

Die Sonne – ein Stern im Detail (7)

Wie funktionieren solare Flares?



Wie funktionieren solare Flares?

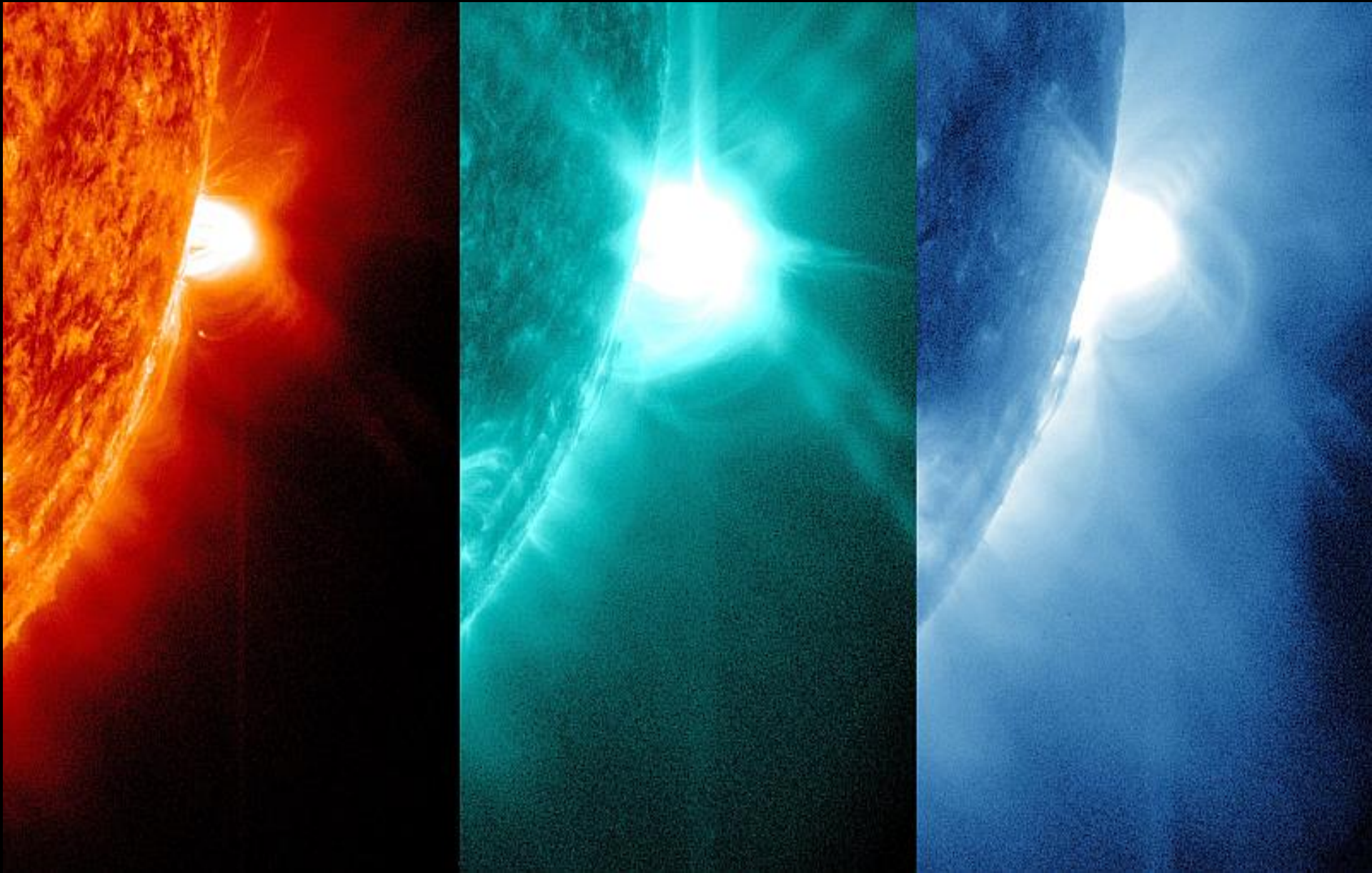
Problem:

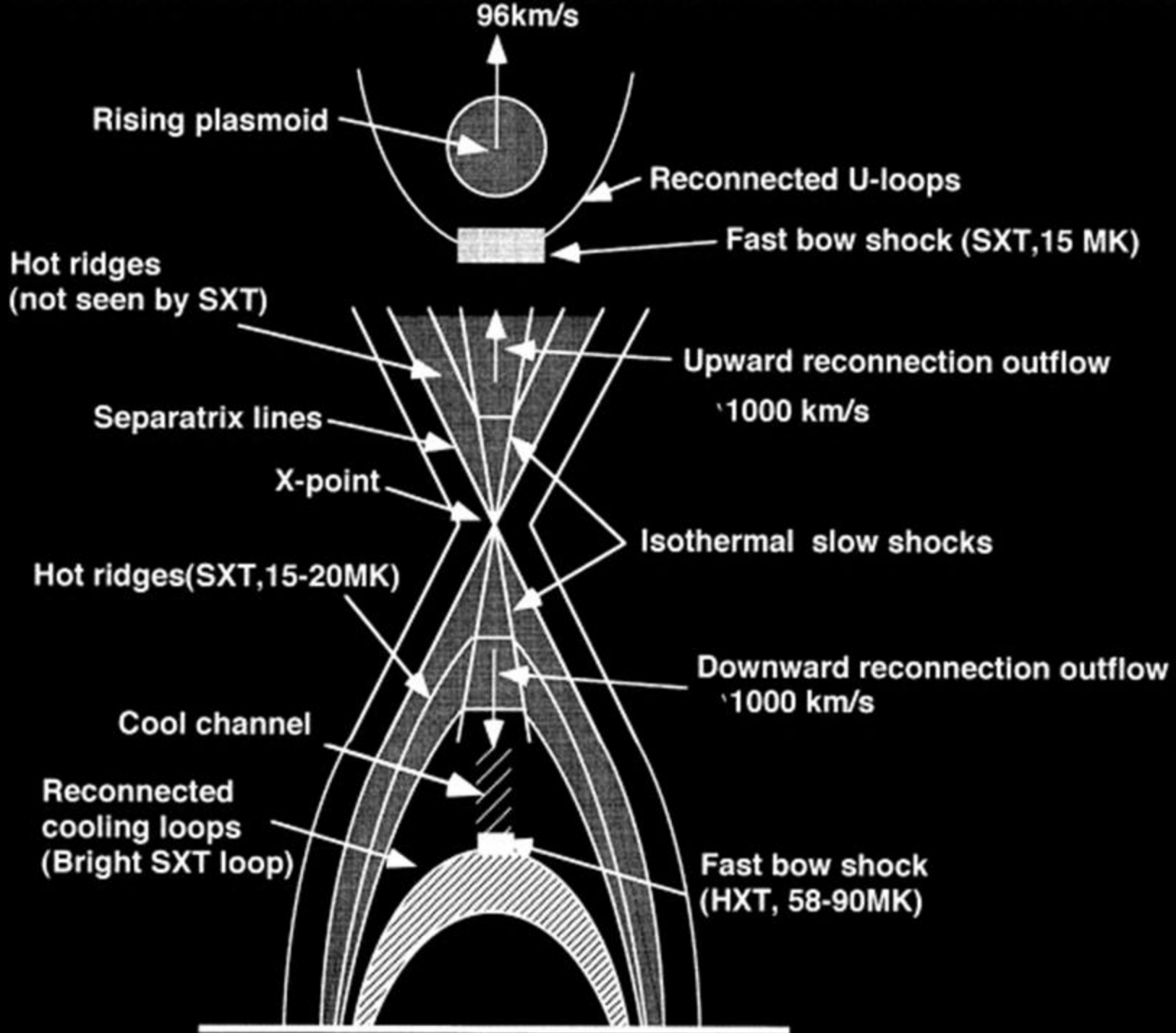
Durch welche physikalischen Prozesse wird die in den komplexen Lokalen Magnetfeldern gespeicherte Energie freigesetzt?

