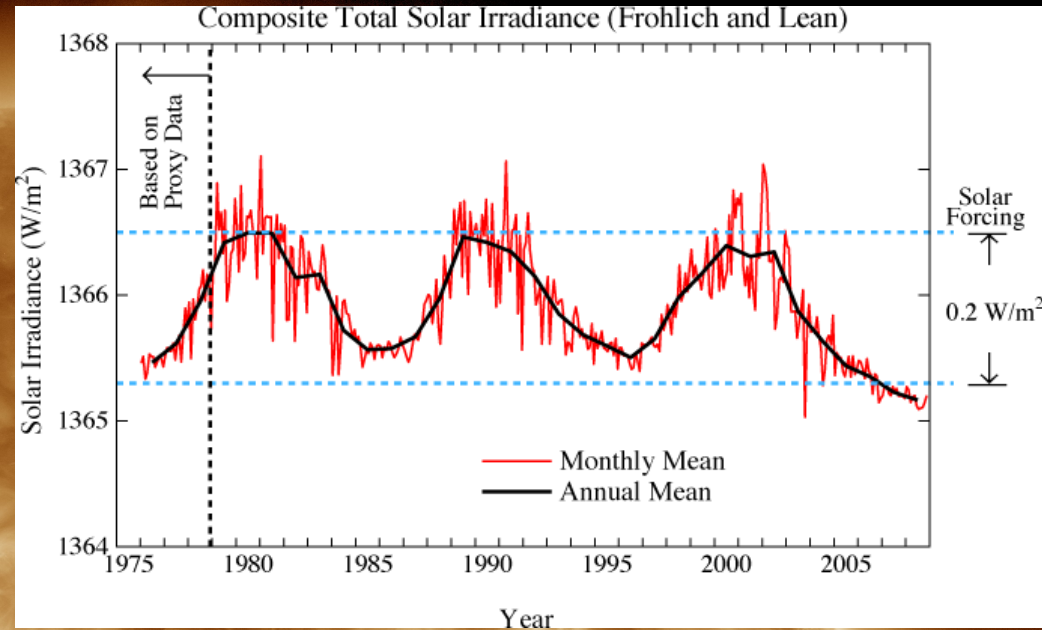
Martin Leitzinger  
Institut für Physik, Institutsbereich für Geophysik, Astrophysik und Meteorologie



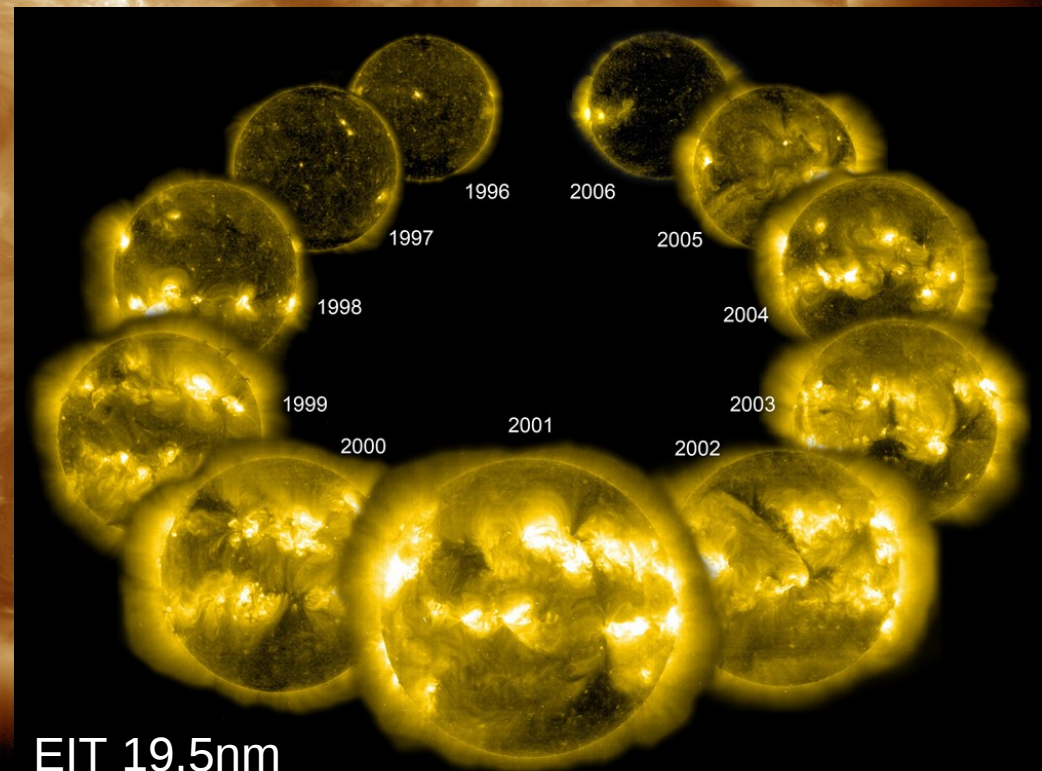


# Was ist solare/stellare Aktivität?

- Sterne transportieren Energie hauptsächlich in Form von Strahlung nach außen
- Ein Stern wie z.B. unsere Sonne strahlt relativ gleichmäßig
- Genauer untersucht strahlt nicht einmal die Sonne gleichmäßig – sie unterliegt einem Aktivitätszyklus der eine periodische Änderung der solaren Strahlungsintensität bedingt
- Stellare und auch solare Aktivität manifestiert sich in Strahlungs- und Masse-ausbrüchen, Sonnen/Stern- flecken, etc.
- Aktivitätsphänomene die in kurzer Zeit sehr viel Energie freisetzen interagieren wie die kontinuierliche solare/stellare Strahlung mit Planeten und deren Atmosphären



