

ERKENDELSE VED HJÆLP AF HIERARKISKE MODELLER

Filosoffen Immanuel Kants erkendelsesmodel har haft stor betydning for det naturvidenskabelige verdensbillede. Ved hjælp af såkaldt hierarkiske modeller er det nu muligt at anvende Kants erkendelsesmodel direkte på konkrete videnskabelige problemstillinger.

Om forfatteren



Christian Frølund Damgaard er professor, dr. scient. Han arbejder med plantepopulationsbiologi og den matematiske og statistiske modellering af planteøkologiske processer. Inst. for Bioscience, Aarhus Universitet cfd@bios.au.dk

Sammenhængen mellem verden og en person, som betragter verden, har siden oplysningstiden været et af den vestlige filosofis vigtigste emner og fundamentet under vores naturvidenskabelige tilgang til at undersøge verden. Sammenhængen kan groft karakteriseres ved de to yderpoler af tænkningen: Verden eksisterer kun i betragterens bevidsthed (idealisme) eller verden eksisterer fint, uden at nogen intelligent og bevidst skabning behøver at betragte den (realisme).

Den første til for alvor at løse op mellem disse to yderpoler på en frugtbar måde var Kant i hans *Kritik af den rene fornuft*. Kant indførte i dette hovedværk de centrale begreber og sammenhænge, som beskriver, hvordan vi sanser og erkender verden og som stadigvæk giver god mening i dag. Kort beskrevet, er der en fundamental splittelse mellem en verden af fænomener ("Das ding an sich") og betragteren. Betragteren erkender et fænomen ved hjælp af



Immanuel Kant (1724 - 1804).

nogle mentale hjælperedskaber, som betragteren har adgang til, før den konkrete sansning indtræffer (*a priori* viden), fx at verden eksisterer i et 3-dimensionelt rum, samt at kausale hændelser foregår i tid. Derudover har vi i sproget adgang til et stort begrebsapparat, som anvendes til at kategorisere det specifikke fænomen i en almen kategori. Fx bliver synsindtrykket af en stol automatisk i bevidstheden knyttet til begrebet "stol", som er en abstrakt

a priori form, som vi har indlært under vores opvækst og sansning af forskellige fænomener, som alle har det tilfælles, at begrebet "stol" giver mening. I bevidstheden udløser sansningen altså en kobling mellem den specifikke sansning og betragterens almene begrebsapparat og *a priori* viden, og vi har opnået en ny empirisk viden om det specifikke fænomen (*a posteriori* viden). Kant taler om, at fænomenet er transcenderet fra verden ind i betragterens erkendelse.

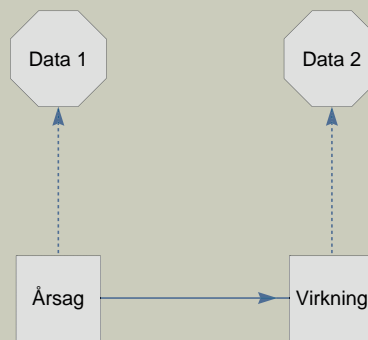
Kants erkendelsesmodel i anvendelse

Kants erkendelsesmodel giver som sagt stadigvæk god mening i dag og er mere eller mindre indoptaget i det, man kan kalde *sund fornuft*. Fx anvendes begreberne subjektiv og objektiv i det daglige sprog med et klart ophæng i Kants erkendelsesmodel. Således anvendes Kants erkendelsesmodel dermed indirekte i den videnskabelige proces, uden at den enkelte forsker nødvendigvis er bevidst om, at Kants erkendelsesmodel ligger til grund for den sunde fornuft,

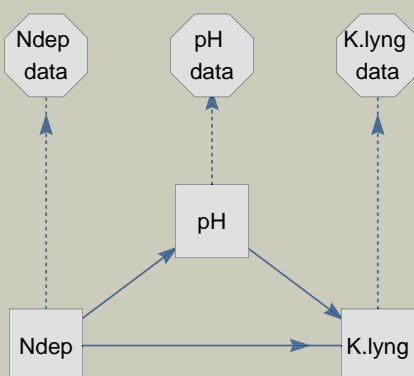
Princippet i en hierarkisk model

A priori viden bruges til at formulere forskellige abstrakte begreber (kvadrater), som man vil undersøge, og arbejds-hypoteser om kausale sammenhænge mellem begreberne formuleres i procesligningen (fuld pil). Begreberne knyttes til observerede data ved hjælp af måleligninger (stiplede pile).

