



Foto: Bo Torning

*Henrik Svensmark kigger ind i et tågekammer, hvor man kan studere effekterne af den kosmiske stråling.*

# Den kosmiske forbindelse

*Kosmisk stråling fra eksploderende stjerner medvirker til den globale opvarmning. Det hævder en kontroversiel teori fremsat af forskere på Dansk Rumforskningsinstitut. Teorien skal nu afprøves gennem en række eksperimenter.*

Af Sune Nordentoft Lauritsen

■ Anført af Erik den Røde nåede de første vikingskibe frem til Grønlands kyst omkring år 985. Nordboerne bosatte sig i de dybe fjorde og trivedes tilsyneladende godt i de første mange år. Klimaet var mildt,

farvandet var fiskerige, og jorden var frugtbar – både til dyrkning af korn og græsning til får og køer. I løbet af de næste par hundrede år spredte nordboerne sig op langs den vestgrønlandske kyst. Da bosættelserne var på

deres højeste, levede 3-5000 nordboere i Grønland.

Noget gik imidlertid galt. 500 år efter den første bosættelse var de grønlandske nordboere sporløst forsvundet. De sidste sikre livstegn stammer fra begyndel-

sen af 1400-tallet. Derfter forsvandt nordboerne endeligt ud af historien.

Hvad skete der? Hvorfor forsvandt nordboerne fra Grønland? Det er stadig en gåde. Meget tyder imidlertid på, at en

del af årsagen skal findes langt ude i rummet.

### Strålingen fra kosmos

Hver dag bliver vores solsystem udsat for et bombardement af meget energirige partikler, der kommer fra vores galakse, Mælkevejen. Dette bombardement af partikler kaldes *den kosmiske stråling*. Partiklerne bliver udsendt fra supernovaeksplosioner, dvs. fra meget store stjerner, der går til grunde i kæmpemæssige eksplosioner.

Styrken af den kosmiske stråling, der når ned til Jorden, varierer med Solens magnetiske aktivitet. Solen har et magnetfelt, der omslutter hele vores solsystem som en gigantisk boble og fungerer som en slags skjold mod den kosmiske stråling. (Se figur 1) Når Solens aktivitet er høj, går magnetfeltet stærkt og skærmer for en stor del af den kosmiske stråling. Når aktiviteten er lav, er magnetfeltet svækket og slipper en større del af strålingen igennem til Jorden og resten af solsystemet.

Solens magnetiske aktivitet kan ses som solpletter, dvs. små, mørke områder på soloverfladen. Ved høj solaktivitet er der mange solpletter, mens få solpletter er udtryk for at vores stjerne er inde i en mindre virksom periode.

### Den gådefulde sammenhæng

Det har længe været kendt, at der er en sammenhæng imellem Solens aktivitet og Jordens klima. Et historisk eksempel er perioden fra 1645 til 1715, hvor Jorden gennemgik en usædvanligt kold tid. Perioden kaldes for "Maunder minimum".

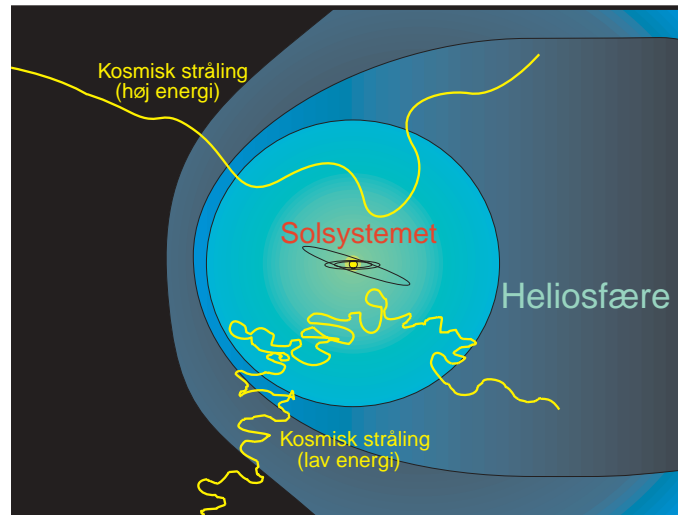
I Danmark havde man i 1658 den værste isvinter i mands minde. Den hårde frost medførte bl.a., at bæltet og sunde frøs til og gjorde det muligt for den svenske hær at krydse Øresund over isen for at angribe København. Fra 1690 til 1700 målte man de laveste temperaturer på den nordlige halvkugle i de sidste 1000 år.

