

Nobelprisen 2021 i Fysik - tildelt klimaforskeren Klaus Hasselmann

af Hans von Storch

Klimaforskere fik halvdelen af Nobelprisen i fysik i 2021 [1]. Det var ikke første gang, at en nobelkomité havde udvalgt klimaforskning, men denne gang var det i det klassiske emne fysik, og ikke, som dengang in 2007, fredsprisen. Nu gjaldt det videnskabelige fremskridt. Så må man spørge, hvem er de to, Klaus Hasselmann og Syukuro Manabe [2], og hvad var deres præstationer?

Jeg vil prøve at svare for Klaus Hasselmann ud fra min personlige synsvinkel – jeg mødte ham første gang in 1970erne, og han hyrede mig i 1985. Jeg var i en periode på ca. 10 år en del af hans arbejdsgruppe, med særlig fokus på statistiske metoder og analyser. Siden den gang har vi haft et nært samarbejde – som altså nu har varet i mere end 35 år. I 2007 lavede vi et stort interview med ham [3] – og nu i anledning af hans 90-års fødselsdag bogen *"From Decoding Turbulence to Unveiling the Fingerprint of Climate Change: The Science of Klaus Hasselmann"*, som vil udkomme i løbet af 2022 på Springer-forlaget.

Klaus Hasselmann blev født i Hamborg i 1931 – han fyldte 90

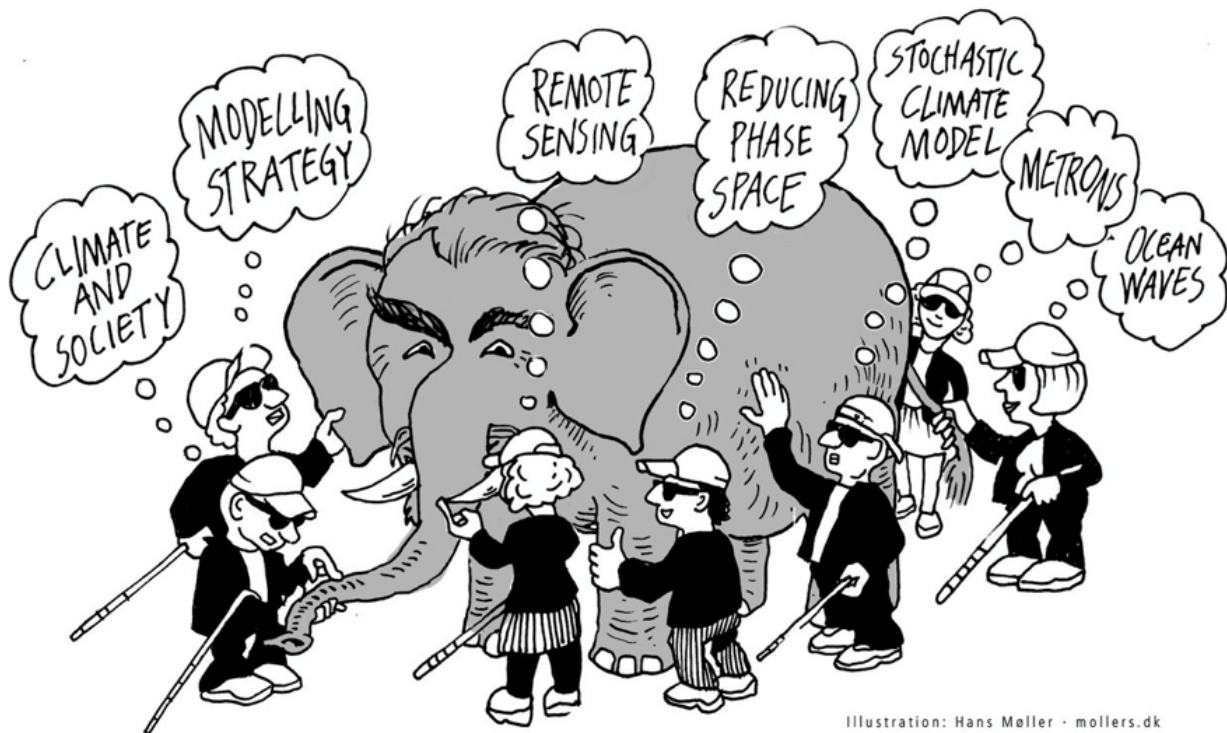
i oktober - og rejste som 3-årig til England, fordi hans socialdemokratiske far ikke ønskede at leve under Hitlers vælde. Der blev de indtil krigens afslutning, og efter sin studentereksamen i England kom han i 1949 tilbage til det sønderbombede Hamborg og begyndte at studere fysik. Han blev interesseret i (hav-)bølger, særligt vekselvirkninger mellem forskellige bølger, og publicerede i 1962, som 30-årig, en af sine vigtigste artikler, men den blev ikke genstand for nobelprisen: *"Grundgleichungen der Seegangsvorausssage"* [4].

