Kan vi göra prognoser för solens aktivitet? – Resultat från forskning i stjärnors magnetiska aktivitet

Finlandssvenska fysikdagarna 14.11.2009

FD Thomas Hackman,

Helsingfors universitetets observatorium

Kort version

- Kan vi göra tillförlitliga prognoser för solens aktivitet?

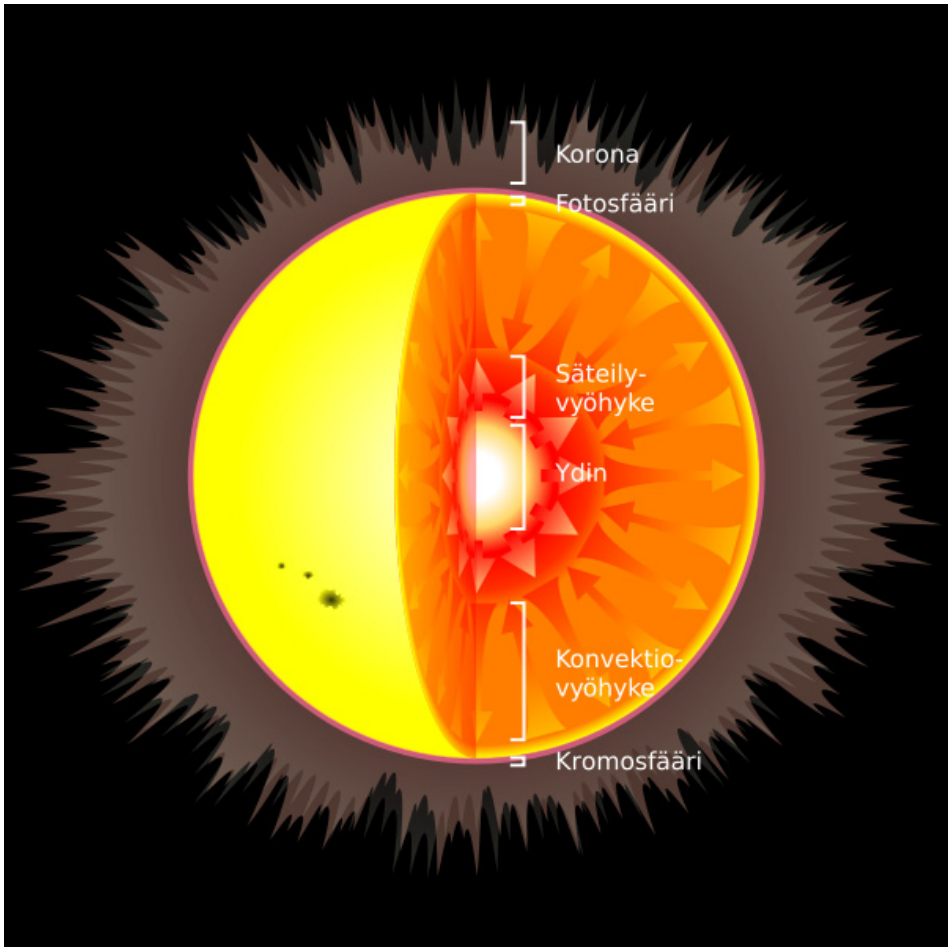
- Nej …
- … men fråga på nytt om ca 10 år.

Längre version, innehåll

- Solens struktur
- Solens och stjärnors magnetiska aktivitet
- Dynamomodell för solens och aktivitet
- Prognoser för solen

1.1 Solens struktur

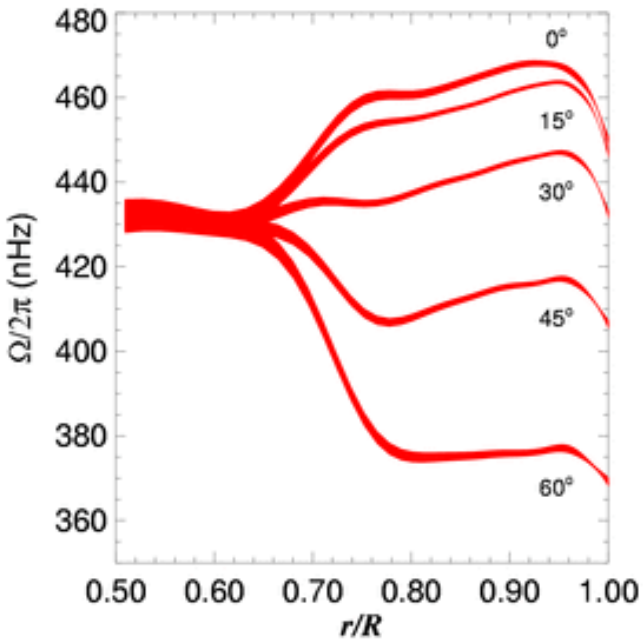
- Solens inre är *radiativ*: Energin transporteras med strålning
- Solens yttre skikt är *konvektiva*: Energin transporteras med strömningar



Solens struktur (Sakurambo, Wikipedia)