I samme periode rapporterede astronomer og andre observatører, at der næsten ikke var nogen

pletter at se på Solens overflade. Rapporterne om de manglende solpletter tyder på, at Solen ikke var særlig aktiv i disse år og derfor slap mere kosmisk stråling igennem til Jorden end ellers.

Der er også andre tegn på, at kosmisk stråling og Jordens klima indgår i en større sammenhæng. Når den energirige kosmiske stråling kolliderer med atomkerner i Jordens atmosfære, dannes der en række nye grundstoffer. Et af disse stoffer er beryllium-10. Jo stærkere den kosmiske stråling er, jo mere dannes der af dette grundstof i atmosfæren.

Ved at undersøge iskerner fra den grønlandske indlandsis kan man finde ud af, hvordan koncentrationen af beryllium-10 har ændret sig gennem tiderne. Undersøgelser af de lag i iskernerne, der stammer fra årene omkring Maunder minimum, har vist, at der er en påfaldende sammenhæng imellem ændringer i temperatur og koncentrationerne af beryllium-10. (Se figur 2) Det understøtter altså også, at der er en forbindelse imellem kosmisk stråling og Jordens klima.



Figur 1. Solens magnetfelt, der kaldes heliosfæren, omslutter hele solsystemet som en gigantisk boble. Magnetfeltet virker som et skjold mod den kosmiske stråling: Når magnetfeltet er stærkt slipper der mindre kosmisk stråling igennem til solsystemet, end når Solens aktivitet er lav og magnetfeltet er svækket.

### Nordboernes forsvinden

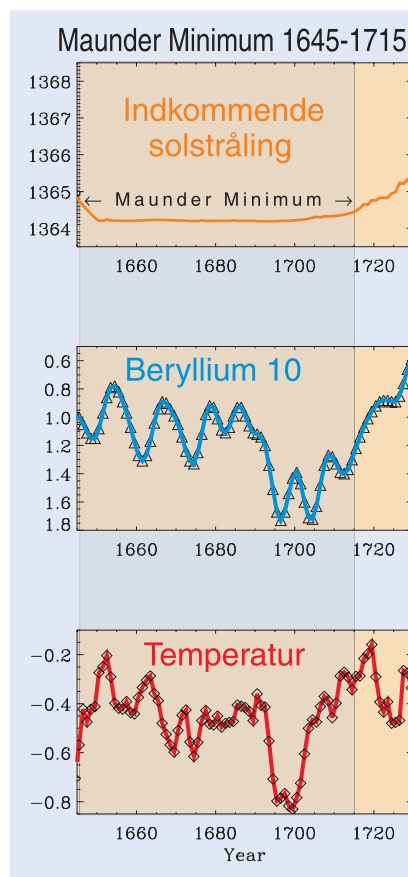
Her kan vi så vende tilbage til spørgsmålet om, hvorfor nordboerne forsvandt fra Grønland. En af de mest udbredte forklaringer går på, at det blev umuligt for nordboerne at leve på den arktiske ø, fordi klimaet

ændrede sig drastisk.