Quelle: Frohlich & Lean, 2004, A&ARev, 12, 273-320

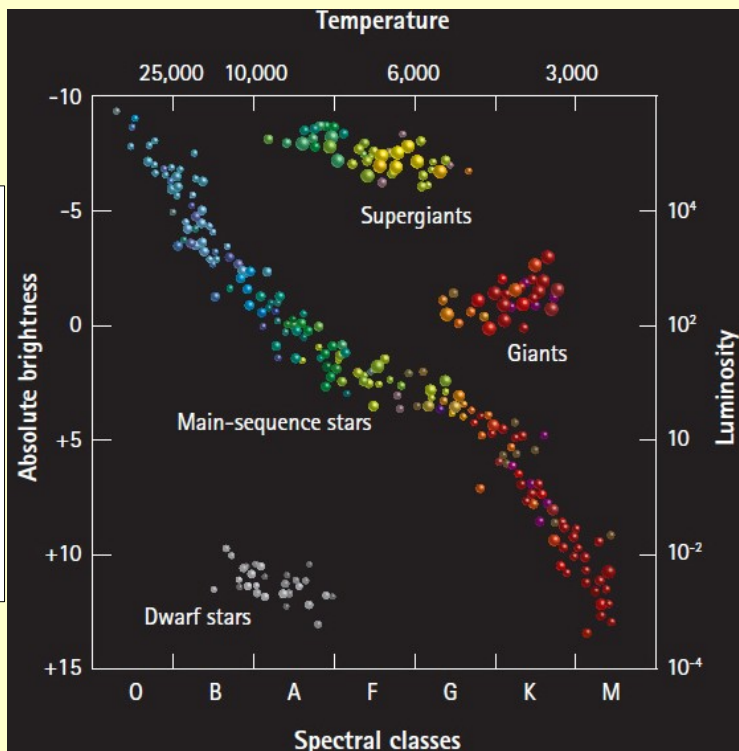


EIT 19.5nm

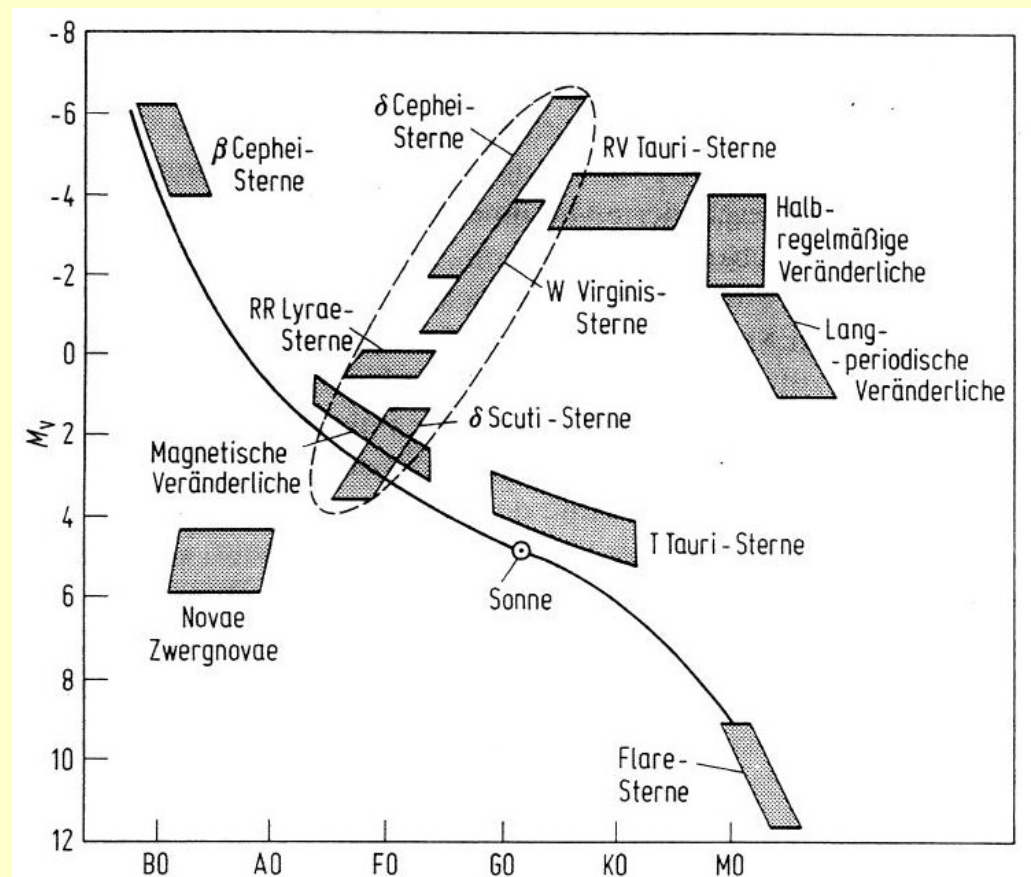
Quelle: <http://apod.nasa.gov>

# Strahlen Sterne gleichmäßig und was sind junge Sterne?

- abhängig vom stellaren Evolutionsstadium
- Hauptreihenstadium ist (vom Spektraltyp abhängig) eine relativ stabile und lange Evolutionsphase
- Stark variable Sterne findet man im Riesengebiet in dem sie turbulente Evolutionsstadien durchlaufen
- die Phase vor der Hauptreihe ist geprägt von sehr starker stellarer Aktivität



- junge Sterne: Wenn das Wasserstoff-Brennen gestartet hat und die Sterne auf der Hauptreihe angekommen sind
- entspricht einem Alter von einigen Dutzend Mio. Jahren für späte Sterne (Spektraltyp F-M)

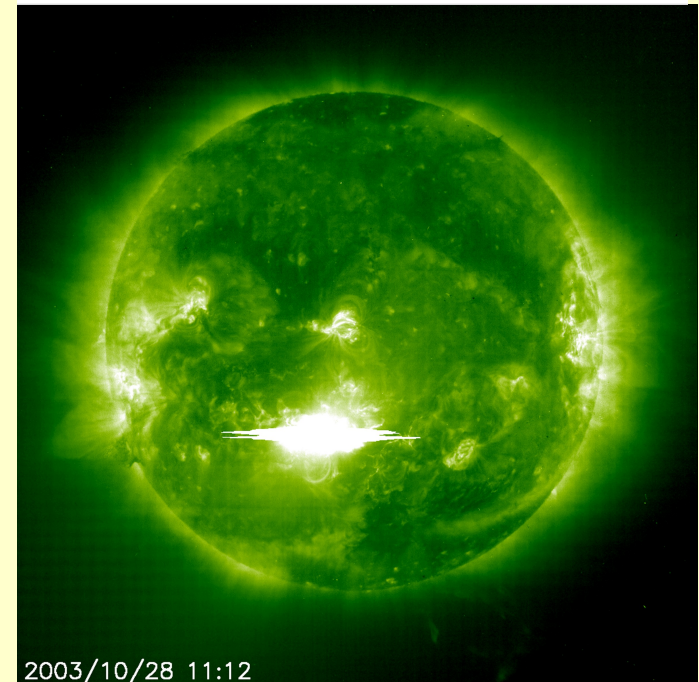
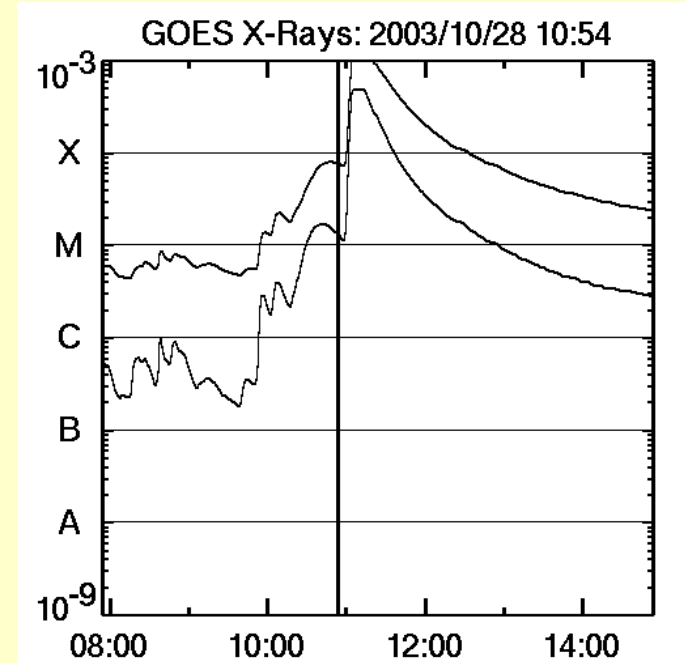




