

Im Mittelalter galt (natürlich auch unter dem Einfluss einer religiösen Interpretation des Himmels) die Sonne noch als perfekte, makellose Kugel. Ausgerechnet ein Jesuitenpater (Scheiner, geb. in Markt Wald bei Mindelheim, später in Ingolstadt) beschrieb 1611 unregelmäßige Flecken auf der Sonnenoberfläche, die er mit Hilfe einer Projektion beobachten konnte. Sie bewegen sich im Laufe von Wochen mit der Sonnenoberfläche mit und zeigen so auch die Rotation der Sonne. Ein Verständnis für ihre Bedeutung entwickelte sich erst später und erst im 20. Jahrhundert fand man einen Zusammenhang dieses Phänomens mit dem Magnetfeld der Sonne.

3.8 Sonnenaktivität **Entdeckung der Sonnenflecken**

Erklärung der Sonnenflecken

Bei der Beobachtung der Sonnenoberfläche (Achtung: nur mit speziellen Sonnenfiltern oder mittels Projektion auf einen Schirm) erscheinen Bereiche

....., wenn sie
..... als der Rest.

Entstehung der Sonnenflecken

Die Sonne hat ein Magnetfeld, das deutlich stärker ist als das der Erde und aufgrund der hohen Dynamik der Vorgänge auch deutlich instabiler. Feldlinien, die unter der Oberfläche laufen, können lokal

aus dieser
An diesen Stellen ist die Konvektion gestört, die Oberfläche ist hier "kühler".

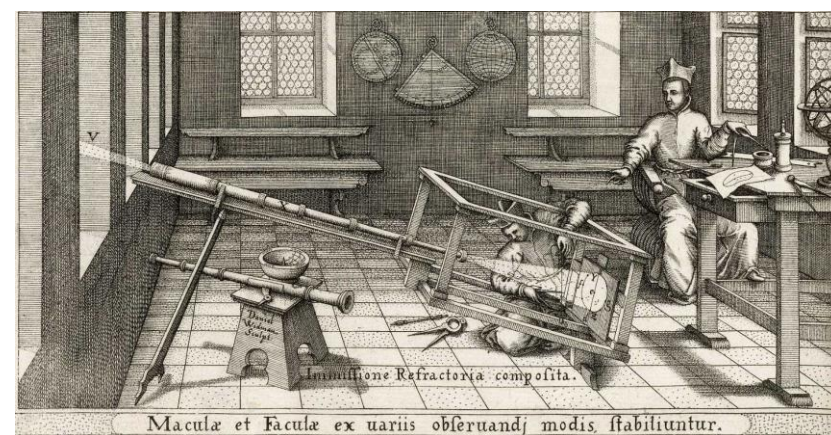


Abb. aus wikipedia, Christoph Scheiner, gemeinfrei

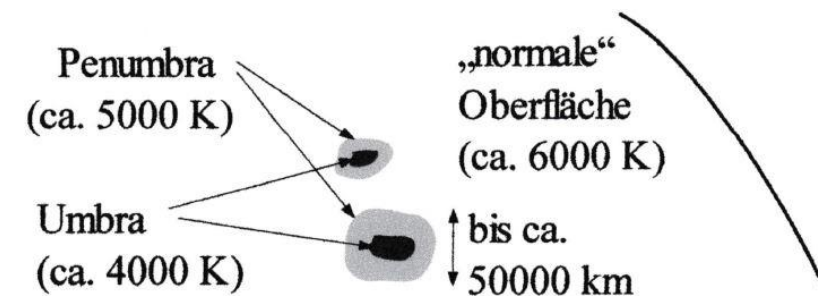
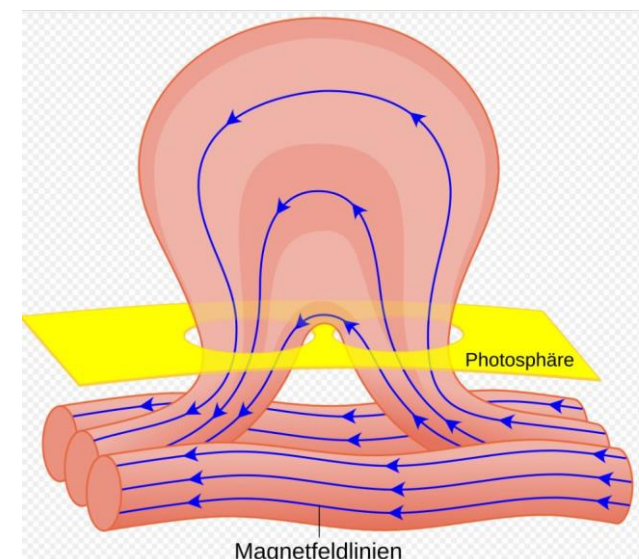