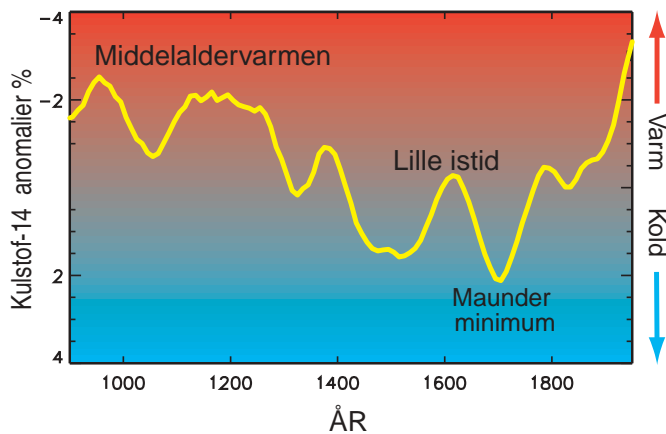
I perioden fra omkring år 1000 til begyndelsen af 1300-tallet gennemgik Nordeuropa en relativt varm periode, der kaldes "middelaldervarmen". Det var i begyndelsen af denne periode, at Erik den Røde og hans følgesvende for første gang gik i land på Grønland.

Men i første halvdel af det 14. århundrede satte en langvarig kuldeperiode ind. Perioden, der skulle vise sig at blive omkring 550 år lang, blev siden hen kendt som "den lille istid". Det blev koldere, vindene tog til og vintrene blev hårdere. Det betød, at nordboernes husdyr sultede og kornudbyttet svandt ind. Samtidigt gjorde tiltagende isdannelser omkring Grønland det svært for skibe med forsyninger at nå frem til nordboernes kolonier. Sådant lyder teorien i hvert fald.

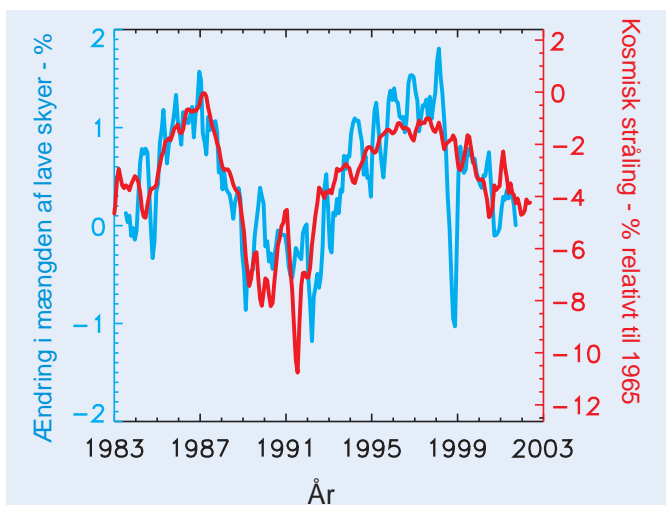
Noget tyder på, at ændringer i styrken af den kosmiske stråling kan have været en medvirkende årsag til denne klimaforværring. Et af de stoffer, der ligesom beryllium-10 dannes af kosmisk stråling i atmosfæren, er kulstof-14. Undersøgelser af årringe i træer har vist, at forekomsten af kulstof-14 har varieret i takt med temperaturændringerne i middelalder-



Figur 2. Øverst: Indkommende solstråling gennem Maunder minimum 1645-1725. Bemærk, at der ikke er særlig store udsving i solstrålingen på trods af de store temperaturudsving. Derimod viser svingninger i beryllium-10 koncentrationen (midterste graf) og temperaturændringer på den nordlige halvkugle i samme periode (nederste graf) bemærkelsesværdige sammenfald.



Figur 3) Ændringen i dannelsen af kulstof-14 gennem de sidste 1000 år. Grafen viser variationer, som er af længere varighed end ca. 50 år.



Figur 4) Sammenhæng imellem variationer i styrken af den kosmiske stråling og ændringer i mængden af lave skyer gennem den seneste snes år. Lave skyer har en tendens til at afkøle atmosfæren.

## Fra kætteri til respektabel teori

I årene efter at teorien om forbindelsen mellem kosmisk stråling og skydannelse var blevet fremsat, blev Henrik Svensmark udsat for megen kritik, ikke bare for teoriens videnskabelige indhold - eller mangel på samme, som kritikere indvendte - men også for overhovedet at have ført en alternativ klimateori på banen.