# Welche Aktivitätsphänomene kennt man von der Sonne und Sternen?

## **Strahlungsausbrüche – flares:**

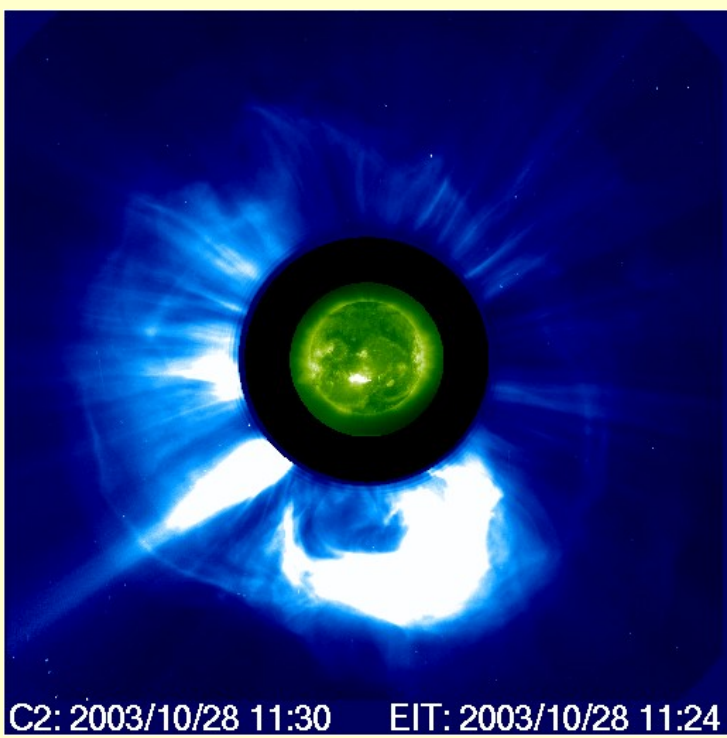
- Plötzlicher Helligkeitsanstieg einer stellaren Region oder sogar des ganzen Sterns
- Plötzlicher Anstieg der lokalen Energieproduktion aufgrund der Verschmelzung von magnetischen Feldlinien - Rekonnexion
- Stärkste solare flares sind um einen Faktor 1000-10000 schwächer als stellare flares - der Grund sind viel stärkere Magnetfelder bei jungen Sternen
- energetische flares sind auf der Sonne sehr selten - auf jungen Hauptreihen-sternen hingegen häufiger





# Masseausbrüche CMEs (Coronal Mass Ejections):

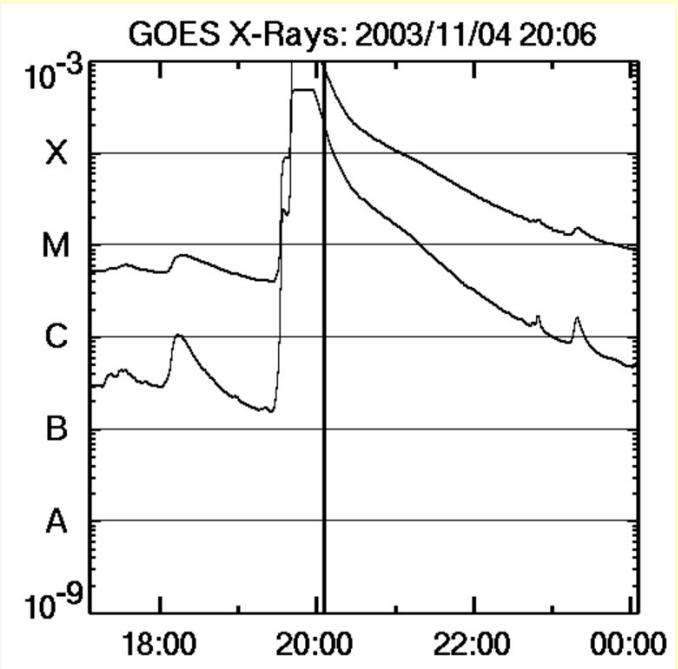
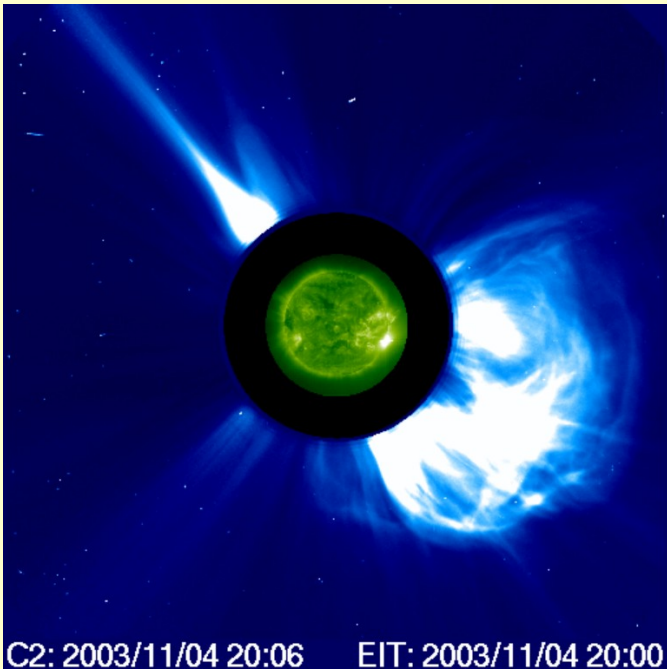
- auch im Fall von CMEs wird in kurzer Zeit solares Plasma auf sehr hohe Geschwindigkeiten beschleunigt und in den interplanetaren Raum geschleudert – Plasma ist zuvor im Magnetfeld gefangen – Protuberanz/Filament ▶ hohe Korrelation zw. eruptiven Protuberanzen und CMEs ▶ eruptive Protuberanz sehr gut sichtbar in der Balmer Linie H $\alpha$
- Energiezufuhr kommt auch hier von verschmelzenden Magnetfeldlinien
- starke Korrelation zw. energetischen flares und CMEs
- die herausgeschleuderte Masse besteht aus hochenergetischen Teilchen wie z.B. Elektronen und Protonen



Quelle: [http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME\\_list/](http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/)

## Relevanz

- CMEs spielen möglicherweise eine tragende Rolle in der Evolution von Sternen (Drehmomentverlust – stellar spin-down, Massenverlust) – insbes. in deren Frühphasen (in den ersten 100en Millionen Jahren)
- Wenn sie in der frühen Hauptreihenphase häufig und energetisch sind dann haben sie einen großen Einfluß auf die Habitabilität von Planeten





# Ein ewiges Wechselspiel zwischen Stern und Planet

Sterne beeinflussen permanent Planeten die sich um diese bewegen durch

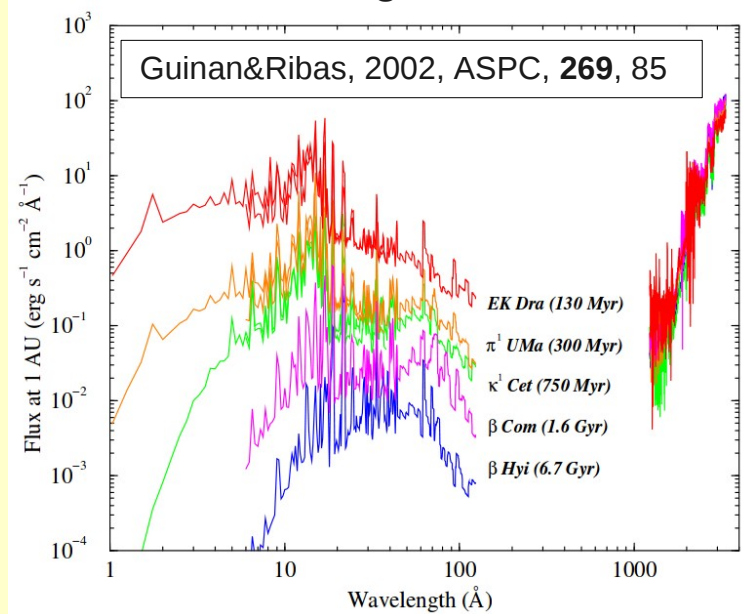
- kontinuierliche stellare Strahlung und Teilchenströme (solarer/stellarer Wind)
- sporadische Aktivitätsphänomene wie flares und CMEs