1.2 Solens rotation

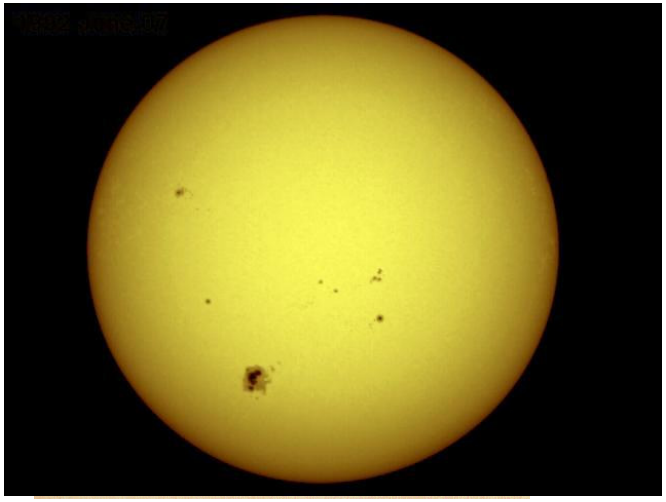
- Solen roterar inte som en fast kropp utan *differentiellt:*
  - Ekvatorn roterar snabbare än polerna
- Differentialrotationen beror på konvektionen



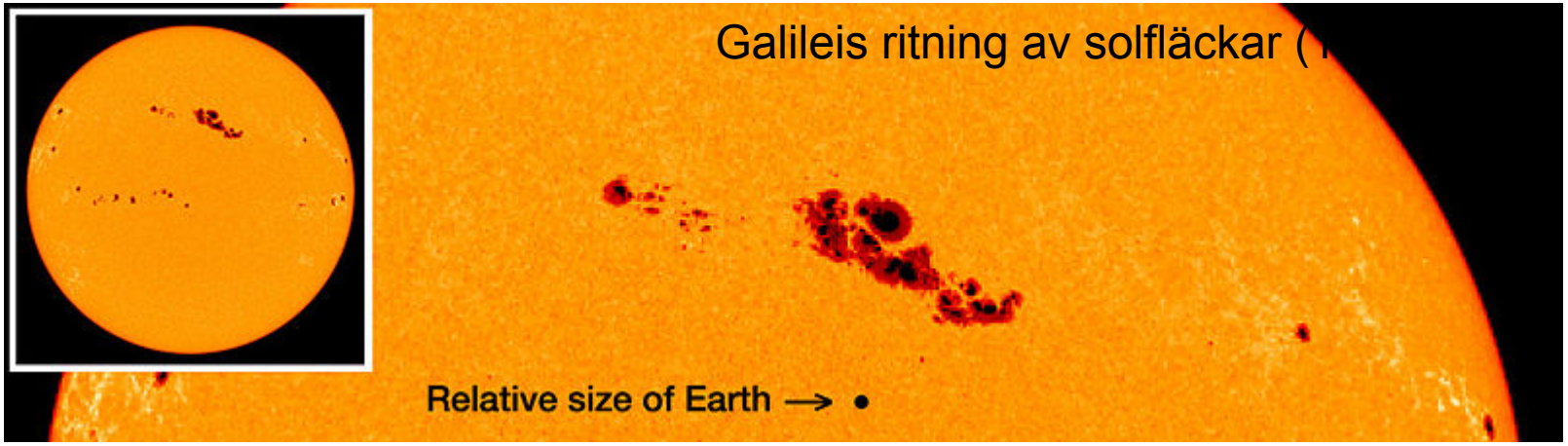
Solens differentialrotation vid olika djup och latituder (R. Howe/NOAO)