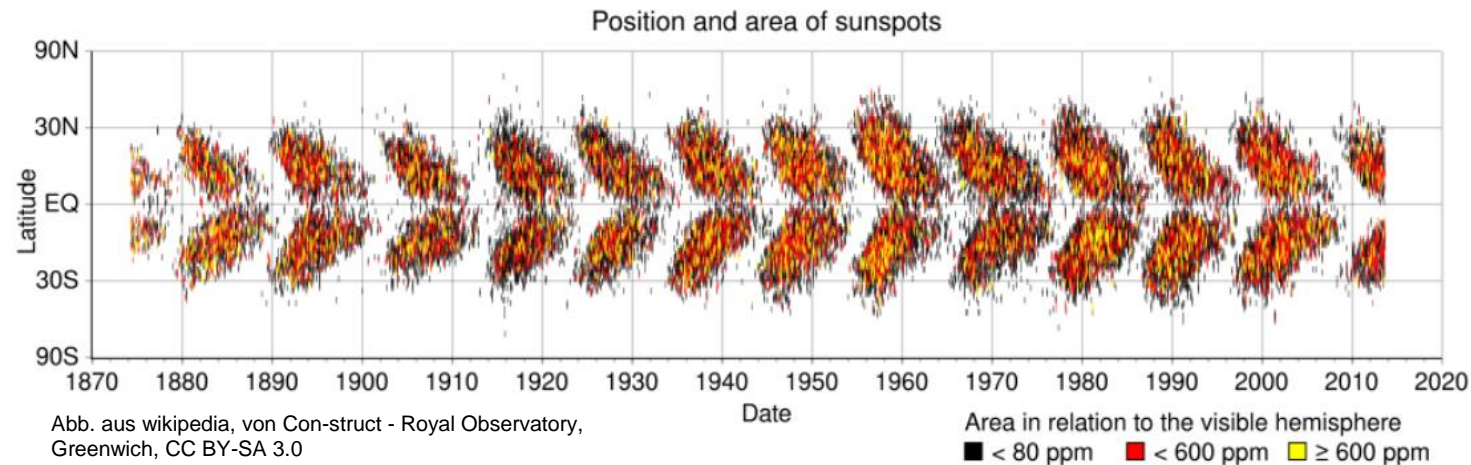
Abb. aus wikipedia, TilmannR, CC0



In den folgenden Jahrhunderten erfolgten ausgiebige Zählungen und Positionsmessungen von Sonnenflecken. Das nebenstehende (berühmte) Diagramm zeigt für jedes Beobachtungsjahr die Anzahl (über eine Farbskala) der beobachtbaren Sonnenflecken sowie die heliographische Breite (nach oben und unten), in der diese auftreten.

Beschreibe die Auffälligkeiten, die sich an diesem Diagramm ablesen lassen. Du bekommst dann auch noch weitere Informationen im Zusammenhang mit diesem Zyklus.

Sonnenfleckenzyklus und Schmetterlingsdiagramm



Die und der

Sonnenflecken schwankt mit einer Periodizität von etwa
 Dabei treten zu Beginn eines Zyklus die Sonnenflecken typischerweise auf

einer heliographischen Breite von ca. in Zahl auf
 (gleichverteilt auf Nord- und Südhalbkugel). Im Verlauf des Zyklus

nimmt ihre Zahl und ihr Populationsgebiet

verlagert sich in Richtung Zum Ende des Zyklus

nimmt die Zahl der Flecken wieder
 Im Bereich des Maximums der Sonnenfleckenanzahl messen wir auch ein

Maximum bei der Aktivität der Sonne und von damit
 einhergehenden Erscheinungen (siehe nächste Folie). Tatsächlich kehrt sich
 während des Zyklus das Sonnenmagnetfeld um und erreicht dann nach
 insgesamt 22 Jahren wieder seine ursprüngliche Orientierung.

Die aufgeführten Erscheinungen sind aufgrund der Größe der Sonne und der Dynamik der Vorgänge in ihr stets spektakulär und gigantisch. Sie treten verstärkt in Phasen hoher magnetischer Aktivität der Sonne auf und können dann durch große Einträge von Energie und Teilchenströmen auf die Erde Luft- und Raumfahrt sowie elektronische Kommunikation nachhaltig gefährden. Deshalb wird die Aktivität der Sonne permanent von NASA und ESA überwacht, um entsprechende Warnungen zeitnah aussprechen zu können.

weitere Aktivitätserscheinungen

Sonnenfackeln (faculae)

- flammenförmige Lichterscheinungen in der Photosphäre
- klein, lokal und zeitlich begrenzt

Protuberanzen

- schmale leuchtende Materiewolken
- in Chromosphäre und Korona
- ruhende Protuberanzen: Teilchen bewegen sich entlang der magnetischen Feldlinien und zeichnen diese nach
- eruptive Protuberanzen: siehe CME

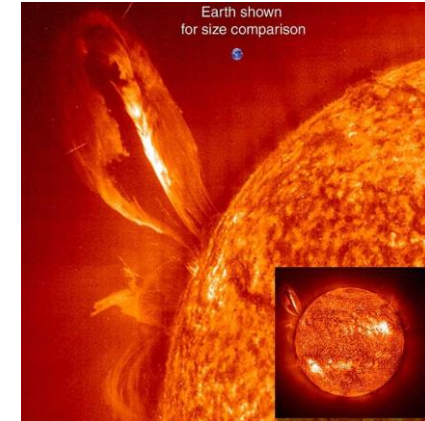


Abb. aus wikipedia, gemeinfrei, von NASA

Sonneneruptionen (flares)

