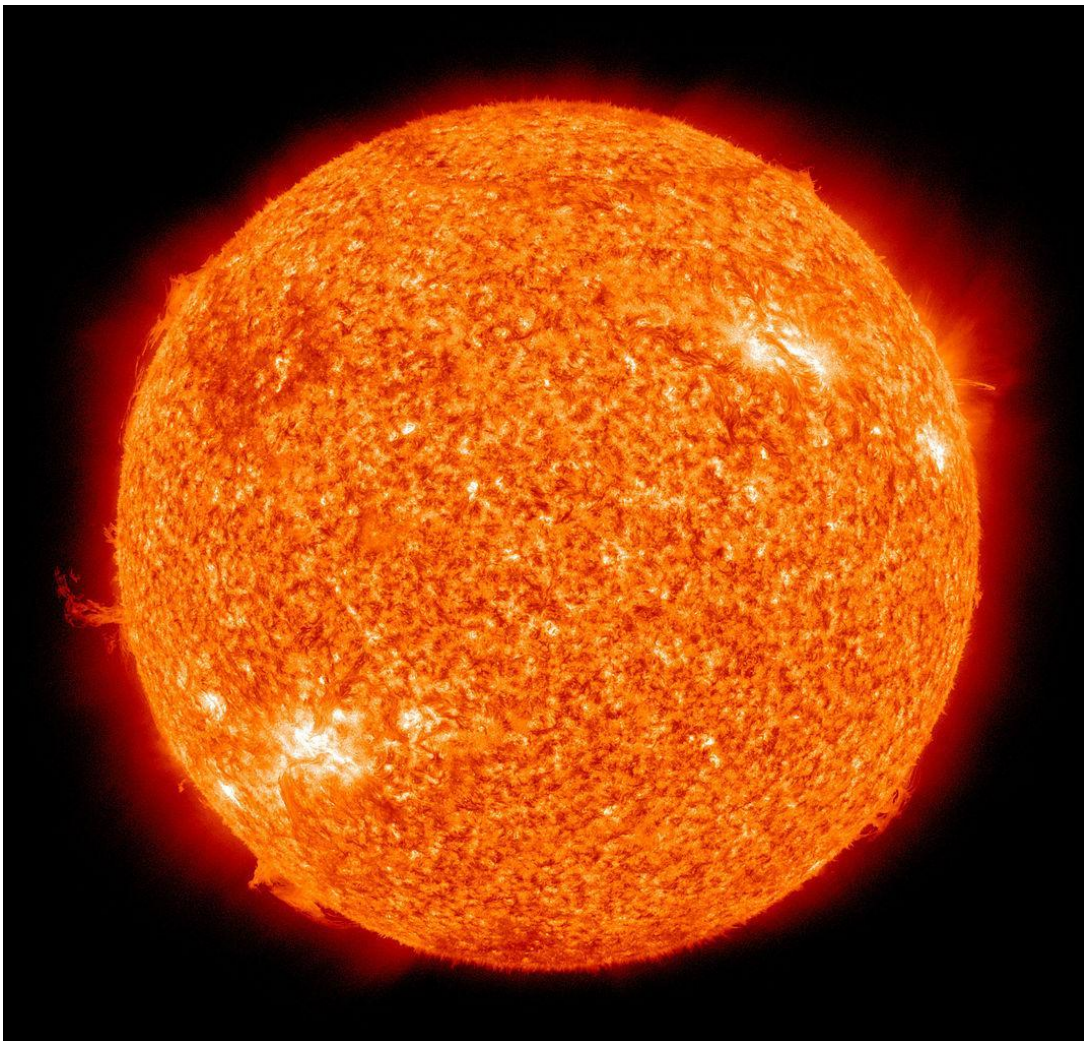


# Rymdväder - föreläsning för lärare

Solen, geomagnetiska stormar och deras påverkan på Jorden

Med rymdväder menas de föränderliga förhållandena i rymden, främst runt Jorden, och deras påverkan på mänskliga system. Rymdväder drivs av solen så vi börjar med att kolla närmare på den.