I mere teknisk sprog fittes modellen til data ved hjælp af Bayesiansk statistik, hvor hver enkelt pil i figuren kan betragtes som en betinget sandsynlighed. Modellen kan derefter opskrives i en samlet likelihood-funktion ved hjælp af antagelser om betinget uafhængighed og fittes ved numeriske metoder.



Modellering af klokkelyg



Afbrænding af fossilt brændstof og husdyrhold medfører en lokal og regional deposition af kvælstof på naturområder, som forventes at påvirke både jordens pH samt vegetationen. Ved hjælp af luftmodeller er det muligt at beregne den forventede kvælstofdeposition på et naturområde, og hvis disse kobles med indsamlede data om jordkemi og vegetation er det muligt at opstille og estimere en konceptuel model af kvælstofdepositionens effekt på pH og vegetationen.

I det viste eksempel har vi undersøgt effekten af både kvælstofdeposition og jordens pH på dækningen af klokkelyg på de våde heder. Middelværdien af kvælstofdepositionen (Ndep), jordens pH, og dækningen af klokkelyg modelleres som såkaldt latente variable (kvadrater), hvilket er variable i modellen som ikke måles direkte. De *a priori* bestemte kausale sammenhænge er vist som fulde pile. De latente variable knyttes til data (oktagoner) ved hjælp af målelig-

ninger (stiplede pile). Man ved, at forskellige datatyper har forskellige statistiske fordelinger, og denne viden kan udnyttes direkte i hierarkiske modeller: Fx blev pH antaget at være normalfordelt, mens dækningen af klokkelyg blev antaget at være betabinomial-fordelt. Modellen viste, at der var en statistisk signifikant negativ effekt af både kvælstofdeposition og en sur jordbund på dækningen af klokkelyg, men at kvælstofdeposition ikke kunne forklare den målte pH i jorden.

der styrer det daglige vidensarbejde. Kants erkendelsesmodel er generel og kan anvendes på alle typer af erkendelse. Måske af nødvendighed for at sikre denne universalitet var Kant overordentlig verbal, og hans hovedværk er ikke nemt tilgængelig for fx naturvidenskabelige forskere, som typisk må ty til fagfilosoffers udlægning af teksten. Der skal fx nok være fagfilosoffer, som vil ryste på hovedet af ovenstående korte frem-

stilling af Kants erkendelsesmodel. Denne utilgængelighed er en skam, for hvis Kants erkendelsesmodel er relevant, må den kunne udnyttes direkte i forskningen i stedet for indirekte gennem forskerens almindelige og udokumenterede sunde fornuft, som sikkert varierer betydeligt fra forsker til forsker.

Det ville derfor være en fordel, hvis man havde en præcis og nem

tilgængelig version af Kants erkendelsesmodel, som man konkret kunne anvende på videnskabelige problemstillinger. Det viser sig, at det har vi allerede, uden at mange forskere rigtig er bevidste om det: *hierarkisk modellering*.

Proces- og måleligninger

Hierarkiske modeller består af to dele: En *procesligning*, som kan ligestilles med Kants almene *a priori*

Ludwig Wittgenstein og hierarkiske modeller

Det er værd at bemærke, at hierarkiske modeller allerede kan føres tilbage til den yngre Ludwig Wittgensteins bog *Tractatus Logico-Philosophicus* fra 1921. Den yngre Wittgenstein var som elev af matematikeren, filosofen og logikeren Bertrand Russell interesseret i en matematisk formulering af den logiske tankeproces, og i hans bog opstiller han en række ordnede og nummererede synspunkter, som beskriver, hvordan man kan anvende billeder til at erkende verden. Hvis man læser bogen med hierarkiske modeller i baghovedet, er det forbløffende, hvor mange af Wittgensteins synspunkter, som giver mening i en hierarkisk modelsammenhæng. Fx kan synspunkt 2.15 næsten læses som en definition af hierarkiske modeller:

»That the elements of the picture are combined with one another



Foto: Österreichische Nationalbibliothek

in a definite way, represents that the things are so combined with one another. This connexion of the elements of the picture is called its structure, and the possibility of this structure is called the form of

representation of the picture.«

Den abstrakt matematisk tænkende Wittgenstein må næsten have haft den grafiske model af hierarkiske modeller i hovedet, da han skrev *Tractatus Logico-Philosophicus*, men var ikke opmærksom på den praktiske anvendelse af modellen. *Tractatus Logico-Philosophicus* er desværre generelt opfattet som værende både mystisk og utilgængelig for ikke-fagfolk. Det er således kun det sidste synspunkt 7: »Whereof one cannot speak, thereof one must be silent.« som er kendt uden for fagkredse.

Jeg vil opfordre interesserede til at læse den dybt interessante bog med hierarkiske modeller i baghovedet. Måske er der endda noget at hente for den, som undersøger fænomener, der ikke nemt kan måles eller vejes?

Kilder:
Østergaard, C. B. (2009) Kants kritik af den rene fornuft, Informations Forlag.

Pearl, J. (2009). Causality. Cambridge University Press.

Wittgenstein, L. (1921) *Tractatus Logico-Philosophicus*.

Damgaard C., Strandberg M.T., Kristiansen S.M., Nielsen K.E. and Bak J.L. 2014. Is Erica tetralix abundance on wet heathlands controlled by nitrogen deposition or soil acidification? *Environmental Pollution* 184: 1-8.

viden om kausale sammenhænge, og en terminologi, som beskriver de undersøgte fænomener eller begreber, samt en *måleligning*, som knytter de almene begreber til empiriske målinger eller observationer. I en hierarkisk modeltilgang opskriver man således sin almene og generelle *a priori* viden og opnår en konkret *a posterior* viden om et specifikt fænomen ved hjælp af data, som måler (Kant ville sige sanser) relevante aspekter af den undersøgte genstand. Til at modellere fx et økosystem indgår der typisk adskillige proces- og måleligninger.

Hierarkiske modeller er blevet udviklet uafhængigt i forskellige videnskabsgrene, og der eksisterer adskillige synonyme for modeltypen, men fælles for dem alle er, at de anvender grafteori til at præsentere den videnskabelige problemstilling.

Det er vigtigt at understrege, at *a priori* viden om de kausale sammenhænge i procesligningen kun

er en arbejdshypotese og bør testes statistisk samt ved anvendelse af supplerende manipulerede forsøg. I denne sammenhæng er det interessant, at Kant var enig med den skotske filosof David Hume i, at man ikke kan deducere kausale sammenhænge ud fra observerede data. Men Kant kritiserer Hume for ikke at have tænkt langt nok. Opstilling af kausale sammenhænge kræver, ifølge Kant, også tænkning – ren sansning er ikke tilstrækkelig.

Ligesom man gennem sin opvækst får erfaring om verden og fx lærer at afgrænse begrebet ”stol” fra fx ”taburet”, kan man bruge hierarkiske modeller til at opdatere og forfine sin *a priori* viden ved at anvende modellen på indsamlede data. Denne opdaterede viden kan derefter anvendes i analysen af nye data.

Lettere at arbejde med

En betydelig fordel ved de hierarkiske modeller er endvidere, at det er muligt at adskille den

statistiske varians, som skyldes måleusikkerhed, fra den varians, som skyldes strukturel uvidenhed om de modellerede processer. Det åbner op for at lave forudsigelser, hvor den strukturelle usikkerhed i forudsigelsen kan kvantificeres, hvilket er en af grundene til, at hierarkiske modeller i stigende grad bliver brugt i anvendt forskning, hvor det er vigtigt at kunne kvantificere usikkerheden af opstillede prognoser.

Hierarkiske modeller bliver i disse år i stigende grad anvendt til at modellere videnskabelige problemstillinger, fx indenfor miljø- og økonomisk forskning. Samtidig bliver det stadig lettere at arbejde med disse modeller, da der er ved at blive udviklet gratis software, som gør det muligt for også ikke-specialister at anvende disse modeltyper (fx R-INLA). Derfor vil jeg opfordre alle, som arbejder kvantitativt videnskabeligt til at kigge nærmere på denne analysemetode. ■