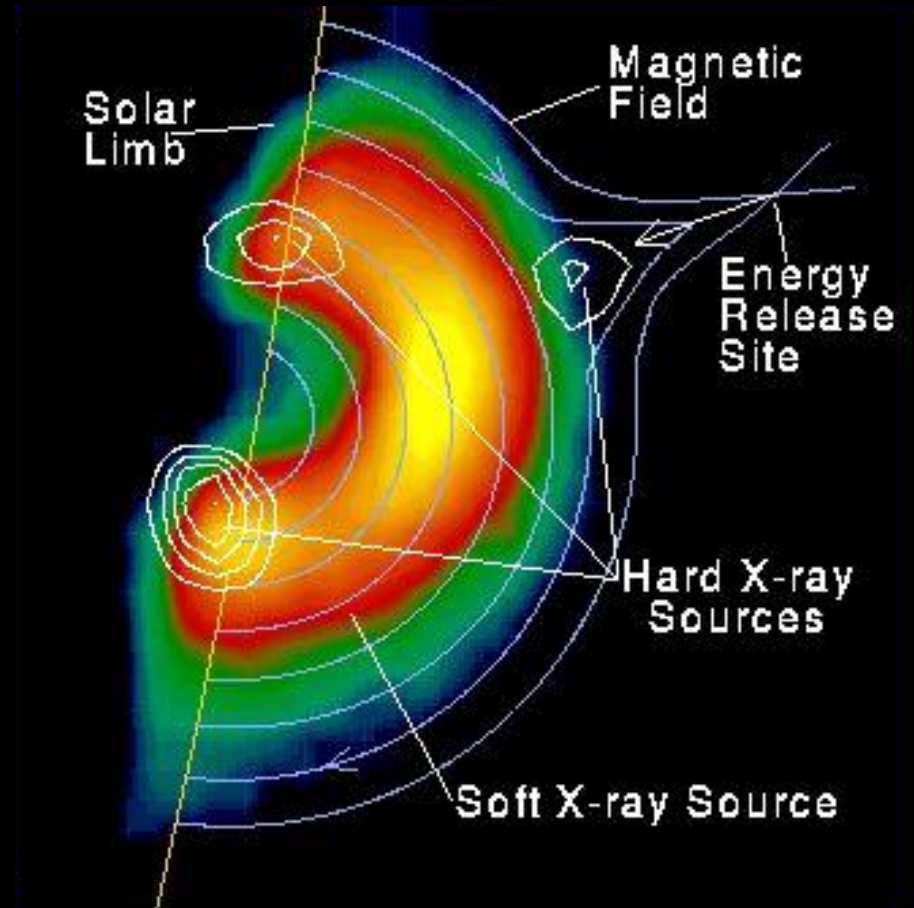
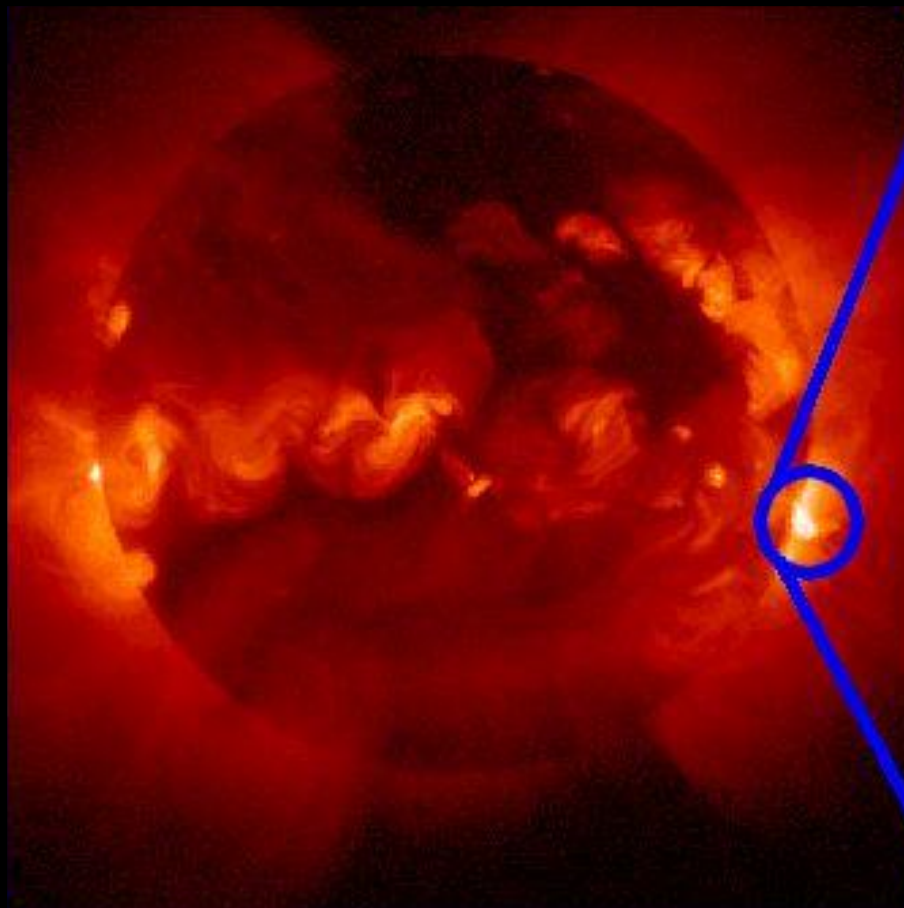
Beobachtungsergebnisse:

- Röntgen- und Gammastrahlungsemissionen innerhalb sehr kurzer Zeiträume ($t \sim 5$ Minuten)
- Two ribbon flares in der Chromosphäre
- postflare-Loops
- Koronale Masseauswürfe
- lokal extrem hohe thermische Temperaturen (20 Mill. K)
- sehr komplexe, gescherte Magnetfelder
- typische Entwicklung von Radioemissionen (Bursts)
- manchmal White Light Flares

Intensiver Flare am Sonnenrand

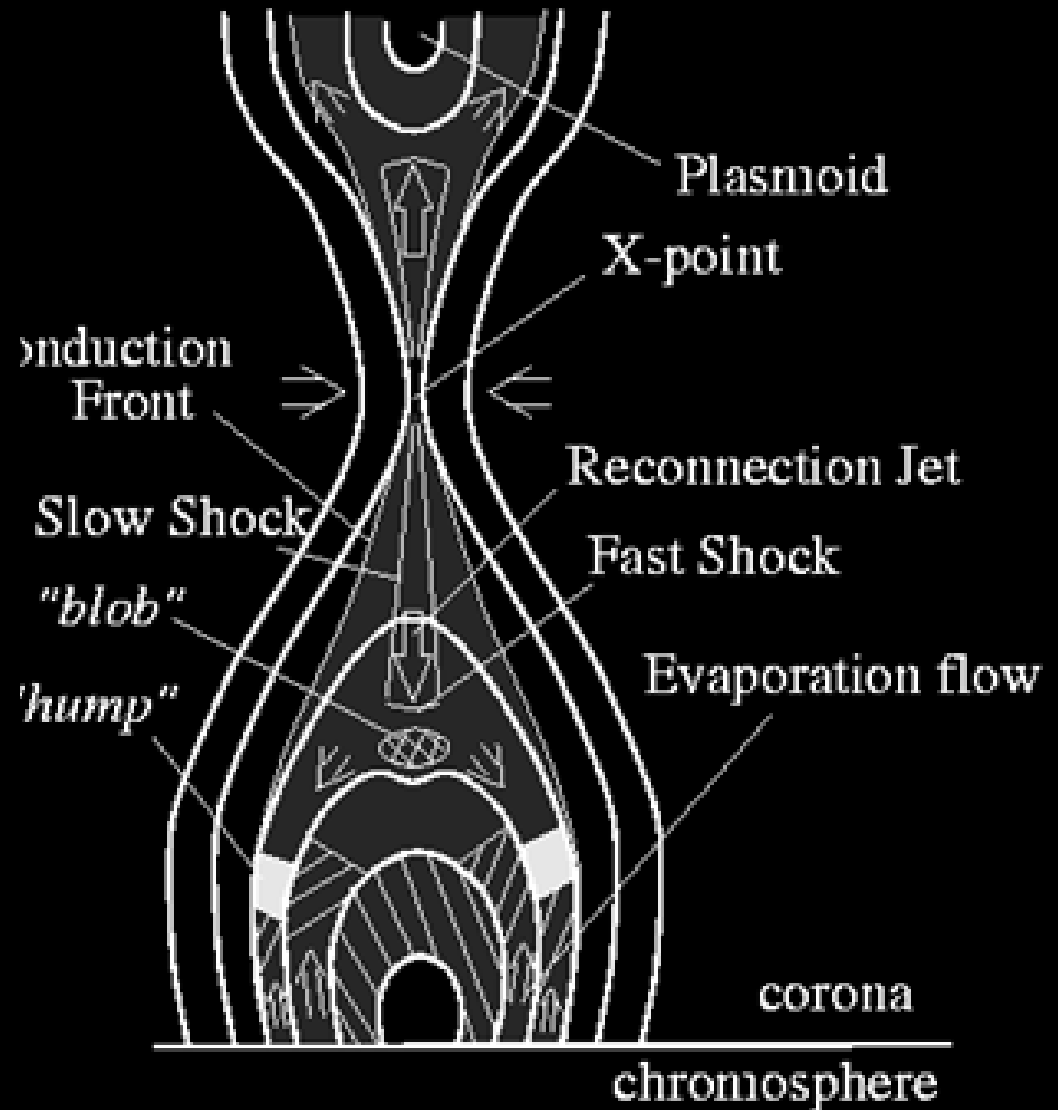
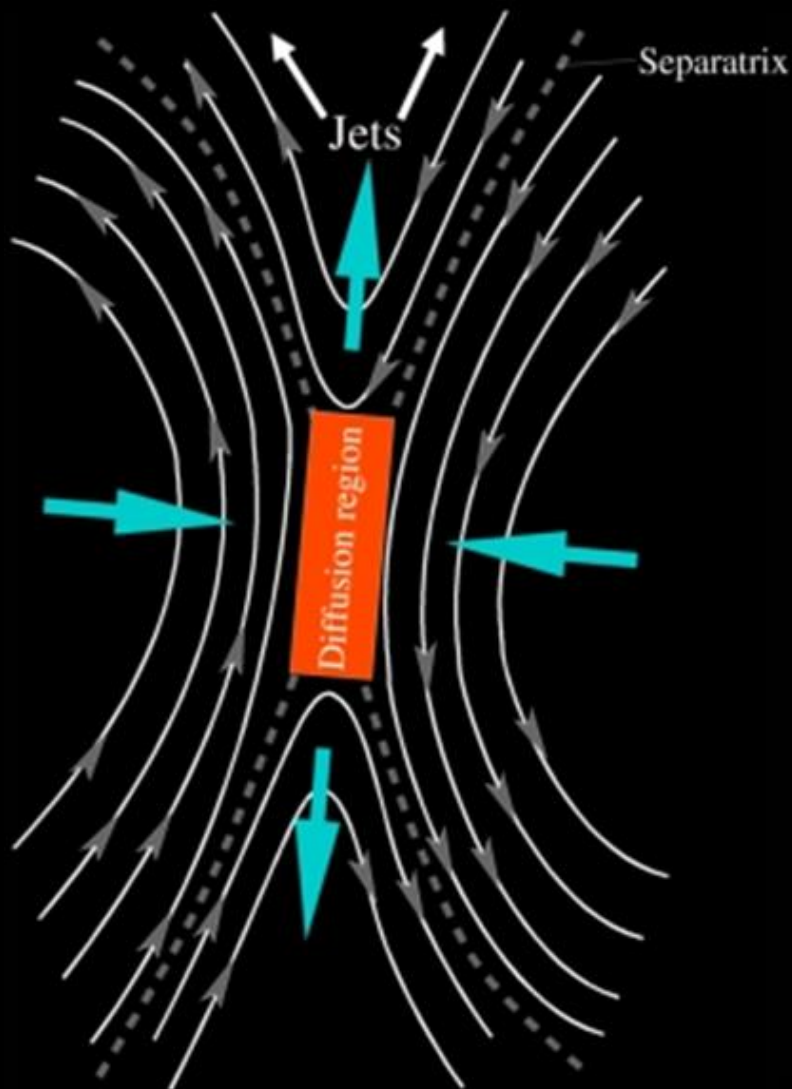