2.1 Solfläckar

- Uppstår när magnetfält hindrar konvektionen

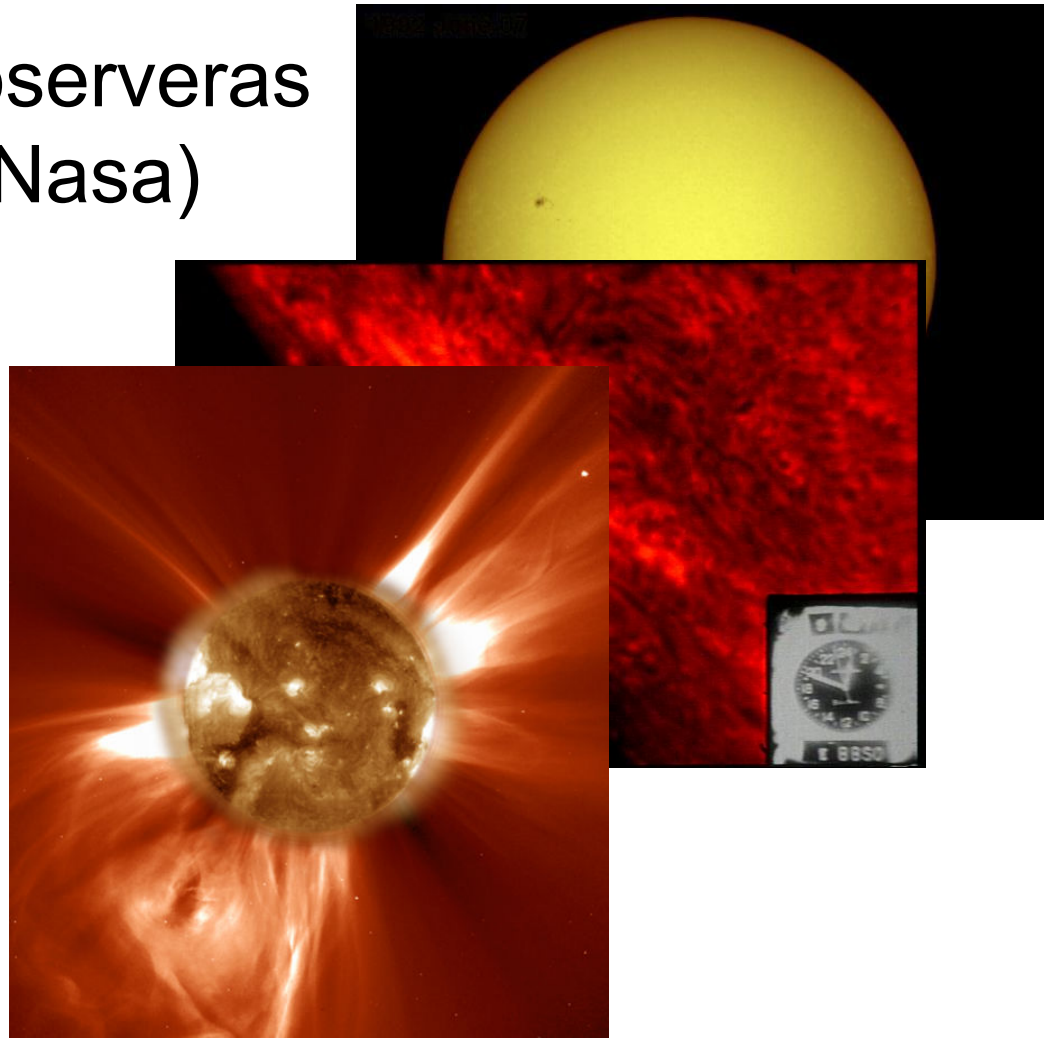


Bilder: NJIT & NASA

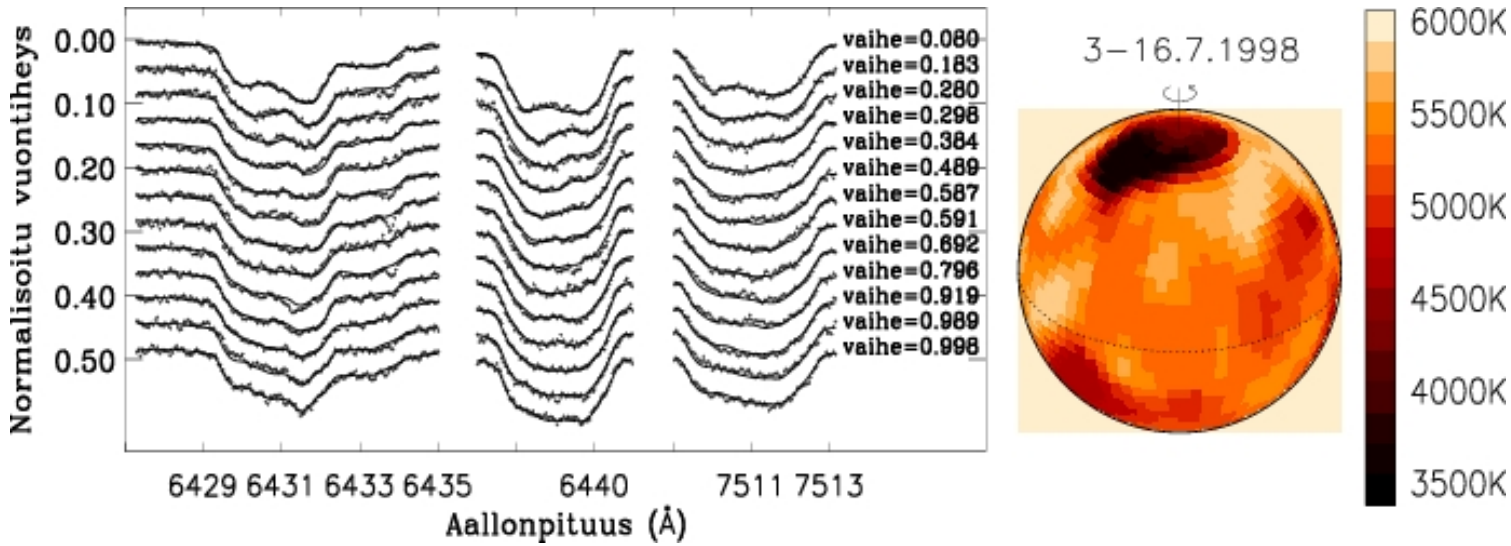


2.2 Solens magnetiska aktivitet

- Aktiviteten kan observeras bl.a. som (bilder: Nasa)
  - Solfläckar
  - Plager
  - Protuberanser
  - Flare-utbrott
  - Korona-utbrott