***Sind flares und CMEs relevant für die Habitabilität von Planeten?***

- JA – wenn diese häufig auftreten und ausreichend Energie besitzen.
- Besonders relevant für Planeten in habitablen Zonen um M-Sterne, da diese sehr nah am Stern sind ( $\sim 0.2\text{AU}$ )
- JA – wenn der Planet ein schwaches bzw. kein Magnetfeld besitzt.
- Dann ist die planetare Atmosphäre vor den geladenen Teilchen im stellaren Wind und den hochenergetischen Teilchen in CMEs ungeschützt – der Planet verliert Atmosphäre
- Herrscht zusätzlich noch eine intensive Strahlungsumgebung (üblich bei jungen Sternen) dann verliert der Planet umso leichter seine Atmosphäre und somit die Voraussetzung Leben zu beherbergen

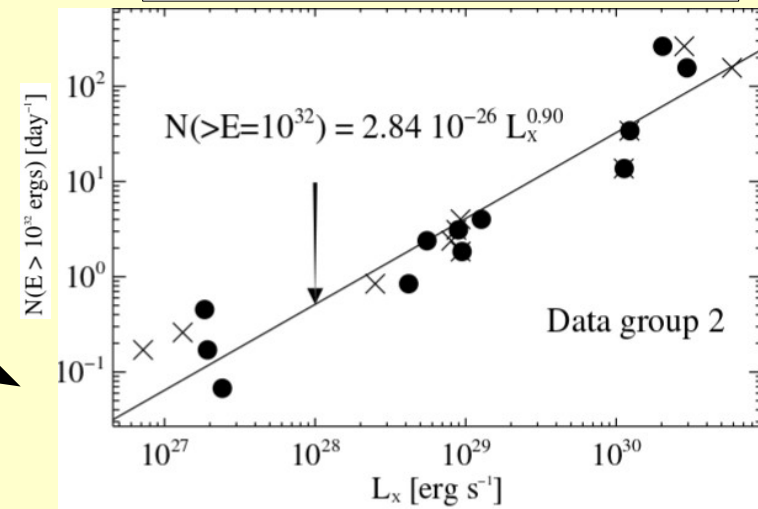


# Stellare Strahlungsausbrüche:



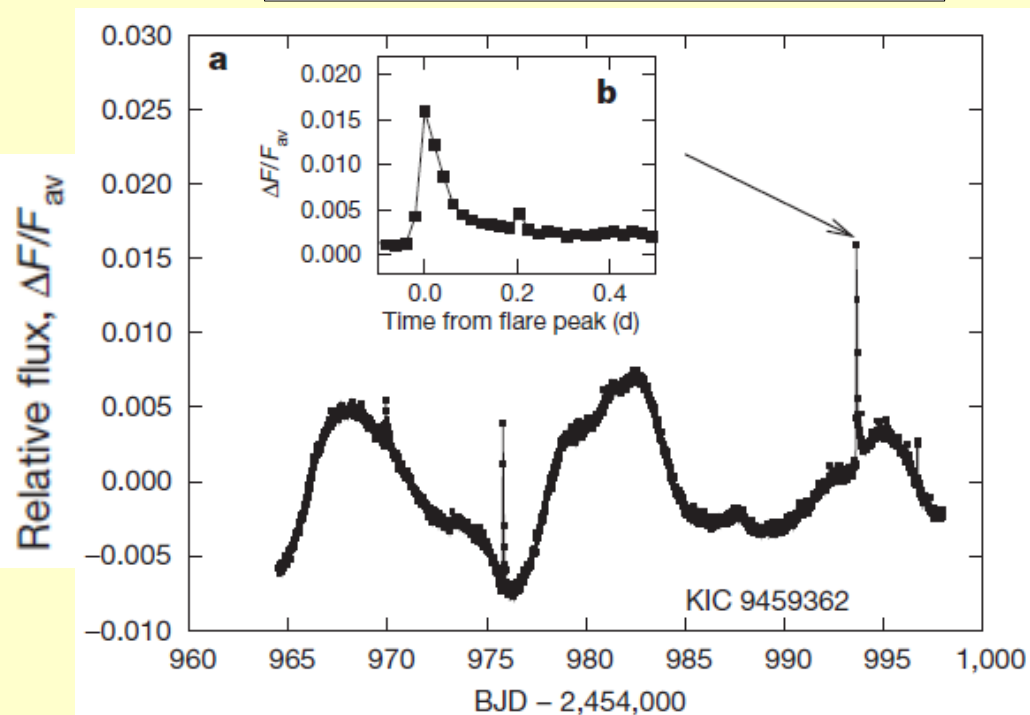
- Junge Hauptreihensterne zeigen höhere Röntgenleuchtkräfte ( $L_x$ ) als unsere Sonne
- Es existiert ein Zusammenhang zw. der Röntgenleuchtkraft von HR-Sternen und Anzahl von flares pro Tag mit bestimmten Energien ( $N(E > E_c)$ )