Solvind



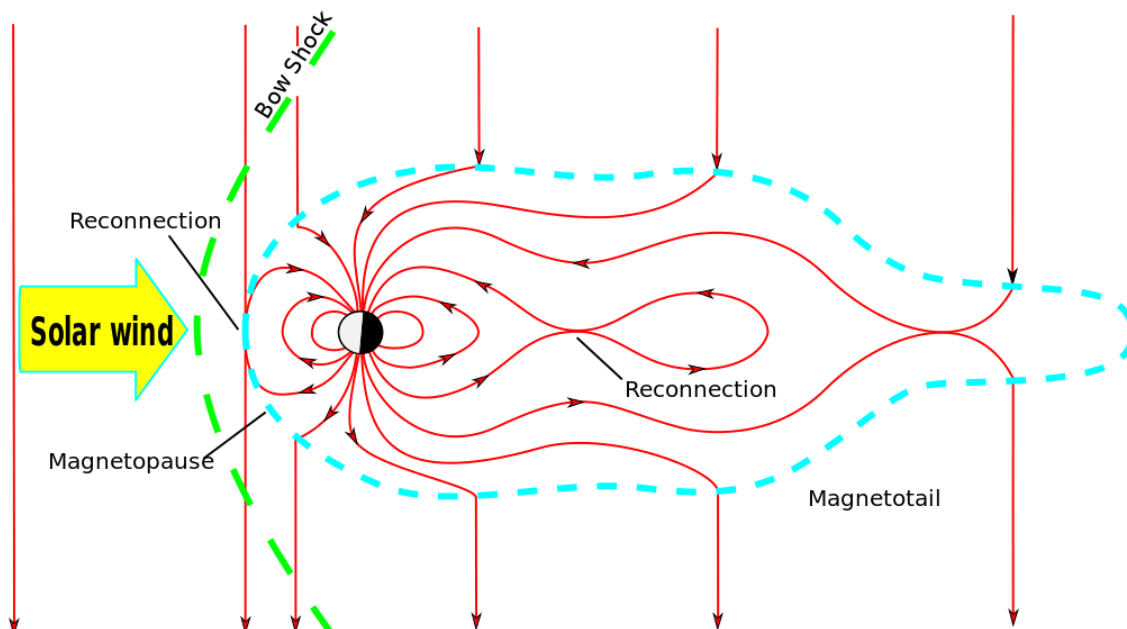
Solen är en enorm (våldigt enorm) boll av het gas och plasma. Från solens yta strömmar inte bara ljus utan också en konstant ström av laddade partiklar (mest elektroner och protoner dvs vätejoner). Solvinden är ett plasma, vilket är en gas av laddade atomer och elektroner, som bär med sig solens magnetfält ut i solsystemet där det kallas det interplanetära magnetfältet.

Ovanför solens yta finns koronan. Den består av plasma och är en del av solens atmosfär som kontinuerligt strömmar ut och övergår i solvinden.

## Jordens magnetfält

Jorden har ett magnetfält vilket skyddar oss från det mesta av solvinden. De laddade partiklarna leds bort och runt Jorden och skapar en region av relativt lugn miljö där de flesta av våra satelliter finns. Magnetfältet är inte helt jämnt och perfekt, det finns många saker som skiljer det från ett dipolfält. Dels är de magnetiska polerna inte i linje med de geografiska, dels är fältet inte symmetriskt. Allt detta gör att magnetfältets vektor vid ytan inte är enkel att förutsäga. [NOAA](#) har kartor över de olika komponenterna av magnetfältet.

Solvinden skapar ett tryck på Jordens magnetfält vilket ger det en distinkt form. Denna kan beskrivas som ett fält som liknar ett normalt dipolfält nära Jorden men som längre ut har en komprimerad region i riktning mot solen och en lång svans av glesare material i motsatt riktning.





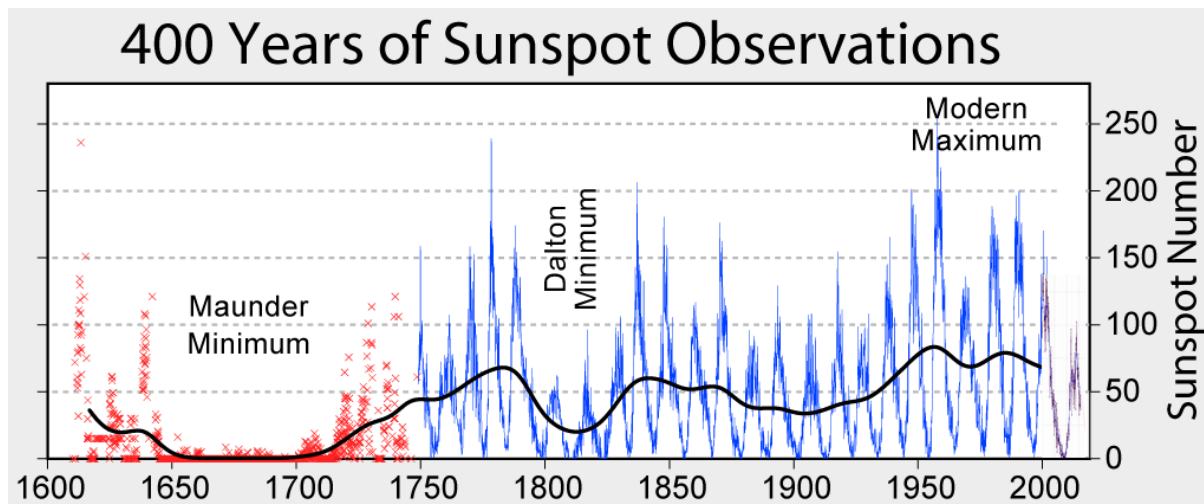
Denna skyddande bubbla kallas Jordens magnetosfär. Jordens magnetfält interagerar med Solens på många sätt. Ett av dem är att de magnetiska fältlinjerna kopplas ihop (reconnection) vilket frisläpper energi.