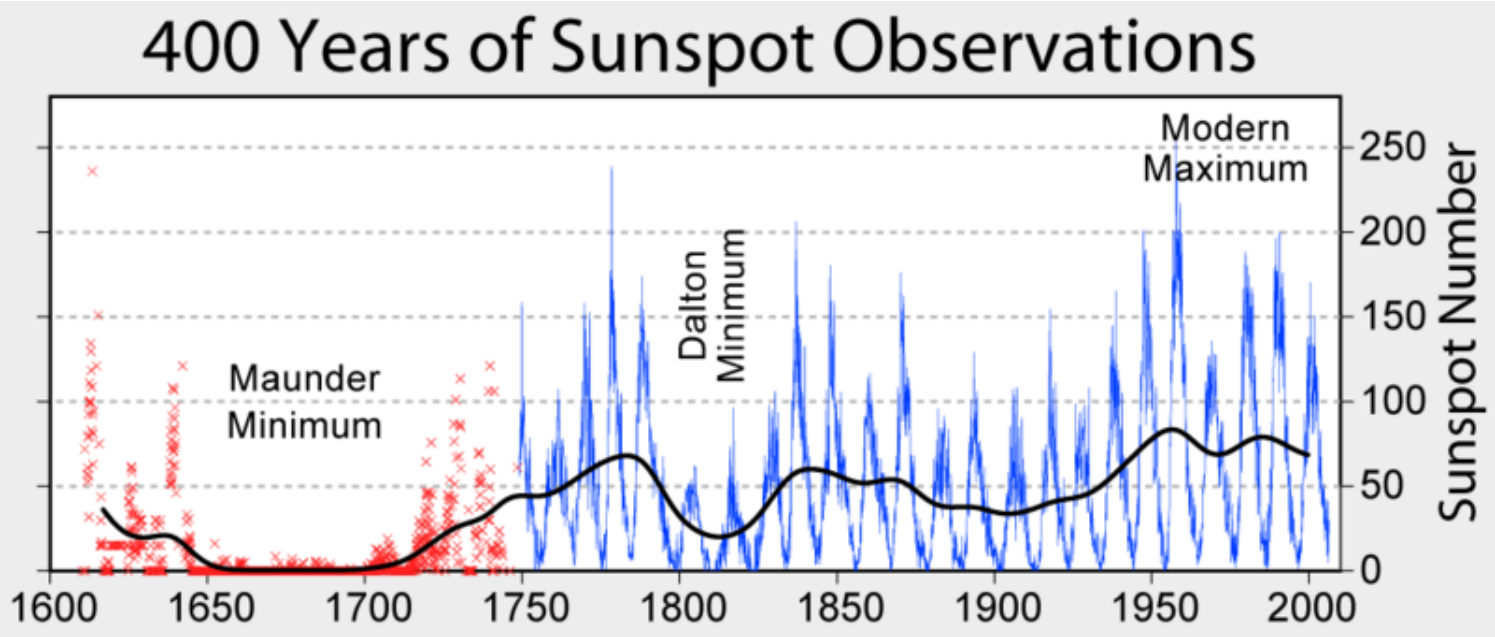
2.3 Andra stjärnors fläckar



Doppler bild av stjärnan HD 199178 (Hackman 2004)

2.4 Solens magnetiska cykel

- ~ 11 års (kvasi)period i solfläckarnas antal
- Egentligen ~22 års magnetisk cykel
- Långtids-effekter: T.ex. Gleissberg 70 – 100 år

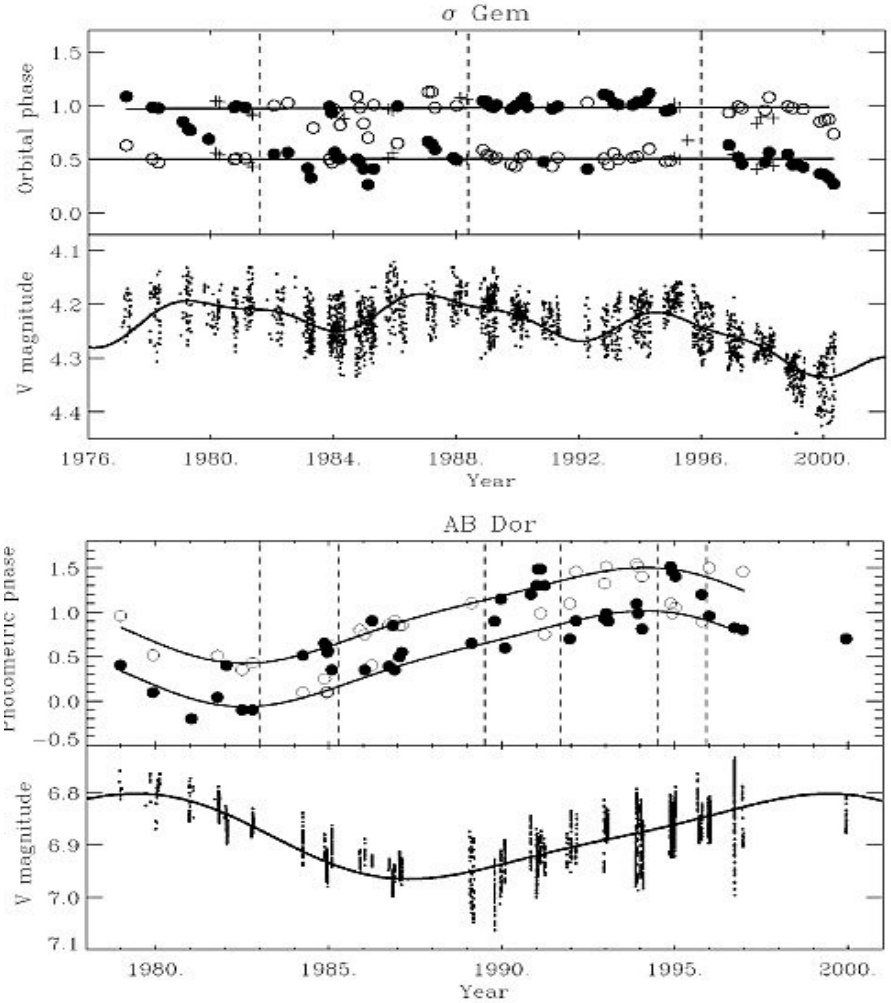


2.5 Andra stjärnors fläckaktivitet

- Fläckarnas fördelning icke-axisymmetrisk
- Fläckcykler
- Låg $Ro = P_{\mathrm{rot}} / \tau_{\mathrm{conv}}$