Audard et al., 2000, ApJ, **541**, 396-409



Eindeutig über die Lichtkurve zu detektieren

Maehara et al., 2012, Nature, **485**, 478-481

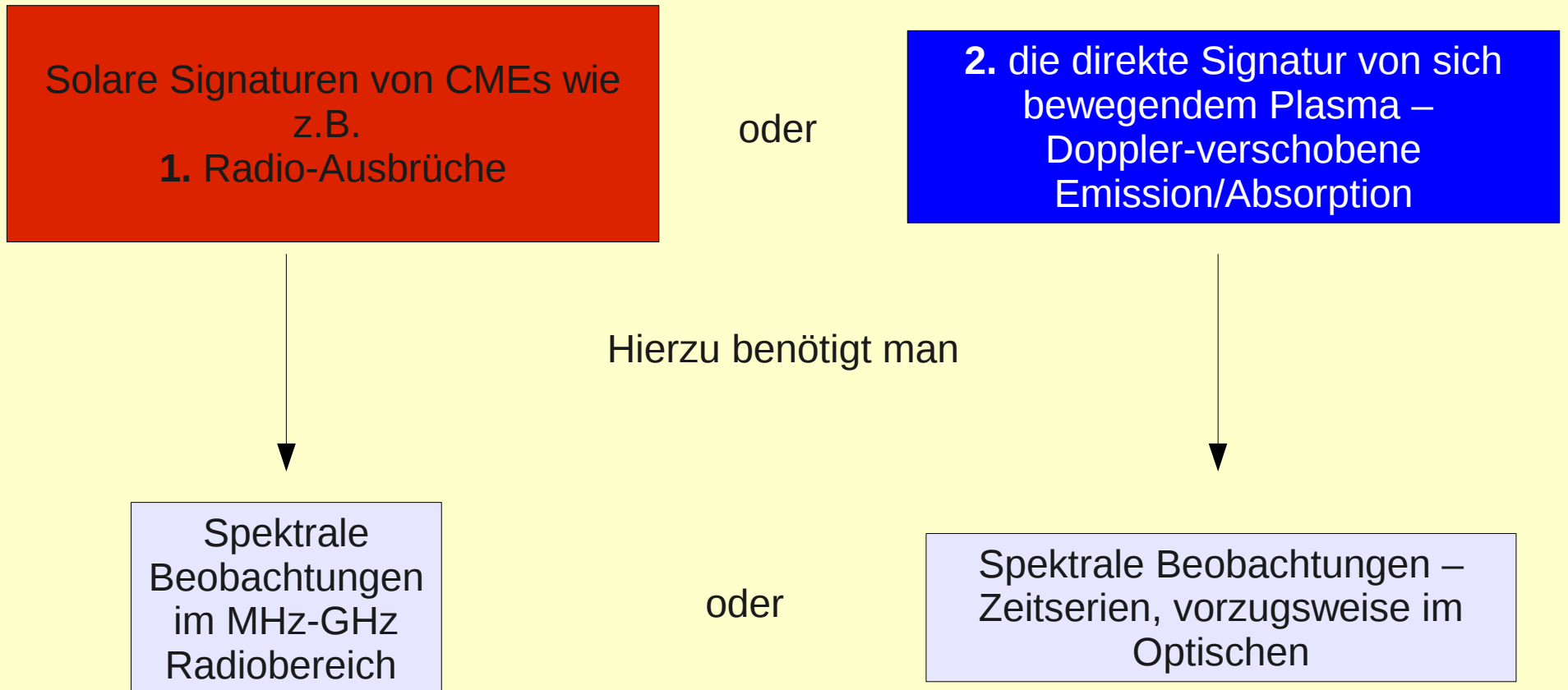


## Superflares auf jungen Sternen *junge sonnenähnliche Sterne:*

- Aus einem sample von 83 000 Sternen, beobachtet mit dem Kepler Satelliten, zeigen 148 Sterne flares mit Energien stärker als der Carrington Event im 19 Jahrhundert auf der Sonne (energetischste Event in den Aufzeichnungen)
- Junge Sterne haben höhere magnetische Energien und größere Aktivitätsgebiete/Sternflecken keine dieser Flare-Sterne hat einen Planeten

# Wie kann man CMEs bei Sternen detektieren?

Direkte Detektion wie auf der Sonne ist aufgrund der Entfernung nicht möglich, d.h. man verwendet entweder



Zur Charakterisierung stellarer Aktivitätsphänomene konzentrieren wir uns auf junge  
Hauptreihensterne



# Doppler-verschobene Emissionen/Absorptionen als direkte Signatur von sich bewegendem Plasma

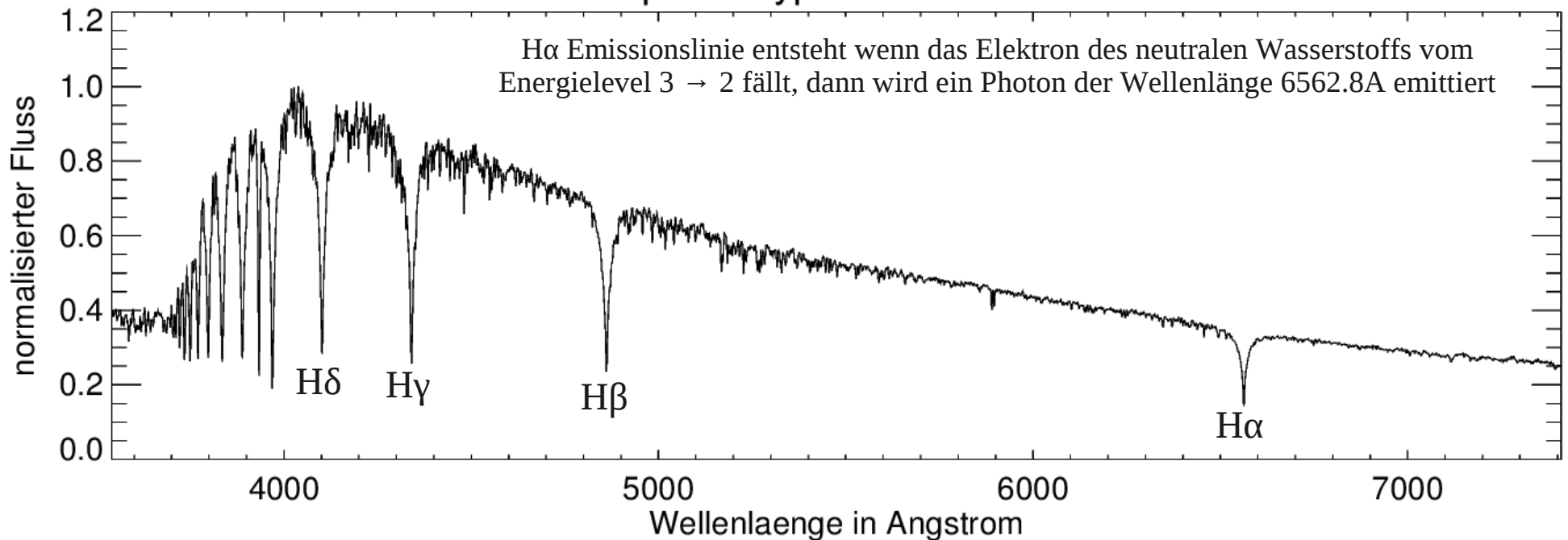
**Doppler Effekt:** eine sich bewegende Quelle emittiert Strahlung bei einer anderen Wellenlänge als eine Quelle im Ruhezustand

Eine CME ist eine sich bewegende Quelle – Plasma bewegt sich vom Stern weg – dieses kann man in einem Spektrum sehen