## Solfläckar och Solutbrott (Flare)

Aktiva regioner på solens yta markeras av solfläckar som orsakas av intensiva magnetfält. Dessa aktiva regioner är källorna till solutbrott (kallas även flares) och koronamassutkastningar, ofta förkortat CME efter engelskans coronal mass ejection.

Ett solutbrott är en frisläppning av stora mängder energi vid solfläckar. Energin kommer från magnetiska återkopplingar i koronan och syns i hela det elektromagnetiska spektrumet.

Antalet solfläckar varierar med tiden på en 11-årig cykel men det kan även förekomma variationer på mycket större tidsskalor. Del 11-åriga cykeln beror på solens rotation och att regionerna närmare ekvatorn roterar snabbare än de vid polerna. Detta lindrar upp magnetfältet över tiden tills det byter riktning. Variationerna på längre tid är ännu oförklarade. Den största variationen var att mellan ca 1645 och 1715 då det förekom nästan inga solfläckar. T.ex. så rapporterades färre än 50 solfläckor mellan 1672 och 1699 vilket är extremt jämfört med de 40.000 - 50.000 som ses under en lika lång period i modern tid. Denna period med få solfläckor kallas Maunder Minimum.





## CMEs

En koronamassutkastning (CME) är en händelse där mycket större mängd plasma än normalt strömmar ut från solen i en stor puls. CMEs sker ofta i samband med solutbrott. Plasman från en CME bli en del av solvinden men håller oftast en högre hastighet och har högre densitet vilket skapar en slags chockvåg i plasmat. En sådan våg av plasma för med sig en motsvarande våg av magnetism som kan deformera Jordens magnetosfär och leda till en geomagnetisk storm.

[Video | NASA | Comparing CMEs](#)

## Geomagnetisk storm och norrsken

När en CME träffar Jordens magnetfält blir det ihoptryckt vilket orsakar en geomagnetisk storm. Definitionen av en geomagnetisk storm är att det är en tillfällig störning i magnetosfären orsakad av solen. En geomagnetisk storm börjar med att en puls av plasma med tillhörande magnetfält träffar solsidan av Jordens magnetosfär vilket leder till magnetisk återkopplingar och inducerade strömmar. Detta laddar magnetosfären med energi och kan direkt påverka teknologi på Jorden. Det ökade trycket på magnetosfären komprimerar svansen vilket får magnetfältslinjer där att komma i kontakt och återkoppla. De avslappnande magnetfälten frisätter stora mängder energi som accelererar partiklar ut från återkopplingen både bort från och mot Jorden. De partiklar som rör sig mot Jorden följer magnetfälts linjerna och kolliderar med atmosfären vilket orsakar norrsken (tekniskt sätt polarsken eftersom det är lika vanligt på södra halvklotet). Intensiteten av solen aktivitet avgör hur deformerad magnetosfären blir vilket i sin tur avgör på vilken breddgrad polarskenet syns, kraftigare storm syns närmare ekvatorn. Norrsken kan uppstå på flera olika sätt men detta är det vanligaste.

## Påverkan av geomagnetiska stormar på satelliter och system på Jorden

De system som är mest utsatta för effekterna av rymdväder är, föga förvånande, satelliter. Speciellt datorer på satelliter är utsatta för skada direkt av strålning eller indirekt när satelliten får en elektrisk laddning. En geomagnetisk storm värmer upp de övre delarna av atmosfären vilket får den att expandera och stiga. Detta gör att satelliter i låg omloppsbanan upplever ett högre luftmotstånd än normalt vilket ändrar deras banor och kan minska deras livstid i omloppsbanan.

En elektrisk ledare som utsätts för en skiftande magnetfält får en ström inducerad i sig. Detta sker på enorma skalor när Jordens magnetfält ändras under en geomagnetisk storm och inducerar strömmar i elnät och pipelines. Pipelines behöver speciella system för att förhindra korrosion



(rost) som accelereras av inducerade strömmar att förkorta anläggningarnas livstid med många år.