=> hög aktivitet

  - Snabb rotation & djupt konvektivt skikt

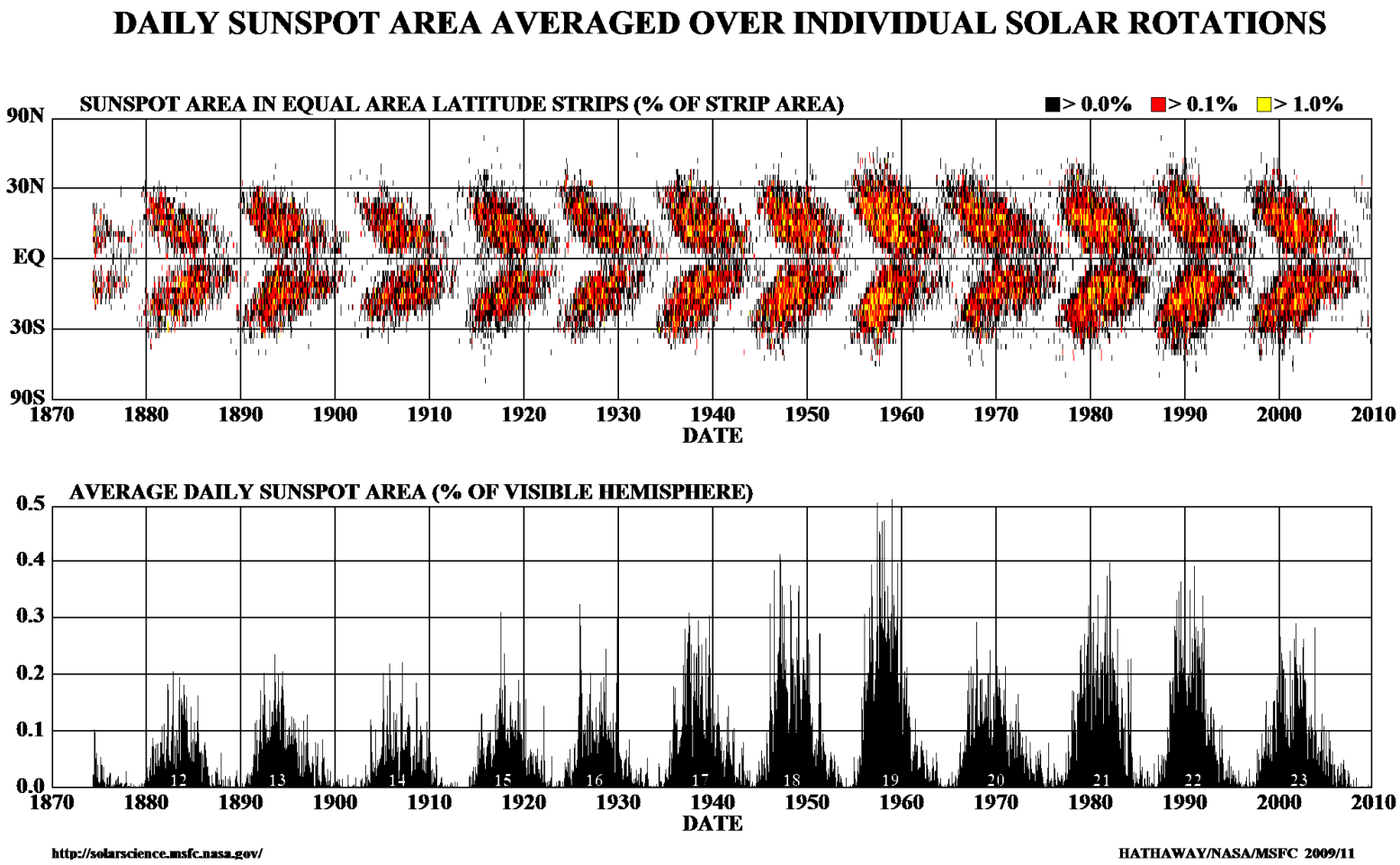


Tuominen et al.