Nu lader det imidlertid til, at vindene er ved at vende. Et halvt hundrede forskere fra en snes forskellige lande er gået sammen om at afprøve teorien om skydannelse i det såkaldte Cloud-projekt. Projektet fokuserer særligt på at forstå de fysiske og kemiske aspekter af samspillet mellem ioner og aerosoler, der udgør byggestenene for skyer.

Og i det anerkendte amerikanske videnskabelige tidsskrift Science er klimateorien for nyligt blevet udførligt behandlet i en oversigtsartikel og omtalt under rubrikken "Areas to watch in 2003" som et af dette års varme forskningsemner. Alle sammen tegn på, at klimateorien er ved at blive taget alvorligt i det internationale videnskabelige samfund.

varmen og den lille istid. (Se figur 3) Hvor usandsynligt det end kan lyde, er der altså tegn på, at de energirige partikler fra supernovaeksplosioner har haft indflydelse på nordboernes kranke skæbne.

### Det manglende led: Skyerne

Men selvom meget tyder på, at der er en sammenhæng imellem Solens aktivitet, kosmisk stråling og Jordens klima, står der stadig et afgørende ubesvaret spørgsmål tilbage: Hvordan kan den kosmiske stråling overhovedet påvirke Jordens temperatur? Hvis variationerne i den kosmiske stråling virkelig er årsag til temperaturændringerne - og ikke bare tilfældige sammenfald - må der være en årsagsmekanisme.

Her er det så, at den kontroversielle klimateori, der er fremsat af forskere fra Dansk Rumforskningsinstitut (DRI), kommer ind i billedet. Ifølge denne teori er det skyerne, der udgør det manglende led i den fysiske sammenhæng.

Det var seniorforsker Henrik Svensmark, der først kom på idéen i 1995. »En dag kom en kollega ind på mit kontor og fortalte om et seminar med to russiske videnskabsmænd, som han havde deltaget i«, fortæller Henrik Svensmark. »På seminaret havde de to russere foreslået, at kosmisk stråling kunne ændre atmosfærens gennemsigtighed ved at fremkalde bestemte kemiske processer.

Det fik mig til at tænke på det tågekammer, jeg havde set i min gymnasietid. I et tågekammer danner de energirige partikler fra den kosmiske stråling kondensspor i tågen - ligesom en flyvemaskine danner kondensspor hen over himlen. Det fik mig på den idé, at den kosmiske stråling kunne have en lignende effekt på et lidt større plan, nemlig i forbindelse med dannelse af skyer i Jordens atmosfære.«

### Et kølende tæppe

Sammen med sin kollega Eigil Friis-Christensen udviklede Henrik Svensmark idéen til en

egentlig teori, som han første gang præsenterede offentligt i 1996.

Den første del af Svensmarks teori er ukontroversiel: Man ved, at når den kosmiske stråling passerer igennem atmosfæren, ioniserer den atomer, dvs. at den river elektroner løs fra atomkernerne. I den nederste del af atmosfæren er kosmisk stråling årsag til næsten al ionisering.

Det andet - og mest kontroversielle - led teorien er hypotesen om, at ioner har stor betydning for dannelsen af de såkaldte aerosoler i atmosfæren. Aerosoler er små støvkorn, hvorpå vanddamp i atmosfæren fortætter sig til de små dråber, som skyer består af. Mængden af aerosoler påvirker antallet, størrelsen og levetiden af dråberne i en sky.

Teoriens tredje hovedled - som er alment accepteret - er, at skyer påvirker Jordens temperatur, fordi de reflekterer solstråling. Derfor har variationer i mængden af skyer indflydelse på temperaturen ved jordoverfladen. Lave skyer, f.eks., fungerer som et kølende tæppe, der hindrer solstråling i at nå ned til Jordens overflade.

Summa summarum: Kosmisk stråling har indflydelse på Jordens klima, fordi de energirige partikler påvirker dannelsen af skyer.