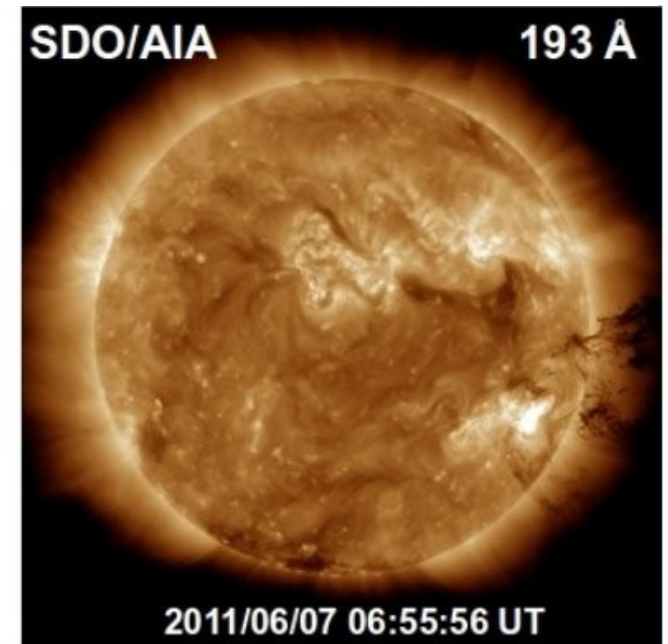
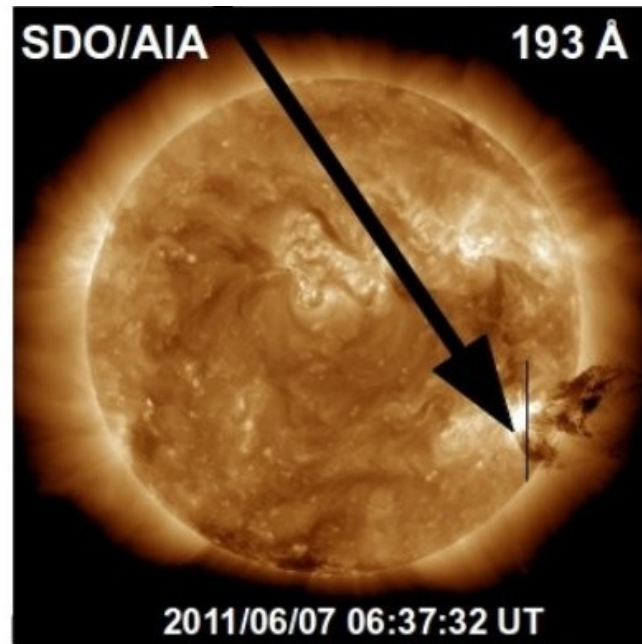
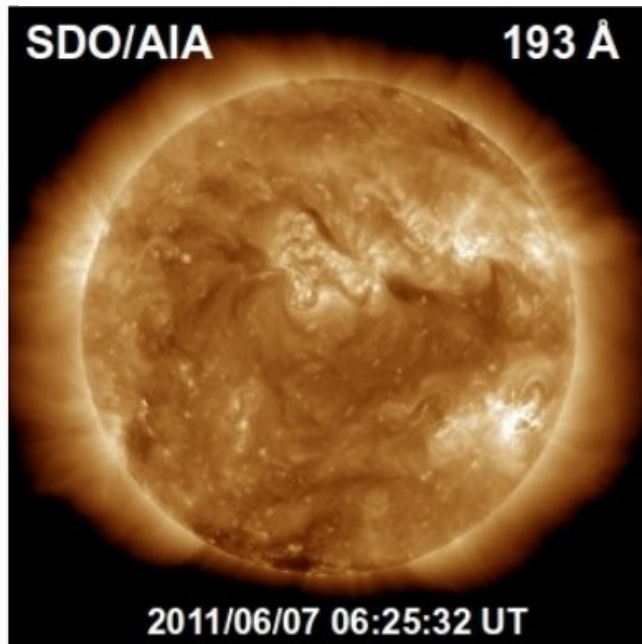
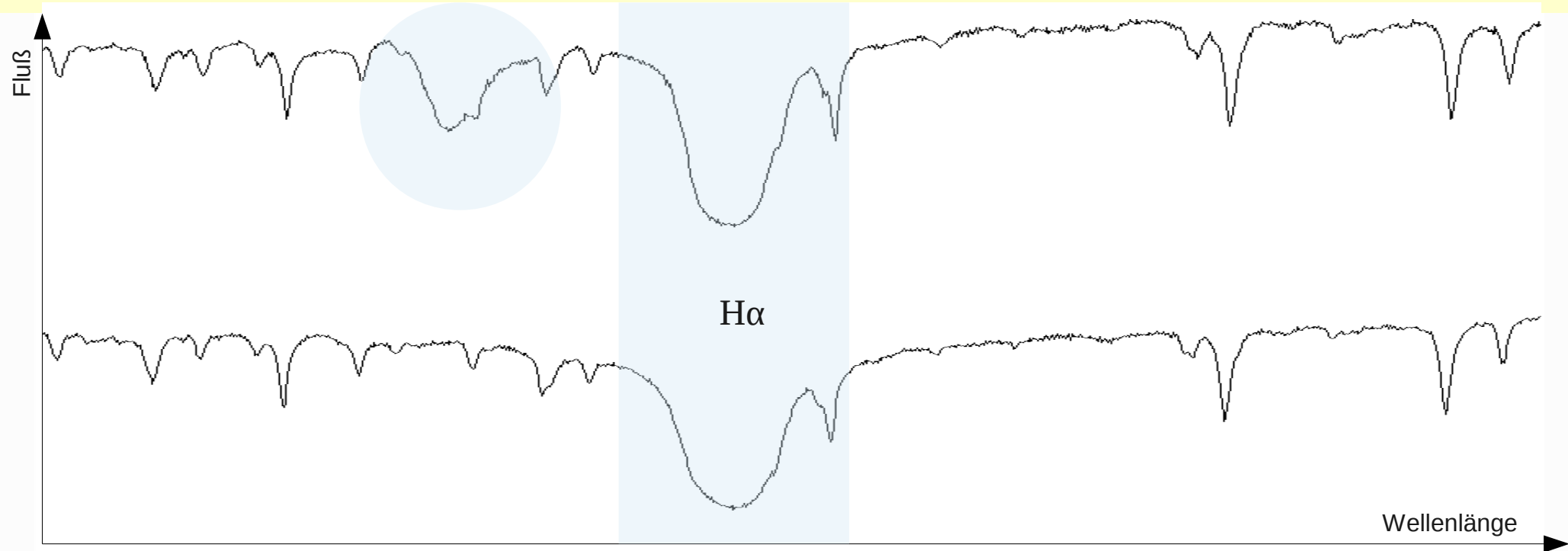
## Was ist ein Spektrum?

*Energieverteilung des stellaren Strahlung in Abhängigkeit der Wellenlänge – kontinuierliche Strahlung mit Emissions und Absorptionslinien.*

HD23924 Spektraltyp A7 Leuchtkraftklasse V



Diese Signatur ist auf der Sonne in H $\alpha$  sichtbar





# Welche Beobachtungsmöglichkeiten gibt es?

**In Graz:**



BMK – 30cm – Astrograph  
Imaging

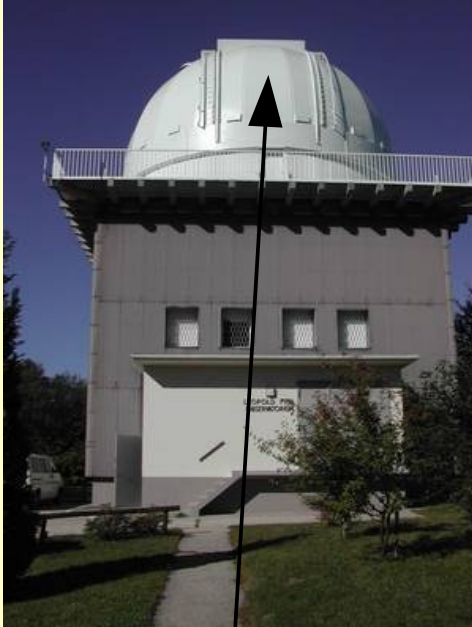


ASA 50cm Cassegrain Spiegelteleskop,  
Imaging und Spektroskopie

# In Österreich:

Leopold Figl Observatorium der  
Universität Wien

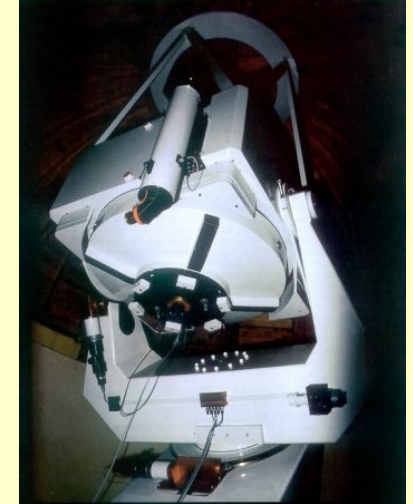
<http://astro.univie.ac.at/foa/>



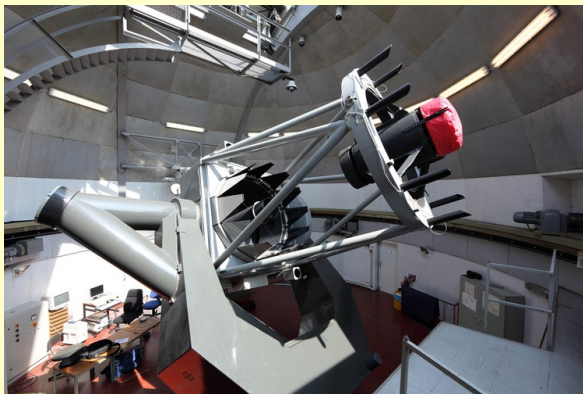
## Privatobservatorien und öffentliche Sternwarten