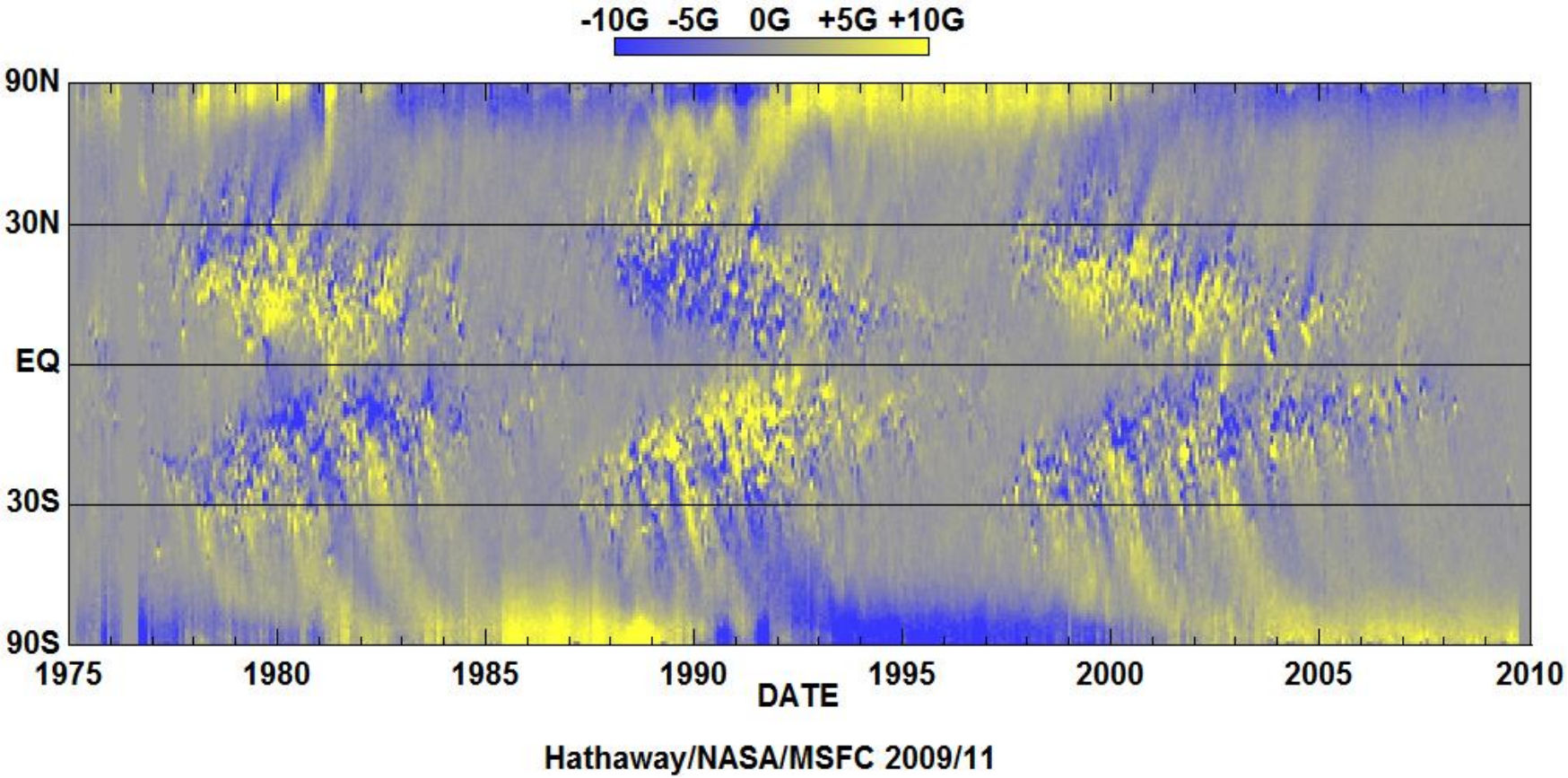
2.6 Regler för solfläcks-cykeln

- Hale-Nicholson paritets-regeln:
  - Pariteten på solfläckspar är olika i olika hemisfärer och byts vid solfläcks-minimet
- Spörers regel => fjärilsdiagrammet
- Waldmeiers regel
  - Antikorrelation mellan längden och amplituden på solfläcks-cykeln
- Gnevyshev – Ohl regeln
  - En ”udda” cykel har i allmänhet högre amplitud än den föregående ”jämna” cykeln

2.6.1 Fjärilsdiagram

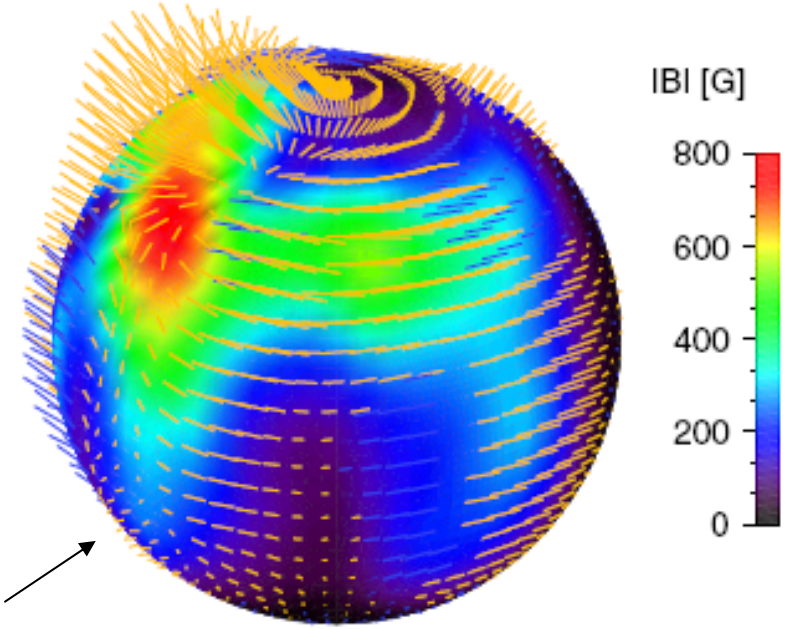


2.6.2 Magnetiskt fjärilsdiagram



2.7 Magnetisk Doppler avbildning

- Spektro-polarimetriska observationer $\mapsto$ karta över magnetfält på stjärnans yta