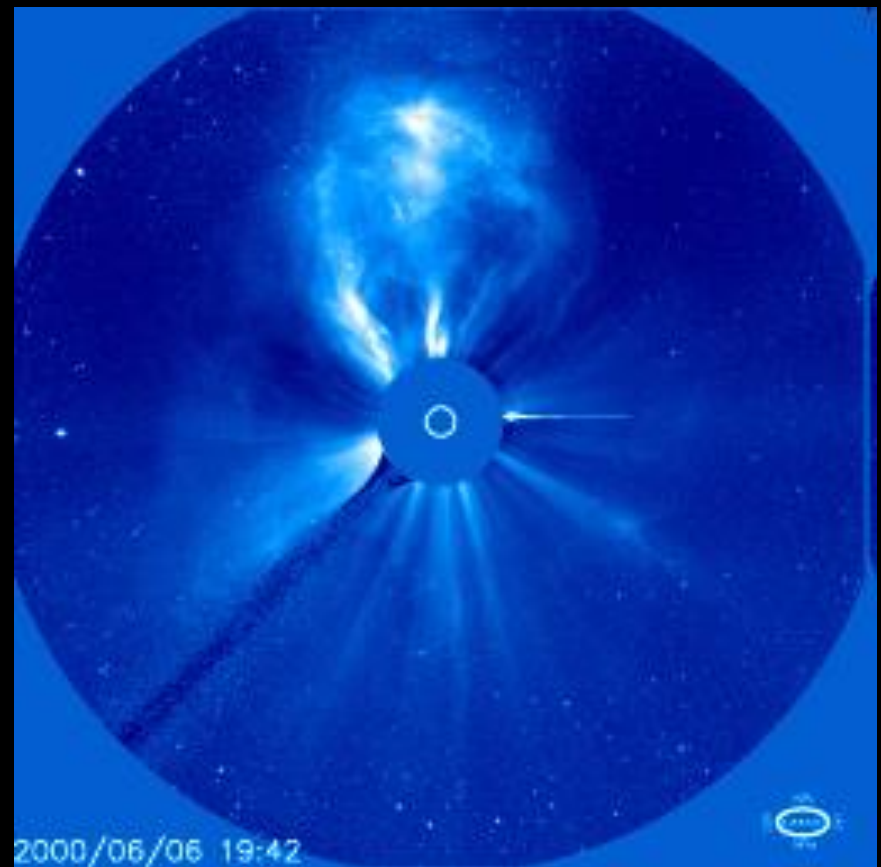
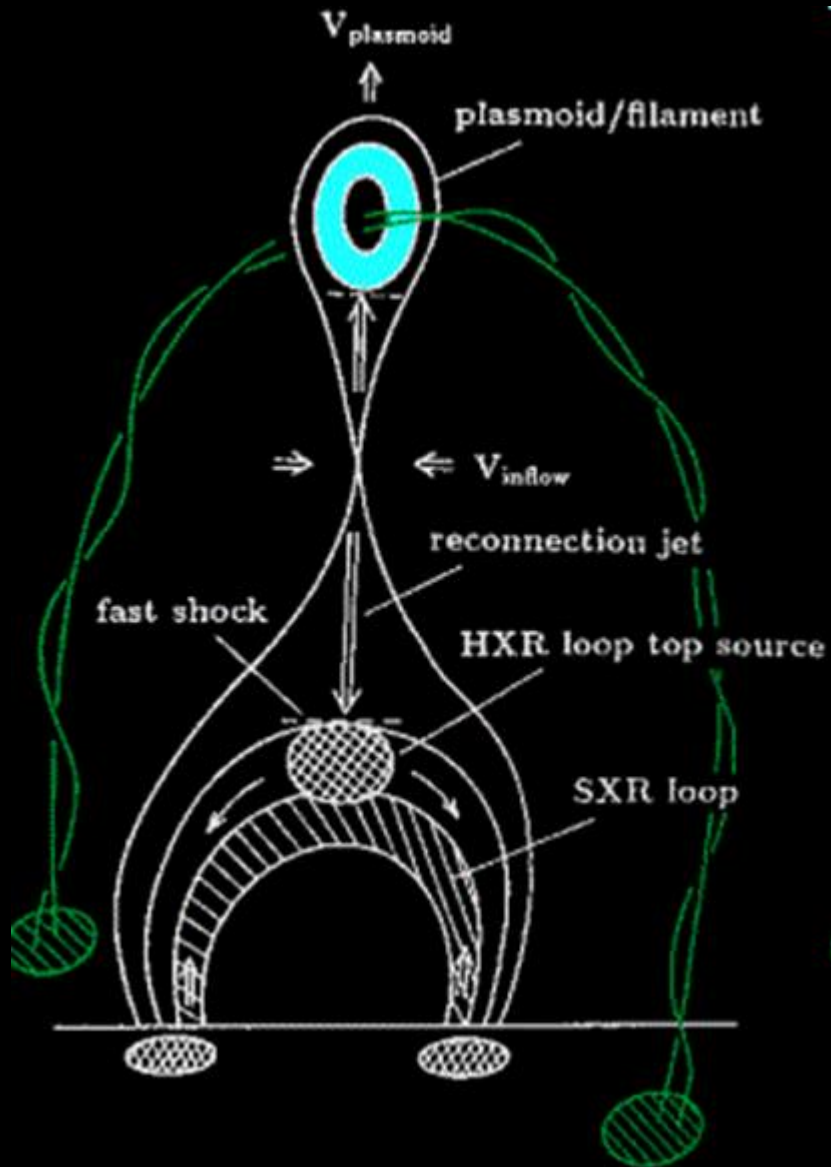