Selv om Klaus Hasselmann var fysiker, blev han kendt som oceanograf, med bølger som speciale. Han arbejdede en hel del sammen med Walter Munk i det californiske La Jolla ved San Diego, men var også med til at opbygge det videnskabelige atmosfæriske-oceanografiske miljø i Hamborg i 1970erne. Og så skete det – en dag kom præsidenten for Max-Planck-Selskabet (MPG), Reimar Lüst, ind på Klaus's kontor – og tilbød ham at blive den første direktør for et institut for klimaforskning – han blev "Gründungsdirektor".

Jeg blev senere også direktør for et større videnskabeligt institut,

men det var noget andet. Jeg fik en stilling, mens instituttet fik en direktør som forvalter og leder. I tilfældet MPG var det anderledes: Klaus Hasselmann fik et institut; han skulle bygge et institut for at passe sine videnskabelige interesser, ikke forvalte og leder et eksisterende institut. Et slags anti-jante-princip. Og Klaus Hasselmann gjorde lige præcist det.

Det mærkværdige var, at Klaus Hasselmann ikke rigtigt havde erfaring med klimaforskning. Han kendte til hypotesen om, at menneskeskabte drivhusgaser vil akkumulere i atmosfæren, forandre strålingsbalancen og dermed klimaet. Det håbede man, at han ville forske i. Meteorologerne var ikke begejstrede – hvorfor skulle det gøres af en oceanograf? Man forventede, at han straks ville begynde med at opbygge og køre store modeller. Og bruge en stor computer – men nej, det gjorde han ikke. I stedet begyndte han med sine nye medarbejdere at studere strukturen af klimavariabiliteten og strukturen af klimaproblemet. Med blyant og en ret lille computer. Men, så kom straks den første grundlæggende klima-artikel: "The stochastic climate model. Theory" [5] – og det var en af de præstationer,



Figur 1. © Hans von Storch, tegning: Hans Møller

som Nobelkomitéen i 2021 begrundede prisen til ham med: "for the physical modelling of Earth's climate, quantifying variability and reliably predicting global warming." De næste år arbejdede Klaus med forskellige eksempler for at demonstrere konceptet.

En af konklusionerne var, at klimasystemet er under uafbrudt forandring, med en del som reaktion på ekstern påvirkning, og med en anden del forårsaget af den interne dynamik, kaldet "støj" (noise). Eksistensen af en sådan støj indebærer et problem for erkendelsen af eksternt forårsagede forandringer, nemlig at man må udelukke, at forandringerne er fremkaldet af støj. Og det blev til nummer to af

de prisbelønnede artikler – "On the signal-to-noise problem in atmospheric response studies" publiceret i 1979 [6]. Femten år senere blev det til konstatering af, at den globale opvarmning ikke kan forklares som en effekt af intern variabilitet ("detection") men kun af de forhøjede koncentrationer af drivhusgasser i atmosfæren ("attribution").

I år 2000 blev Klaus Hasselmann pensioneret, og hans interesse i klimaforskning blev mindre. Nu gjaldt det hans interesse for en ny teori om partikler og kræfter. Sammen med sin kone arbejdede han med sine "metroner", publicerede flere artikler og begyndte på en bog, som desværre ikke blev færdiggjort. Livet blev roligere og roligere indtil 6 oktober,

da telefonen ringede fra Stockholm kl. 10:45.

Men hvad var præstationen, som gjorde Klaus Hasselmann til en speciel person for klimaforskning? Efter min mening skal sådan en person have sat et paradigmeskifte i gang.

Før jeg vurderer om, han gjorde det, lad mig tage en lille detour: Da vi, en gruppe af tidligere medarbejdere og kollegaer, i foråret 2021 begyndte at samle materiale til en bog om ham, talte folk om alt muligt, om havbølger, om remote sensing, om stokastiske klimamodeller, om detektion and attribution, om metroner, om klimapolitik og selskab og mere. Men det var lige som i den gamle indiske parabel, hvor



Figur 2. Klaus Hasselmann. Fotografi af Bernhard Ludewig, Nobel Prize Outreach.

en flok blinde vismænd søger at finde ud, hvad en elefant er. Og de undersøger dyret, selvom de kan ikke se den. Og så finder én ud af, at elefanten er et øre. En anden at dyret er en tand osv. Vi var vismændene, og Klaus Hasselmann elefanten. Vi kendte kun en del af hans præstationer.

Til brug for bogen fandt vi en dansk grafiker, Hans Møller, som tegnede situationen for os. Tegningen forklarer situationen udmærket. Og det indebærer, at jeg - som en af de blinde vismænd - kun kan give en ret subjektiv vurdering af det vigtig-

ste bidrag for klimaforskningen: nemlig det med paradigmeskiftet og den måde, hvorpå han angreb udfordringen at analysere klimasystemet.