Purgathofer Privatsternwarte



1m Ritchey Chretien  
Spiegelteleskop



1.5m Ritchey Chretien Spiegelteleskop  
Spektroskopie und Imaging



Sternwarte Grebenzen



80cm Spiegelteleskop

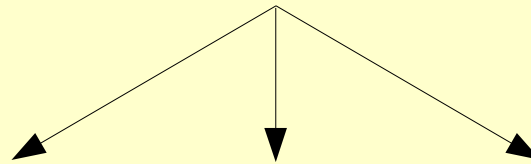


## Weltweit:

- relevant für Österreich ist die Europäische Südsternwarte, European Southern Observatory – **ESO**
- Österreich ist seit 2009 Mitglied ESO und somit 14. Mitgliedsland

Was bietet die ESO für  
österreichische  
Wissenschaftler?

3 Beobachtungsstandorte  
in Chile



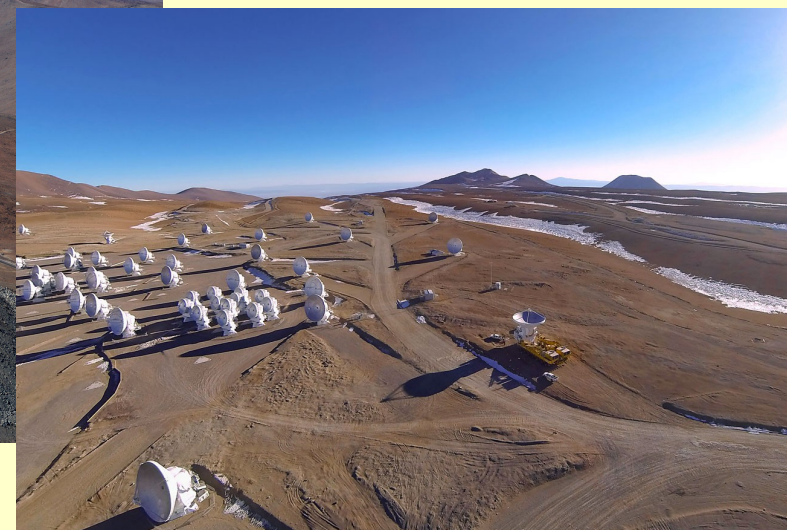
LaSilla (2400m)



Paranal (2635m)



Chajnantor (5000m)



## La Silla:



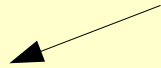
ESO 3.6m, HARPS

## New Technology Telescope



ESO NTT (3.6m)  
EFOSC2

- Einzel und multi-Objekt Spektrographen
- Instrumente im Optischen und Infra roten
- Widefield Instrumente
- HARPS: Radial-Geschwindigkeits-Messungen - Planetensuche



High Accuracy Radial velocity Planet Searcher

ESO Faint Object Spectrograph and Camera

## Paranal:

### Very Large Telescope



4 VLTs  
(1 VLT-8.2m)

### Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy



VISTA 4.1m

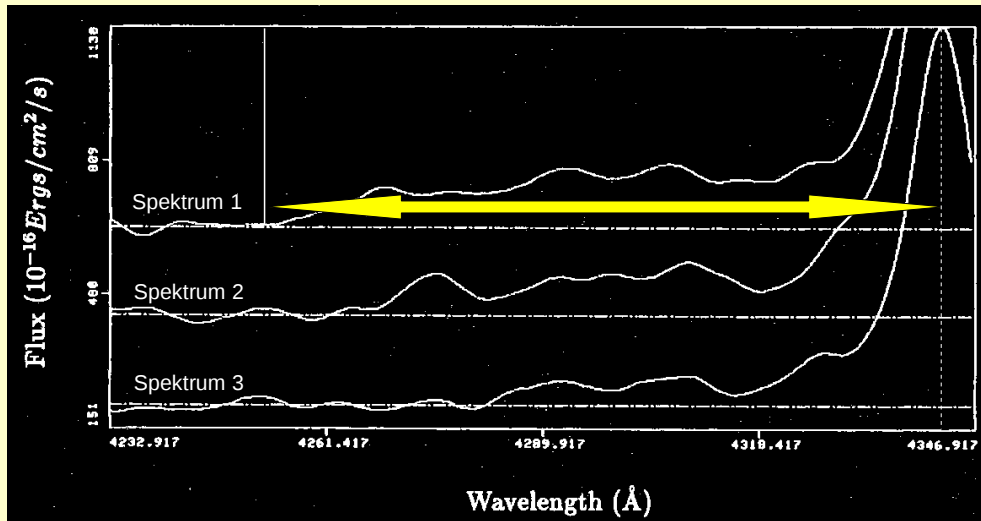
- Hochauflösende Einzel und multi-Objekt Spektrographen
- Instrumente im Optischen und Infra roten
- Widefield Instrumente



# Die Anwendung

## Dopplerverschobene Emission/Absorption als Signatur von CMEs

Houdebine et al., 1990, A&A, **238**, 249-255

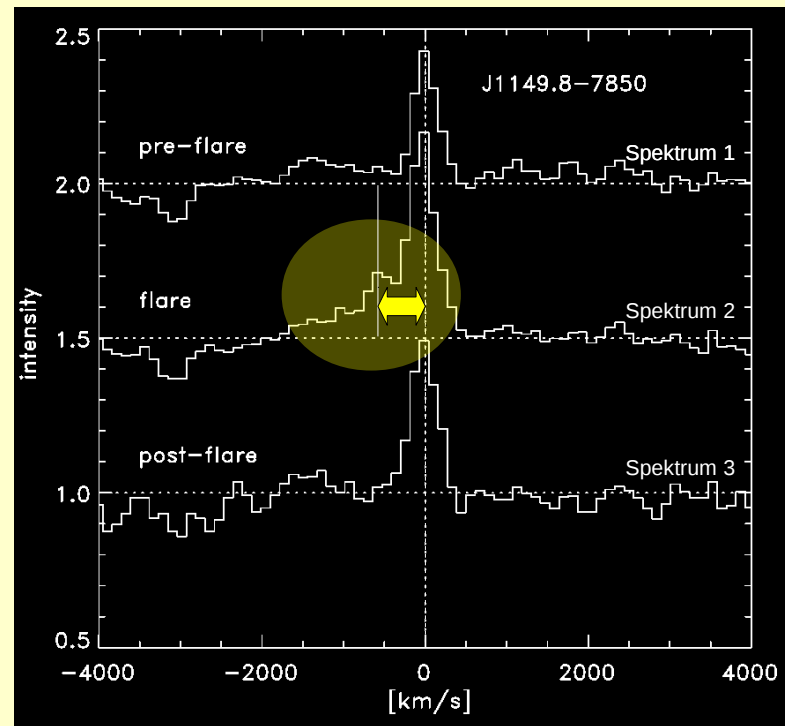


- H $\alpha$  Zeitserie eines 200 Myr Jahre alten dM3.5 Ve Sterns (AD Leo)