Freisetzung der magnetischen Energie durch „Rekonnektion“

Magnetische Rekonnektion



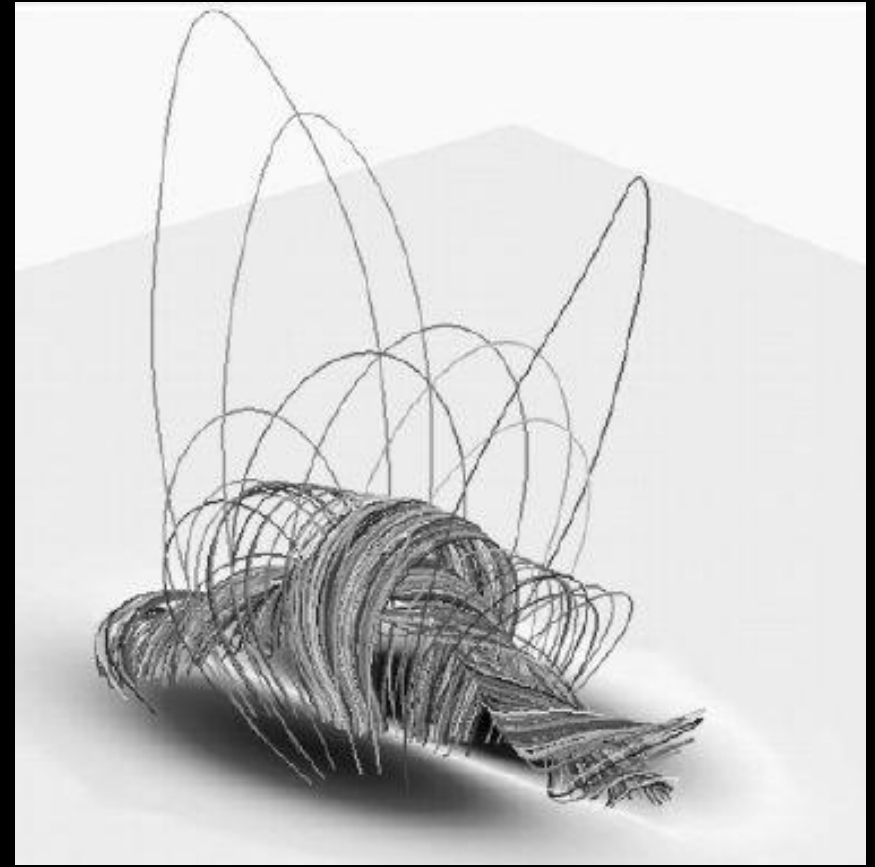
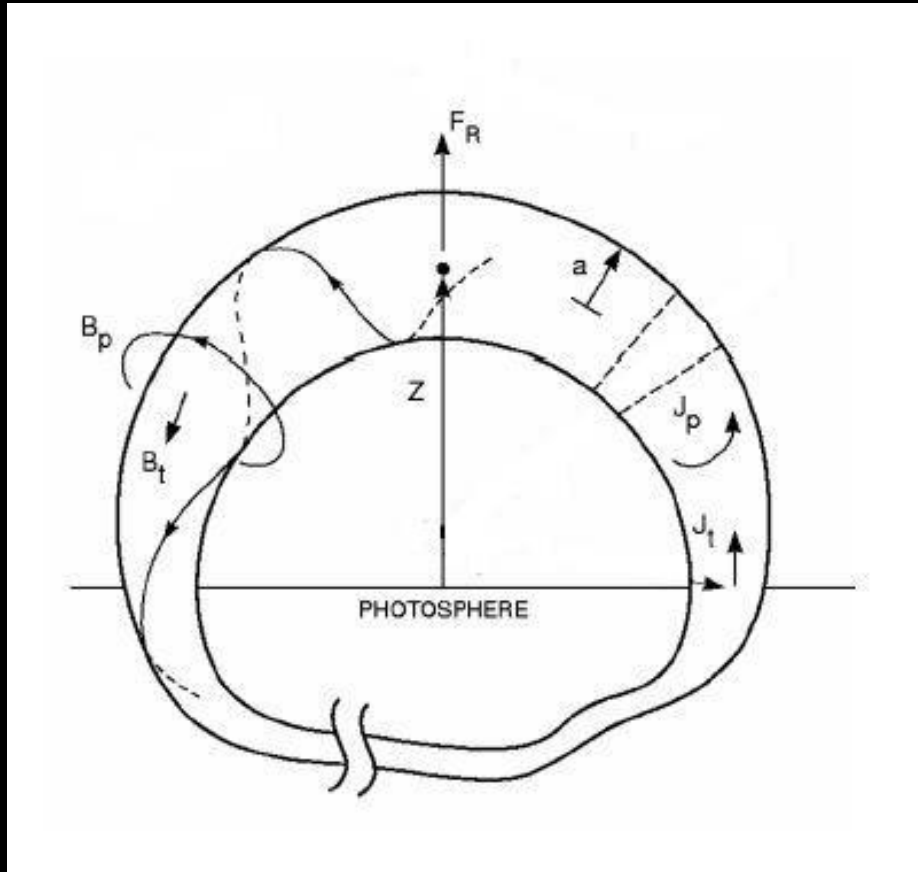
Entstehung koronaler Masseausstöße - Plasmoids