- Ausbruch von elektromagnetischer Strahlung (Röntgen, UV) und Materie
- in der Nähe von Sonnenflecken
- zuvor starke lokale Temperaturerhöhung (bis Mio. K)

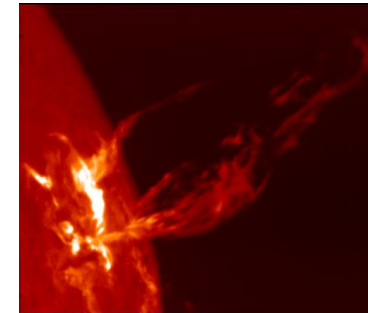


Abb. aus wikipedia, gemeinfrei, von National Oceanic and Atmospheric Administration

Koronare Massenauswürfe (CME coronar mass ejection)

- Gasmassen aus den Protuberanzen werden weggeschleudert
- deutlich größer als flares
- Gefahr für Satelliten und elektronische Kommunikation auf der Erde.



Von NASA Goddard Space Flight Center - Flickr: Magnificent CME Erupts on the Sun - August 31 Also available on NASA's Image and Video Library as GSFC_20171208_Archive_e001662, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21422679>

Wenn der Teilchenstrom (v.a. Elektronen und Protonen) von der Sonne (Sonnenwind, Welt-raumwetter) auf die Erde trifft, verformt er deren Magnetfeld (siehe Abb.), auf der Vorderseite wird es "gestaucht", an der Rückseite "ausgeweht". Die geladenen Teilchen werden dabei durch das Magnetfeld abgelenkt und treffen insbesondere an den Polen auf die Erdatmosphäre. Überlege mit Hilfe der UVW-Regel, wie sich Elektronen weiterbewegen, wenn sie wie gezeichnet hinter einer Feldlinie vorbeifliegen. Treffen schnelle Teilchen auf Luftmoleküle (z.B. Stickstoff oder Sauerstoff), so können sie diese zum Leuchten anregen (Resonanzfluoreszenz, siehe Kap. 3.2)

Sonnenwind und Magnetosphäre

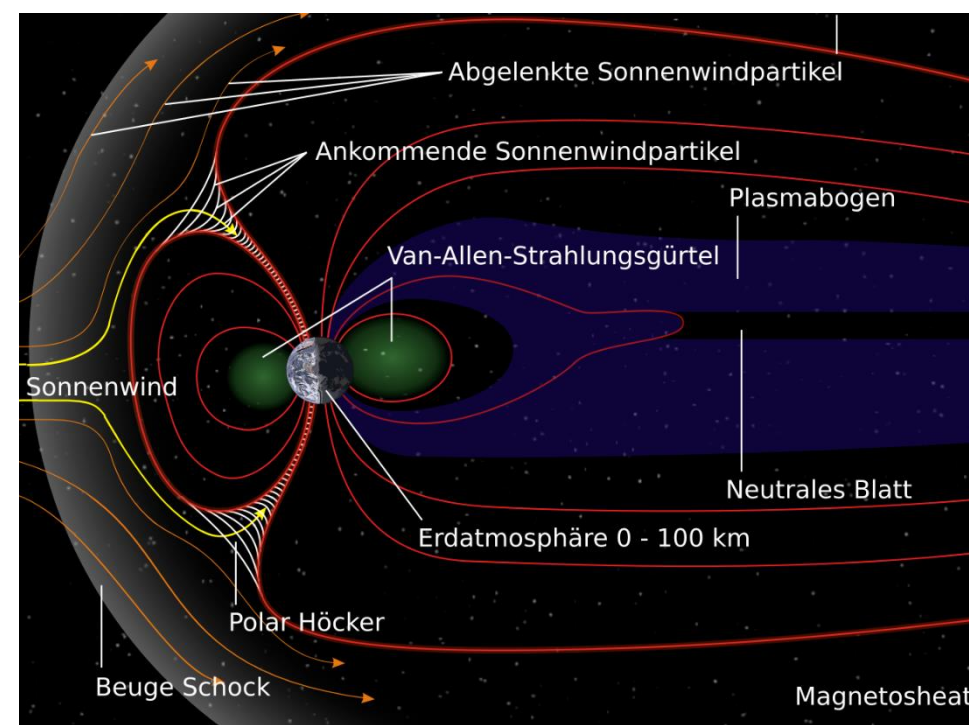


Abb. aus wikipedia, gemeinfrei, NASA

Polarlichter



Abb. aus wikipedia, gemeinfrei

Selbst-Check:

- Sonnenflecken
- Sonnenfleckenzyklus und Schmetterlingsdiagramm
- weitere Erscheinungen
- Sonnenwind und Magnetosphäre

Aufgabe:

Auf leifiphysik findest Du unter **Elektrizitätslehre - Bewegte Ladungen in Feldern Aufgaben** die Aufgabe "Polarlichter" sowie unter **Astronomie – Sonne Aufgaben** die Aufgabe „Sonnenoberfläche“ passend zum Thema.