Klimasystemet er noget specielt, fordi det er mange-dimensionalt. Det er ikke alene usædvanligt – en kubikcentimeter gas har også ganske mange frihedsgrader – men i klimasystemet er der myriader af komponenter, som har ganske forskellige egenskaber og størrelser. Vi har storme, regndråber, gasmolekyler, små dyr og planter osv. De mange dimensioner er inhomogene. Og

de interagerer med hinanden på mange forskellige, ganske ofte ikke-lineære, måder – men det er ikke et af de fascinerende ganske enkle ikke-lineære systemer med få komponenter, som Lorenz-systemet. Hvad gør man med sådant et system?

Hasselmanns svar var: det fuldstændige fase-rum, dvs. alle dimensioner som bidrager til dynamikken, deles op i to dele; den ene, med navnet signal-rummet, som indeholder den væsentlige dynamik, med få frihedsgrader, og den anden, benævnt støj- eller slave-rummet, den omfatter den

høj-dimensionale komplementære rest. Den første del indeholder signalet, vi er interesseret i. Betingelser og hændelser i signal-rummet styrer, hvad der sker i slave-rummet via downscaling (dvs., estimering af konsistente regionale virkninger ud fra globale eller store skala variationer). Slaverummets variationer antages at virke tilbage på signal-rummet, men kun statistisk. Dvs. virkningen beskrives som den forventede virkning betinget af tilstanden af signal-rummet. Problemet, som skal studeres, bestemmer valget af signalrum. I tilfælde af en stokastisk klimamodel er signal-rummet kun 1-dimensionalt, nemlig den globale middeltemperatur. I det tilfælde er dynamikken kun memory, og virkningen af resten på den temperatur er ubetinget støj (uafhængigt af hvad sker i signal-rummet). I tilfælde af detektion og attribution af menneskabte klimaforandringer er signal-rummet givet af reaktionsmønstre fundet i simulationseksperimenter med forhøjet drivhusgaskoncentration i atmosfæren, og dynamikken er et dæmpet lineært system, som er drevet af drivhusgassernes koncentration (eller emissioner). Støjen er mest ubetinget. Det tredje eksempel findes i alle kvasi-realistiske simulationsmodeller, med signal-rummet givet som summen af alle rummelige skalaer større end en vis grænse. Støj-rummet

virker med alle slags parameteriseringer.

Systemet er en del af Klaus Hasselmanns tænkning, men i starten tematiserede han det ikke eksplicit. Det skete først i 1988 med "PIPs and POPs: The reduction of complex dynamical systems using Principal Interaction and Oscillation Patterns." [1]. Helt generelt er PIP-konceptet ikke-lineært, men der mangler interessante eksempler. De lineære POP's er meget mere enkle og har forskellige anvendelser, f.x. ENSO og MJO [7].

Ideen, at man skal finde en lavdimensional dynamik, som drives af eksterne kræfter, men også af stokastiske interne variationer, for at man kan finde signalet, man søger efter, har spredt sig til næsten hele det klimavidenskabelige fællesskab – det blev til et paradigmeskiftet.

Og for mig et det kernen af nobelprisen, som omfatter den stokastiske klimamodel og detektion og attribution af de menneskabte klimaforandringer.

...

Referencer

[1] Nobel Prize. 2021 Nobel Prize lectures in physics. Youtube, d. 8. december 2021. <https://youtu.be/YciGpe33WSc>

[2] Witt, Steven. The Man Who Predicted Climate Change. The New Yorker, d. 10. december 2021. <https://www.newyorker.com/news/persons-of-interest/the-man-who-predicted-climate-change?fbclid=IwAR2TP8i01Y0SB2tqZg89PsUmDFEWF6JY7yqosleqpOqB2KqxArIqBmelcMM>

[3] von Storch H., and D. Olbers, 2007: Interview with Klaus Hasselmann, GKSS Report 2007/5 <http://www.hvonorstorch.de/klima/Media/interviews/hasselmann.pdf>

[4] Hasselmann, K., 1960. Grundgleichungen der Seegangsvoraussage. Schiffstechnik, 7, 191-195

[5] Hasselmann, K., 1976. Stochastic climate models - I. Theory. Tellus, 28, 473-485. doi:10.3402/tellusa.v28i6.11316

[6] Hasselmann, K., 1979. On the signal-to-noise problem in atmospheric response studies. In D. B. Shaw (Ed.), Meteorology over the tropical oceans (pp. 251-259). Bracknell: Royal Meteorological Society

[7] fx, von Storch, H. T. Bruns, I. Fischer-Bruns and K. Hasselmann, 1988: Principal Oscillation Pattern analysis of the 30-60 day oscillation in a GCM equatorial troposphere. J. Geophys. Res. 93, 11022-11036