Eigenschaften von koronalen Masseauswürfen

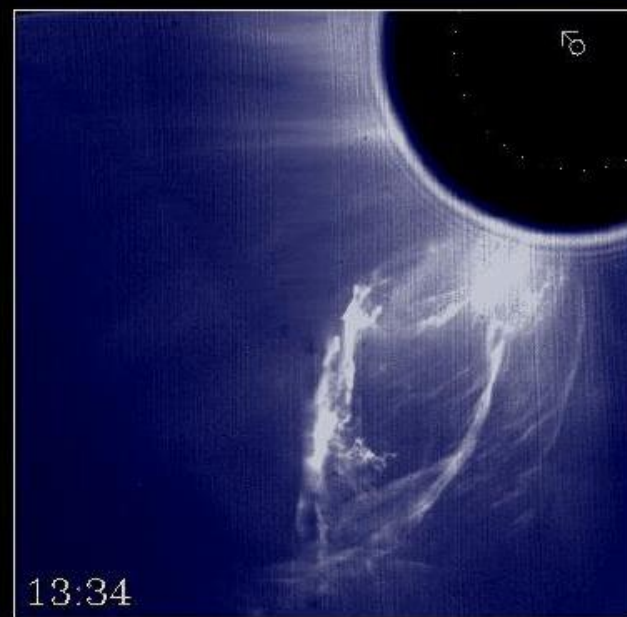
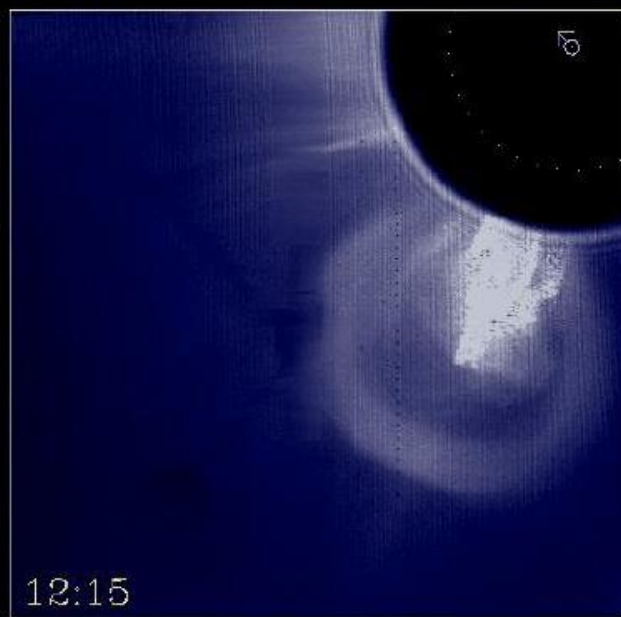
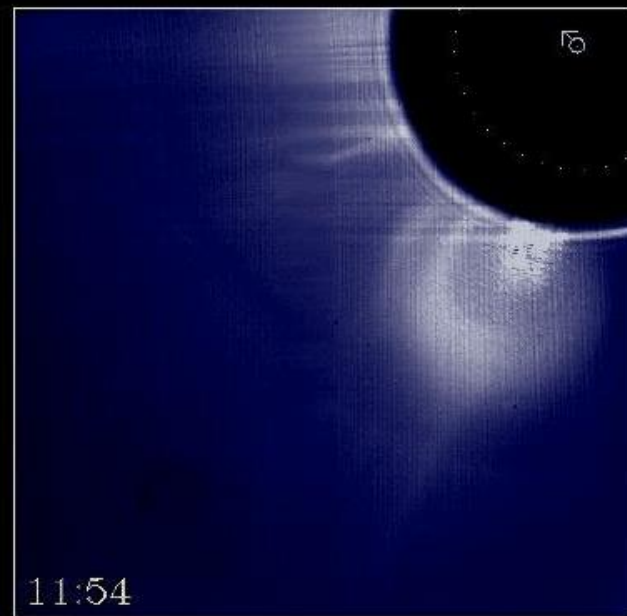
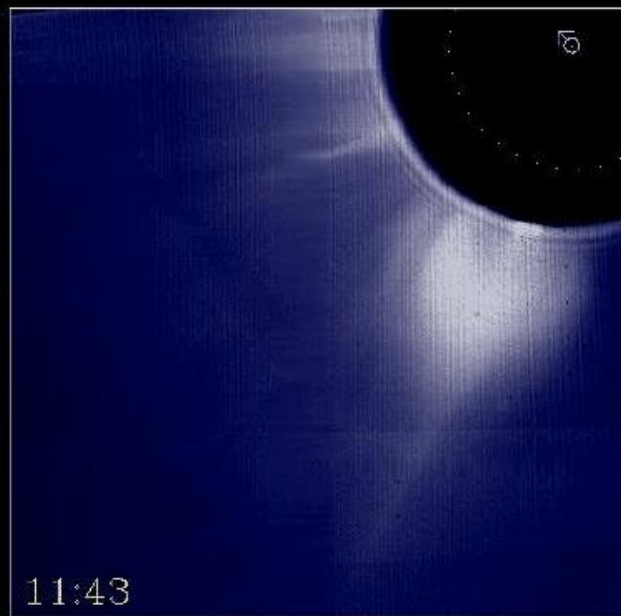
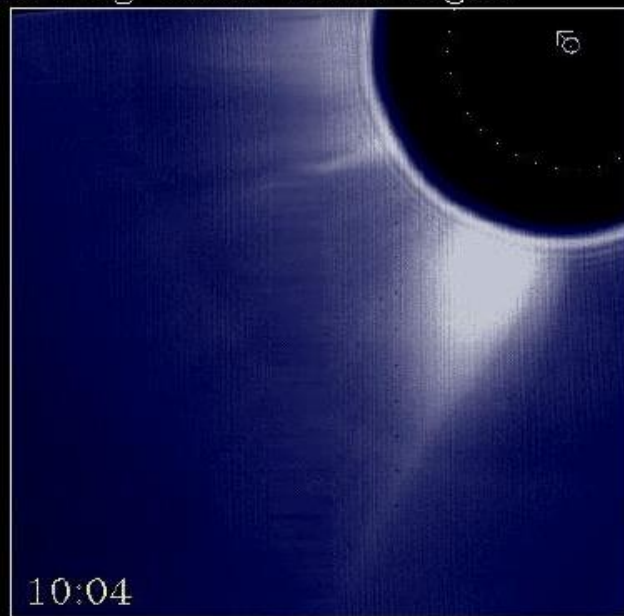
- Explosionsartiger Ausstoß von geladenen Teilchen (bis 10^{13} kg) mit einer Geschwindigkeit zwischen 100 bis 1000 km/s (Mittelwert 400 km/s)
- Energieabfluß zwischen 10^{24} .. 10^{25} J
- Treten im Mittel 1 mal pro Tag auf (3.5 – 0.2 /d)
- 70% Ausgangspunkt eruptive Protuberanz, 30% Flare
- Dynamik ist sehr komplex
- Plasmawolken bleiben bei ihrem Weg durch das Sonnensystem in einer magnetischen Flasche (Plasmoid, Sigmoid, flux rope) gefangen
- Führen auf der Erde zu magnetischen Stürmen