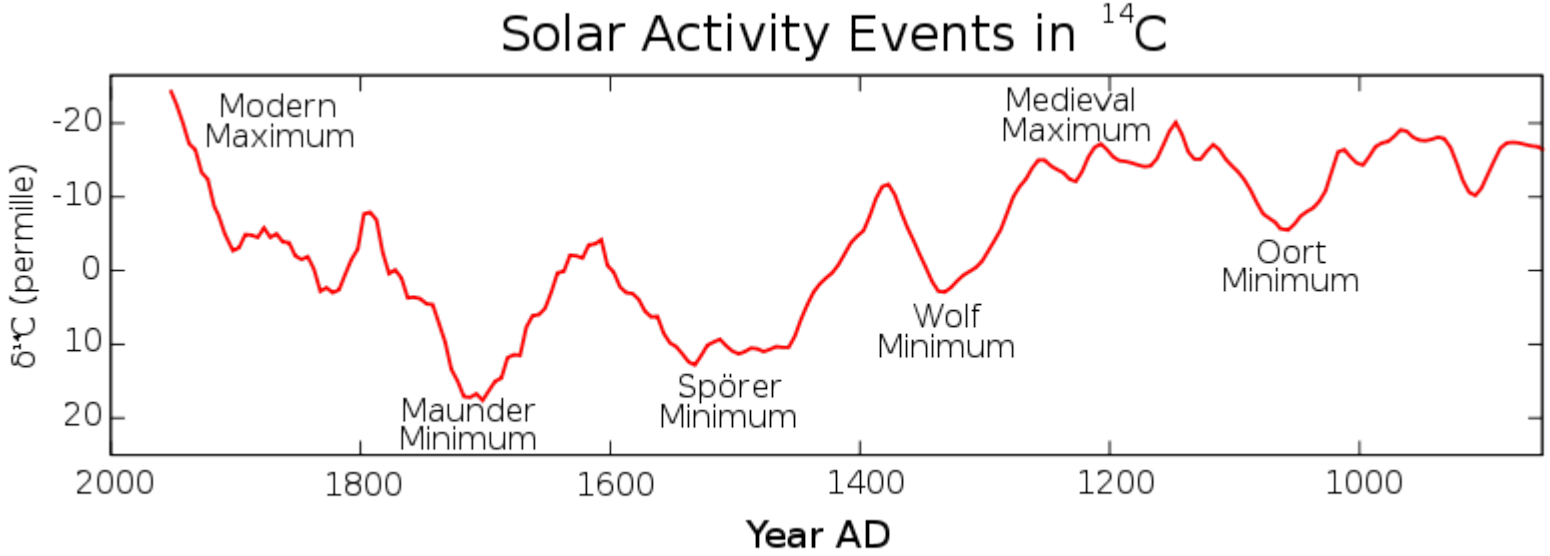


- Doppler bild av II Peg

Carroll et al. 2007

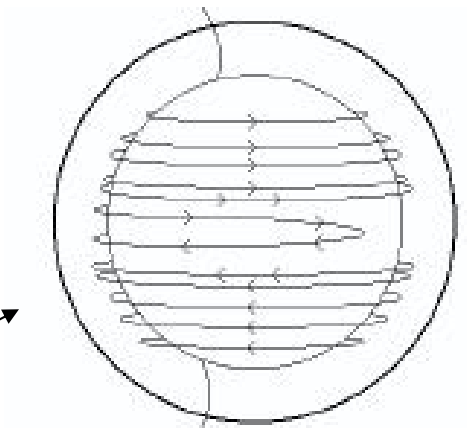
2.8 Långa variationer i solens aktivitet

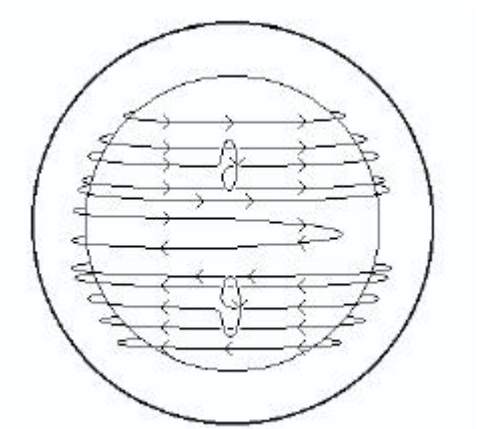
- Solens aktivitet kan avta för långa perioder, ex. Maunder minimet 1645 – 1715
- Kallare klimat under minimiperioderna (?)



3. Solens dynamo-modell

- Magnetfält, som opererar i *tachocline*-regionen
- Rotation + turbulens => dynamo
- $\alpha\Omega$ –dynamon:
  - Ω-effekten: Dipol-fält $\mapsto$ toroidialt fält
  - α-effekten: Torodialt fält $\mapsto$ dipol-fält