Teorien om, at der er en sammenhæng imellem kosmisk stråling og skydannelse underbygges af satellitobservationer af Jordens skydække gennem den seneste snes år. Observationerne viser, at mængden af skyer lavere end tre kilometer følger variationerne i den kosmiske stråling. (Se figur 4)

### Eksperimentel test

Det springende punkt i teorien er hypotesen om, at ioner har betydning for skabelsen af aerosoler. Selvom dannelsen af nye aerosoler i atmosfæren ikke er fuldt belyst, er der meget der tyder på, at ioner har stor betydning. Computerberegninger har vist, at aerosoler over havet i den nederste del af atmosfæren hovedsageligt bliver skabt gen-

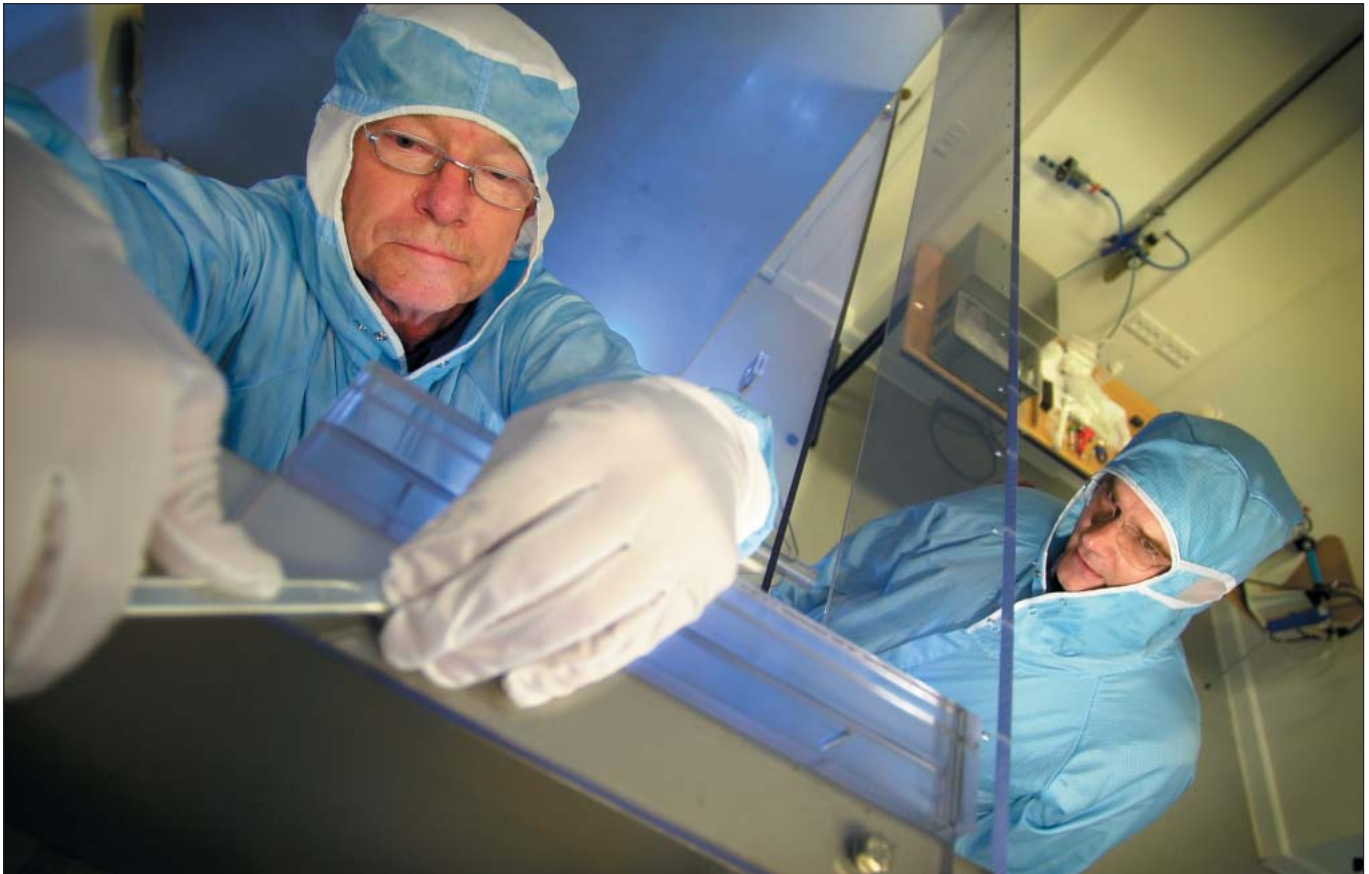


Foto: Bo Tornvig

To teknikere fra Dansk Rumforskningsinstitut er i gang med at bygge det kammer, hvori teorien om den kosmiske strålings indflydelse på skydannelsen skal testes.

nem ionisering. Det passer godt med satellitobservationerne af de lave skyer.

»Men selvom computerberegninger viser, at ioner kan have indflydelse på aerosoldannelsen, kan det ikke bruges som bevis på, at den kosmiske stråling har indflydelse på skydannelsen«, forklarer Henrik Svensmark. »Computermodellerne indeholder nogle meget simplificerede antagelser og mange af delprocesserne i dannelsen af aerosoler er kun indirekte beskrevet.»

Derfor planlægger han sammen med sin samarbejdspartner Nigel Marsh, der også arbejder på DRI, at undersøge ioners betydning for aerosoldannelsen gennem en række eksperimenter. I et rum i kælderen under instituttet er forskere og teknikere i gang med at opbygge et stort kammer, hvor man kan variere antallet af ioner i luften og måle, hvilken effekt det har på dannelsen af aerosoller i kammeret. »Forsøget skal vise,

hvor stor effekt den kosmiske strålings ionisering af atmosfæren har for dannelsen af aerosoller i praksis«, forklarer Henrik Svensmark.