-  $v_{\text{CME}} \sim 5000 \text{ km s}^{-1}$

-  $M_{\text{CME}} \sim 7.7 \times 10^{17} \text{ g}$

Guenther&Emerson, 1997, A&A, **321**, 803-810



### Sonne:

-  $v_{\text{CME}}$  bis 2000-3000  $\text{km s}^{-1}$  (schnellste CMEs)

-  $M_{\text{CME}}$  bis  $10^{17} \text{ g}$  (massereichsten CMEs)

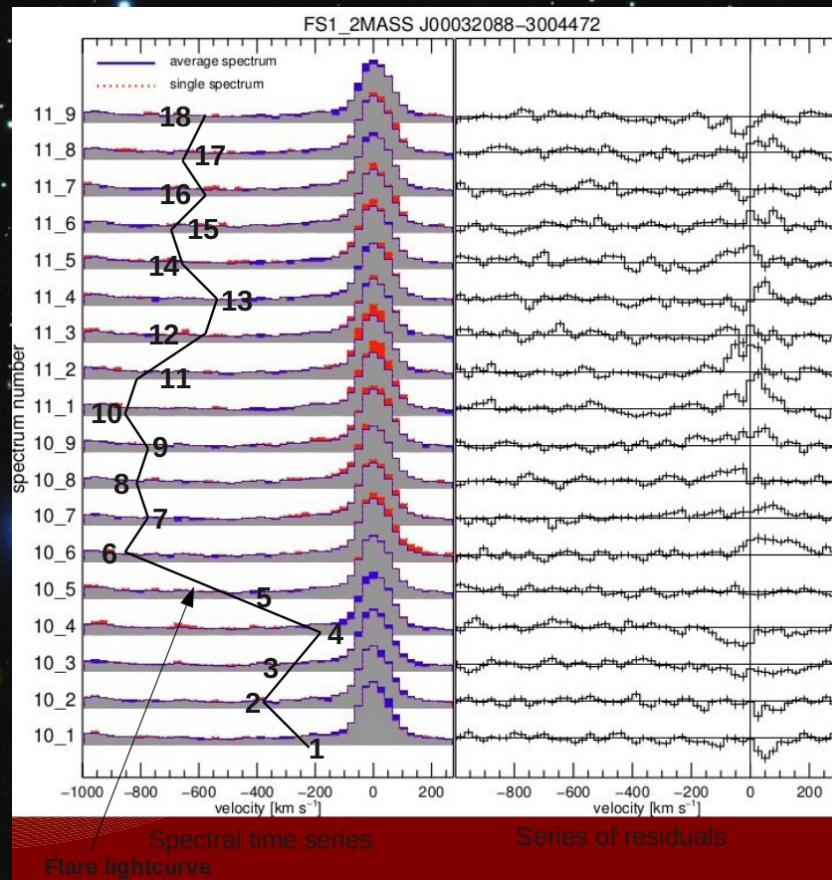
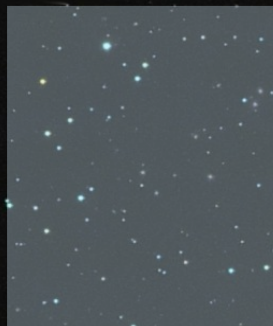
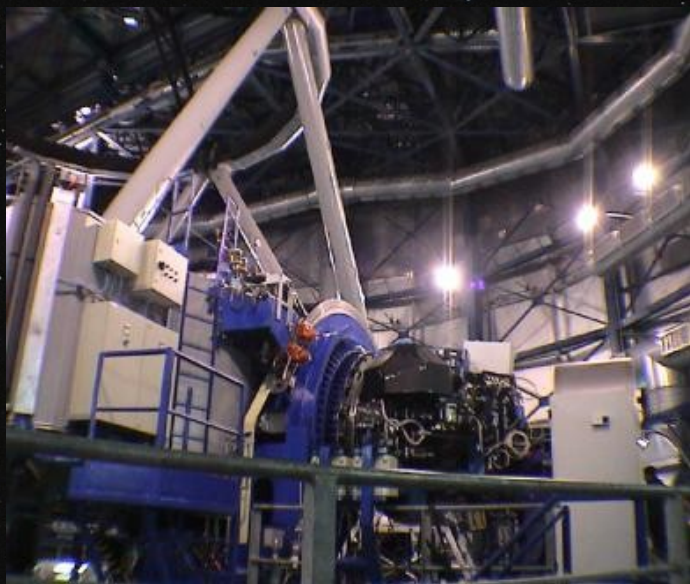
- H $\alpha$  Zeitserie eines Vor-Hauptreihensterns – Alter < 100 Myr

-  $v_{\text{CME}} \sim 600 \text{ km s}^{-1}$

-  $M_{\text{CME}} \sim 1.4 \times 10^{18} - 7.8 \times 10^{19} \text{ g}$

# Eine Suche nach Signaturen von CMEs auf Sternen des offenen Sternhaufens Blanco-1

- 5 Stunden spektroskopische Beobachtung von 14 K-M Hauptreihensternen des offenen Sternhaufens Blanco-1 (~100 Myr) mit dem **Visible MultiObject Spectrograph (VIMOS)** am VLT in Paranal
- keine Detektion von Signaturen von CMEs in Zeitserien von H $\alpha$  Spektren
- unter Verwendung von Verteilungen solarer CME Parameter wie Geschwindigkeit und Masse Herleitung einer Abschätzung welche CME-Massen wir hätten detektieren können
- zumindest 1 CME mit Massen zw.  $1\text{-}15 \times 10^{16} \text{g}$  pro Stern hätte detektiert werden sollen
- um diese zu detektieren hätten wir Spektren besserer Qualität benötigt





# Was kann man daraus schließen:

- Sehr massive stellare CMEs sind nicht sehr häufig
- Es ist anzunehmen daß masseärmere CMEs häufiger sind, ähnlich wie bei der Sonne

um dies zu belegen werden Beobachtungen höherer Qualität benötigt – besseres Signal

die nächsten offenen Sternhaufen liegen bei einigen dutzend pc und erstrecken sich über einige Grad am Himmel, d.h. die Sterndichte ist sehr niedrig und man bekommt nicht viele Objekte in das Gesichtsfeld des Instruments

Möglich durch

- a. hellere Objekte
- b. größere Teleskope



# Zukünftige Großteleskope

- Standort: Chile Atacama Wüste, Cerro Armazones (auf 3060m), 20km vom Cerro Paranal
- 39m Spiegel, bestehend aus 100en Elementen
- Instrumente: optische und infrarote Imager und Spektrographen in versch. Wellenlängenbereichen
- IGAM ist zuständig (gemeinsam mit der Uni Wien) für einen Teil der Reduktions-Pipeline für den Imager des METIS (**M**id-Infrared **E**-ELT **I**mager and **S**pectrograph) Instruments des E-ELTs
- Wissenschaftliche Ziele: Entdeckung von Erd-Zwillingen, Sternentstehung, Kosmologie
- Geplant für 2022 – Gesamtkosten über 1.1 Milliarden €



ESO's E-ELT  
(European Extremely  
Large Telescope)