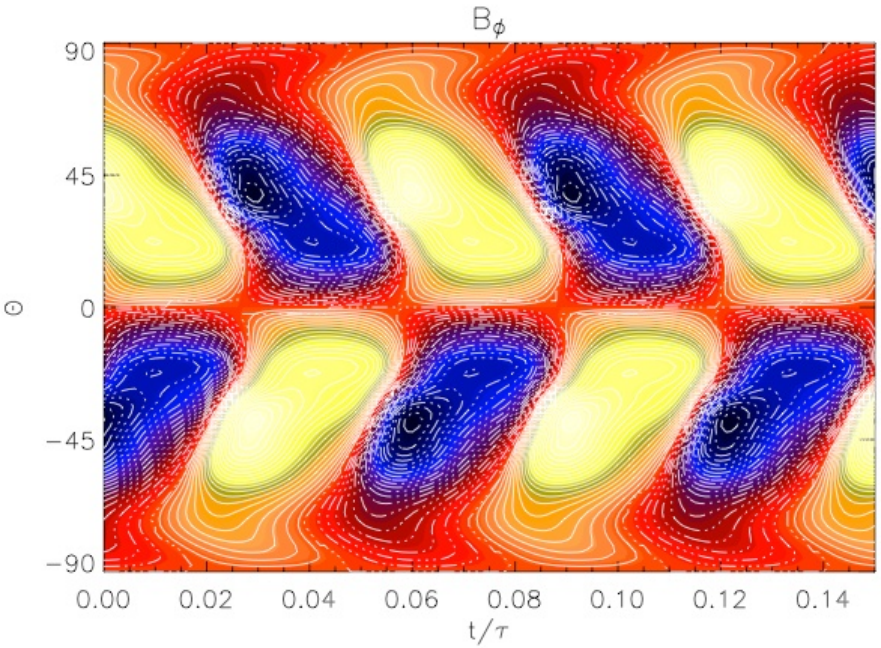


3. Solens dynamo-modell

- Animation: Soho

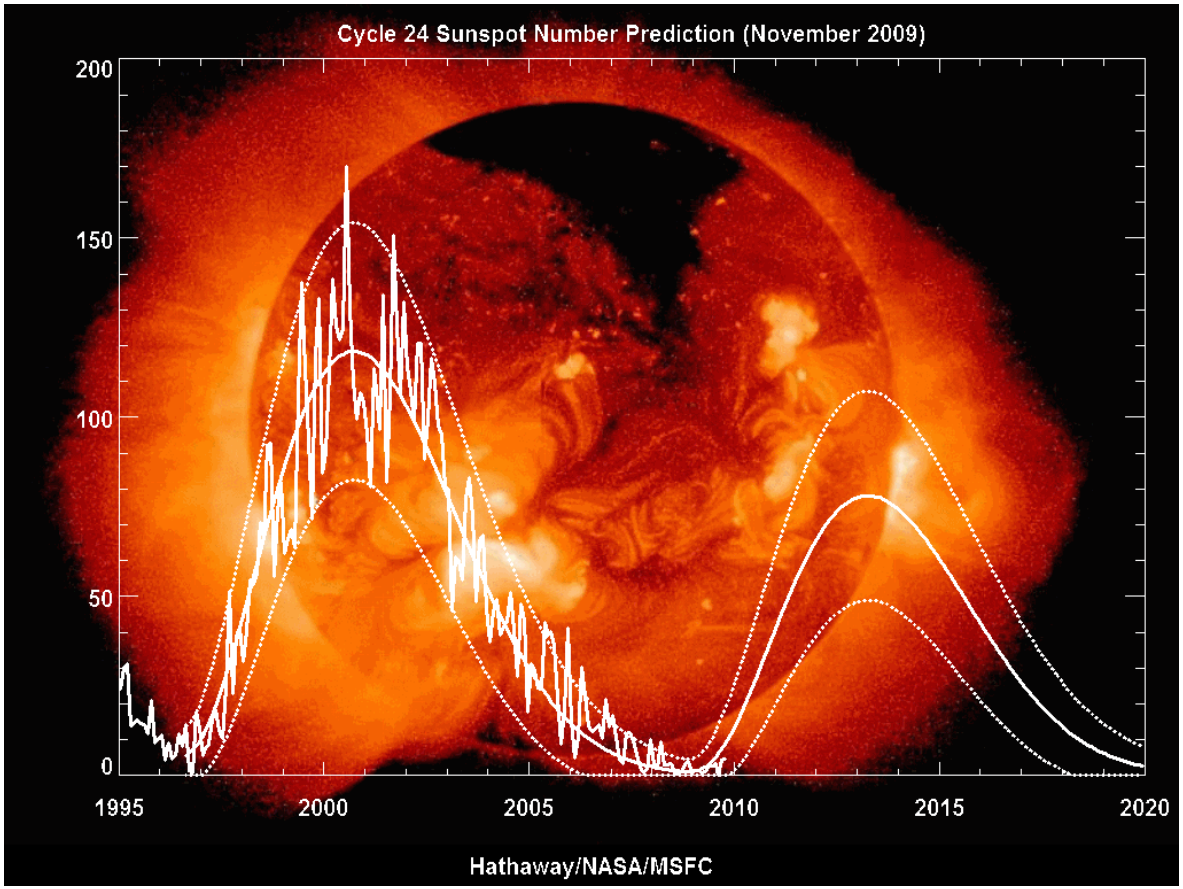
4.1 Prognoser för den magnetiska aktiviteten

- Observationella modeller:
  - Lång cykel => mindre maximum
  - Formen på cykeln
  - Mätningar av geomagnetism
- Teoretiska modeller
  - Magnetohydrodynamisk simulering



Käpylä, Korpi & Tuominen (2006), Astron. Nachr., 327, 884.

4.2 Prognos för solfläckscykel nr 24



Modell baserad på metod beskriven av Hathaway, Wilson & Reichmann (1999) *J. Geophys. Res.* **104**, 22,375

4.3 Behovet av prognoser

- Solens aktivietet påverkar jorden:
  - Rymdväder
  - Klimatet (?)

Norrsken (J. Strang)

5. Slutsatser

- Med nuvarande modeller kan vi få en tillförlitlig prognos för högst en solfläckscykel framåt
- Genom studier av solen och andra stjärnor kan vi (eventuellt) få metoder att förutspå långtidsminima

Tack!

- HU:s forskning i stjärnors magnetiska aktivitet:
  - Doc. *M. Korpi*, doc. *L. Jetsu*, prof. emerit. *I. Tuominen*, FD *P. Käpylä*, FD *T. Hackman* + doktorander & FM-studerande
  - Samarbete med forskningsinstitut i Europa och USA