## Historiska solstormar

Under Halloween 2003 träffade en kraftig solstorm Jorden vilket ledde till strömavbrott i Sverige och norrsken som sågs ända ner till Medelhavet och Texas. Astronauterna på ISS behövde spendera sin tid i den strålningsskyddade delen av rymdstationen och flera sol-observations-satelliter (som är speciellt gjorda för att stå emot denna typ av skador) blev tillfälligt eller permanent skadade.

I mars 1989 blev flera miljoner människor i Quebec i Kanada utan ström när säkerhetsbrytare i ett vattenkraftverk bröt kontakten med elnätet eftersom stora mängder ström induceras i de långa kraftledningarna av en geomagnetisk storm som orsakades av en stor CME.

I årsringar i träd som skapades år 774-775 kan man mäta oväntat höga nivåer av den radioaktiva kol-isotopen kol-14. Denna anomali verkar vara global och kopplad till oväntat höga nivåer av en berylliumisotop som hittats i antarktiska iskärnor som dateras till samma tid. Det sammanfaller också med en observation av "ett rött crucifix i himlen" som nedtecknas i den anglosaxiska krönikan från 774. Den ledande teorin om orsaken till dessa fenomen är att en extremt stark solstorm ska ha skickat stora mängder laddade partiklar mot Jorden som interagerade med atmosfären för att bilda de instabila isotoperna. En så stark soleruption har inte observerats men är teoretiskt möjlig enligt de modeller vi har.

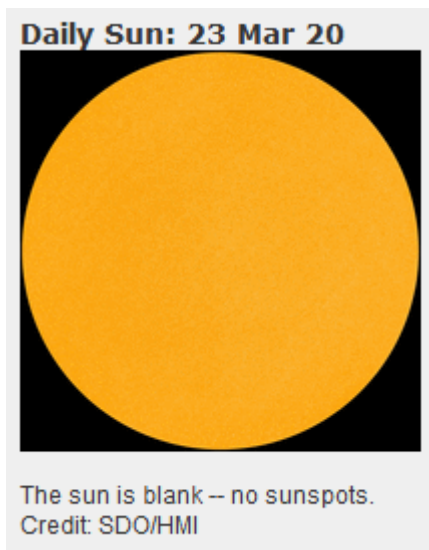
Den starkaste observerade solstormen ägde rum 1859. Vid denna tid fanns det nästan ingen elektrisk infrastruktur eller utrustning med undantag för telegrafer, vilket var tur. Effekterna av denna storm inkluderade norrsken som sågs från polerna till Karibien, södra Mexiko och Colombia. Över Klippiga bergen var de så ljusstarka att folk gick upp och började göra frukost för de trodde det var morgon. De existerande telegrafsystemen gick sönder, gav sina användare stötar eller kunde användas utan kraftkällor eftersom ledningarna inducerade tillräckliga strömmar. 2013 uppskattades det att om en storm av den styrkan skulle äga rum nu skulle skadorna i enbart USA kosta upp till 30 biljoner kr (omvandlat med inflation och växlat till kr i mars 2020). Det är dock värt att notera att de amerikanska och asiatiska elnäten är känsligare för skador från geomagnetiska stormar än de europeiska eftersom de tenderar att ha längre ledningar och färre kraftstationer.



Den 23 juli 2012 inträffade en ovanligt stor CME. Styrkan uppskattades till att vara jämförbar med den som ägde rum 1859. Eftersom solen roterar runt sin egen axel var regionen som hade utbrottet inte riktat mot Jorden när utbrottet skedde, den missade med 9 dagar.

## Aktuell data

För att följa rymdvädersläget i realtid och få prognoser kan man besöka <https://spaceweather.com/>. På vänster sida finns en kolumn med mycket och bra information om solen. Först kan man se det nuvarande läget med solfläckar. 2020 är under ett så kallar Solar minimum så det är inga solfläckar i skrivande stund.



Längst ner i samma kolumn ser man prognosen för flares och geomagnetiska stormar. Detta är ett väldigt användbart verktyg som man vill försöka se norrsken.

SPACE WEATHER  
**NOAA Forecasts**



Updated at: 2020 Mar 22 2200  
UTC

FLARE	0-24 hr	24-48 hr
CLASS M	01 %	01 %
CLASS X	01 %	01 %

**Geomagnetic Storms:**

Probabilities for significant disturbances in Earth's magnetic field are given for three activity levels: [active](#), [minor storm](#), [severe storm](#)

Updated at: 2020 Mar 22 2200  
UTC

**Mid-latitudes**

	0-24 hr	24-48 hr
ACTIVE	15 %	10 %
MINOR	05 %	01 %
SEVERE	01 %	01 %

**High latitudes**

	0-24 hr	24-48 hr
ACTIVE	15 %	15 %
MINOR	25 %	15 %
SEVERE	20 %	10 %