Verdrillte Magnetfelder



Geometrie und Modell der Magnetfeldstruktur einer einfachen und einer komplexen „flux rope“

18 Aug 1980: White Light



Source: High Altitude Observatory/Solar Maximum Mission Archives

HAO A-013

Chromosphärisch aktive Sterne

Welche Sterntypen gehören der Familie der CA-Sterne an?

- RS-CV-Sterne (Doppelsterne mit einem Weißen Zwerg als Komponente)
- BY-Dra-Sterne (Spektraltyp dKe bis dMe)
- **UV-Ceti-Sterne** (Flare-Sterne)
- Viele sonnenähnliche Hauptreihensterne (Spektraltyp G0 bis G5)
- T-Tauri-Sterne (junge vollkonvektive Vorhauptreihensterne)

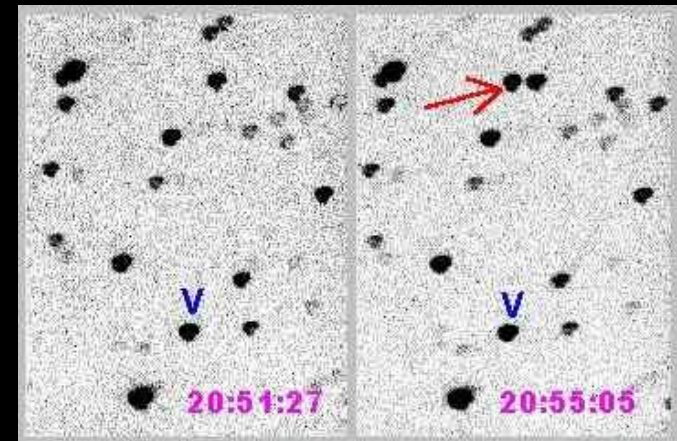
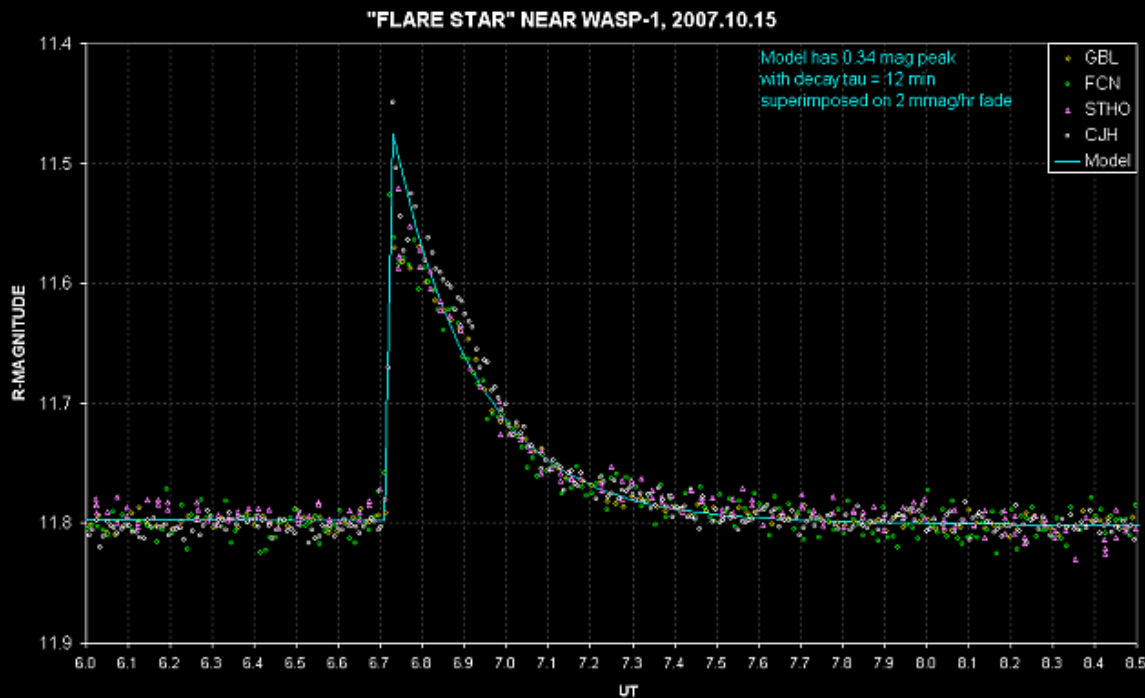
Wichtige Merkmale:

- H und K – Linie des einfach ionisierten Kalziums in Emission
- Sternflecken (nachweisbar in der Lichtkurve, Doppler-Tomographie)
- Intensive chromosphärische Ausbrüche
- Starke intrinsische Magnetfelder

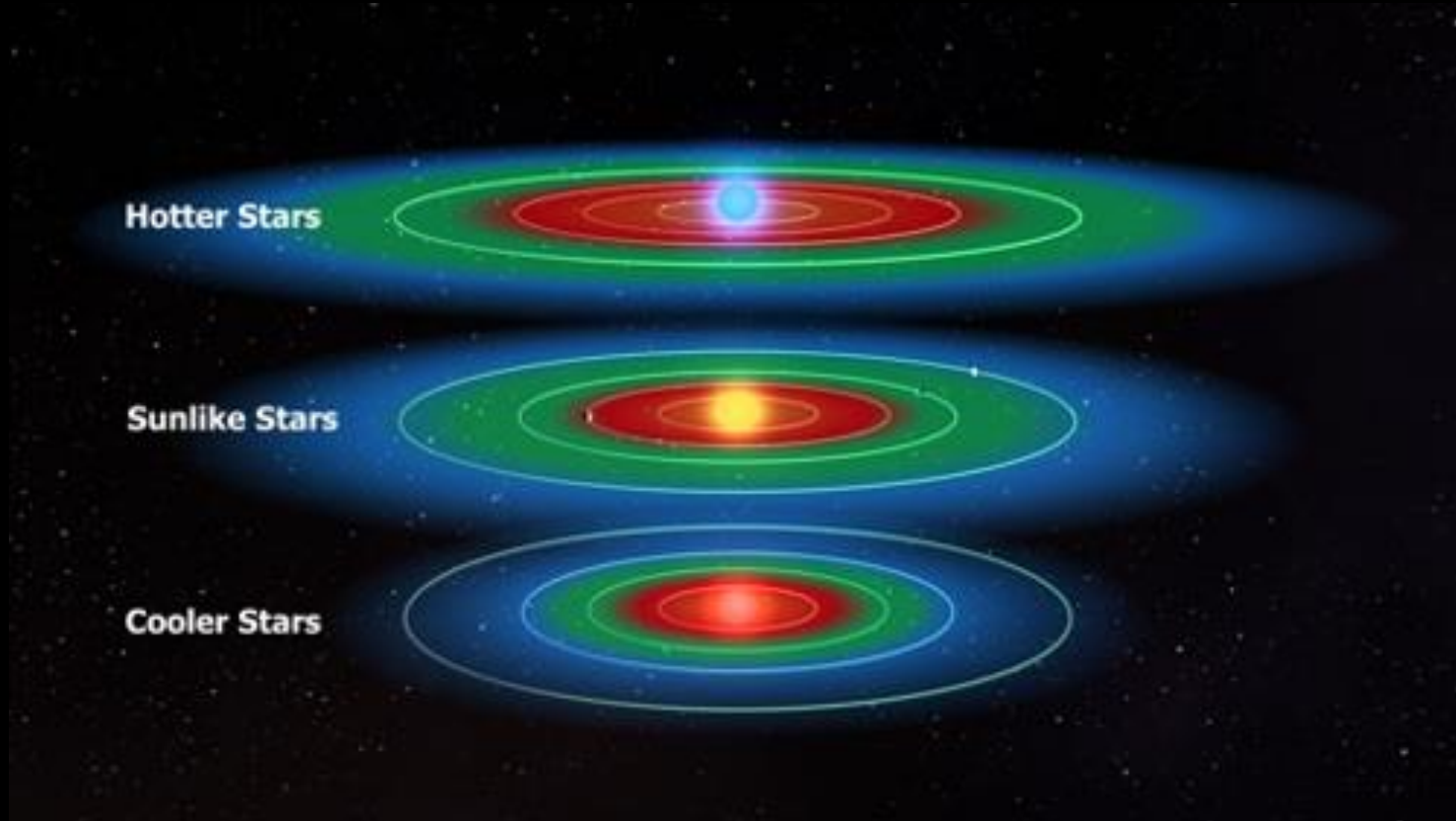
UV-Ceti-Sterne

UV-Ceti-Sterne (auch Flare-Sterne oder Flackersterne genannt) gehören zur Klasse der **eruptiv veränderlichen Sterne**. Sie befinden sich am unteren Ende der Hauptreihe und sind gekennzeichnet durch das Auftreten von Flares. Die Flaresterne zeigen eine späte Spektralklasse meist vom Typ K oder M mit ausgeprägten Emissionslinien des Wasserstoffs.

- Findet man häufig in jungen Sternhaufen (insbesondere Plejaden)
- Die magnetische Aktivität von M-Zwergen nimmt mit ihrem Alter ab
- Ausbruchsamplituden bis zu 5 Größenklassen
- Besitzen ausgeprägte „Sternflecken“



Starke Ausbrüche von Flaresternen haben das Potential, Planeten innerhalb ihrer habitablen Zonen quasi zu „sterilisieren“ – Hindernis für die Entstehung von Leben auf geeigneten Planeten um M-Zwerg



25. April 2008: **EV Lacertae** (16 Lj entfernt, dM3e, 10 mag)

Der Flare war ~ 1000 mal intensiver als der stärkste solare Flare, der je beobachtet wurde (war für wenige Minuten leicht mit freiem Auge zu sehen – wenn jemand hingeguckt hätte)

Swift beobachtet extremen Flare