Eksperimenterne på DRI er en del af et verdensomspændende forskningssamarbejde, der skal teste de forskellige elementer i den kontroversielle klimateori.

### Menneskeskabt opvarmning?

At klimateorien ikke bare har betydning for forklaringen af vikingernes forsvinden, men også for den igangværende debat om den globale opvarmning er indlysende. Gennem de sidste hundrede år er Jordens overfladetemperatur steget med knap 1 grad. Mange frygter, at temperaturstigningen skyldes afbrænding af fossile brændstoffer som olie, kul og gas, der afgiver store mængder af drivhusgassen kuldioxid.

Imidlertid er Solens aktivitet gennem de sidste hundrede år

samtidigt steget til det højeste niveau i de sidste 700 år. Og nye resultater har vist, at solens magnetfelt er blevet fordoblet gennem det 20. århundrede. Det betyder, at mindre kosmisk stråling når ned til Jorden.

Hvis den kosmiske stråling vitterligt har indflydelse på skydannelsen, kan en del af den målte temperaturstigning gennem det sidste århundrede således meget vel skyldes ændringer i Solens magnetiske aktivitet. Det er i hvert fald en rimelig teori, vi må undersøge nærmere, mener Henrik Svensmark: »Jordens klima har altid været underkastet naturlige variationer. For at finde ud af, hvilke variationer, der skyldes menneskelig aktivitet, er det nødvendigt først at forstå de naturlige årsager til, at klimaet forandrer sig. Og meget tyder på, at processer langt ude i universet påvirker vores klima mere direkte, end vi hidtil har forestillet os.«



### Om forfatteren

Sune Nordentoft Lauritsen er informationsmedarbejder Dansk Rumforskningsinstitut Juliane Maries Vej 30 2100 København Ø

Tlf.: 3532 5830 / 35325721  
sni@dsmi.dk

Flere oplysninger:  
[www.rummet.dk](http://www.rummet.dk)  
[www.dsri.dk](http://www.dsri.dk)

Henrik Svensmark har denne hjemmeside  
[www.dsri.dk/~hsv/](http://www.dsri.dk/~hsv/)