

Hvad adskiller geologi fra anden naturvidenskab og metafysik?

Eksempler fra dansk poesi, politik og naturvidenskab

JENS MORTEN HANSEN

Hansen, Jens Morten: Hvad adskiller geologi fra anden naturvidenskab og metafysik? Eksempler fra dansk poesi, politik og naturvidenskab. *Geologisk Tidsskrift* 2007, pp. 27–56. København 2007.

Naturvidenskaben omfatter ikke kun Newtons, Maxwells, Einsteins og mange andre naturforskeres *formler* for, hvordan 'verden fungerer' i dens forskellige skalaer og lukkede rum. Ligeså væsentligt er de naturhistoriske fag en grundlæggende skoling i, hvordan vi kan læse verdens realiteter med mere *åbne metoder* og fortolkningsmuligheder. Det gælder først og fremmest geologiens metoder til *fortolkning af strukturer*, således som vi kender det fra fx stratigrafien, tektonikken, palæontologien, sedimentologien og petrografien.

Mens de matematisk funderede naturvidenskaber gennem århundreder har nydt en almen respekt for forskningsresultater, der kan sættes på formel, har de naturhistoriske fag – og især geologiens resultater – været omstridte. Det skyldes især, at strukturfortolkning har sin egen stringente, men stort set ukendte logik. Uden for geologernes egen kreds er kendskabet således ringe til strukturfortolkningens basale systematik og praktiske anvendelsesmuligheder. Det forstås i almindelighed ikke, at en geolog i mange sammenhænge kan udtale sig med samme grad af sikkerhed om strukturelle relationer som en fysiker kan udtale sig om fx planeternes bevægelser ved hjælp af Newtons bevægelseslove. Dermed fremstår naturhistoriske forklaringer ofte som mere tvivlsomme end andre naturvidenskabelige teorier. Det gælder især på de områder, der ikke kun kan betragtes som interne videnskabelige anliggender, men som også hos ethvert tænkende menneske vækker eksistentielle og metafysiske forestillinger om Jordens og Livets oprindelse, historie og *mening*.

Det er derfor ikke mærkeligt, at geovidenskabelige teorier om fx Jordens historie, arternes udvikling, kontinenternes forskydning og istiderne – der også har både religiøse og fysisk spekulative forklaringer – historisk set har givet store konflikter med såvel teologerne som med de matematisk funderede naturvidenskaber. Dette skyldes ikke kun, at de fleste store geologiske teorier har brudt med samtidens både religiøse og fysiske forestillinger om Jorden og Livet. Det er mindst lige så vigtigt, at det særlige geologiske erkendelsesgrundlag – strukturfortolkningens fundamentale grundlag – aldrig rigtig har været forstået af andre end et fåtal af geologerne selv.

I forbindelse med den kraftige opblussen af begrebet 'intelligent design' og andre varianter af kreationismen, som i det seneste årti har skabt dybe konflikter mellem geo- og biovidenskaberne og store grupper af religiøst troende i fx USA og Mellemøsten, forekommer det vigtigt at tage emnet op i en erkendelsesteoretisk sammenhæng. Men denne konflikt mellem religion og geologi er langt fra enestående. Historien rummer adskillige andre eksempler på eksistentielle konflikter mellem på den ene side naturhistorie/geologi og på den anden side såvel metafysikken (religion og ideologi) som matematisk funderet naturvidenskab.

Denne artikel bygger på min beskrivelse af det elementære grundlag for geologisk tænkning, som Steno opstillede i 1667 og 1669, og forsøger at forklare det almene grundlag for geologisk strukturfortolkning og erkendelse af årsag/virkning-forhold i fortiden. Derudover rummer artiklen en omtale af nogle principielle konflikter, som denne erkendelsesform har givet med de seneste århundreders bibelfortolkning, med de matematisk funderede naturvidenskaber og med 1900-tallets ideologisk prægede naturforståelse. Specielt er der lagt vægt på at beskrive konflikter, divergerende anskuelsesmåder og eksistentielle forskelligheder, der kan belyses med historiske eksempler fra *dansk poesi, politik og naturvidenskab*.

Jens Morten Hansen, *GEUS – De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland*, Øster Voldgade 10, 1350 København K. E-post: jmh@geus.dk

Geologisk erkendelse løser ikke kun problemer ved at give menneskene bedre adgang til videnskabelig forståelse af verden og til fornødenheder såsom olie, kul, metaller og vand. Geologisk erkendelse giver også eksistentielle konflikter med mennesker, der ønsker at forstå naturen i overensstemmelse med en eller anden religion, ideologi eller politisk målsætning. Det ser vi grelt nu, hvor den kreationistiske idé om *intelligent design* får mange tilhængere i bl.a. USA og muslimske lande, og hvor man gennem forømmelse af geologiens resultater forsøger at genskabe troen på Det Gamle Testaments guddommelige skaber.

Måske tror vi geologer, at den nuværende konflikt mellem geologer og kreationister er kortvarig og tidstypisk. Men lignende dybe konflikter mellem geologisk tænkemåde og andre former for tænkning har stort set altid floreret, efter at geologien blev grundlagt for knap 400 år siden som videnskabelig disciplin. Således er geologiens historie ikke kun præget af de interne konflikter, der huserer i alle videnskaber, men også af mere eksistentielle konflikter med den omgivende verdens religioner, ideologier og videnskaber (Hallam 1988; Frodeman 1995; Hansen 2000).

Konfliktstoffet ændrer sig ganske vist fra tid til anden. Her i Danmark har vi længere tilbage i historien set den samme type konflikter mellem geologi og religion som i mange andre lande. Men i 1900-tallet er Danmark et usædvanlig godt eksempel på de konflikter og faldgruber, der har præget samfundsdebatten omkring de eksistentielle sider af frednings-, miljø-, energi- og genetik-spørgsmålene. En lignende udvikling ses nu i 2000-tallet omkring klimaspørgsmålet og andre globale problemer, der ikke kun er af videnskabelig interesse, men også af eksistentiel betydning for den enkelte.

I alle disse sammenhænge er det vigtigt at gøre sig tanker om, hvad vi geologer kan bidrage med på en anden og måske mere perspektivrig måde end andre naturvidenskaber. Heri er det særligt vigtigt at forstå, hvordan geologisk tænkemåde ikke alene kan bidrage med noget, som andre videnskaber ikke kan. Det er også vigtigt at forstå, hvorfor geologisk tænkemåde kan provokere mennesker med en anden baggrund, således som historien har vist.

Rationelle årsager til metafysiske følelser

For at kunne skelne mellem metafysiske følelser og rationelle fortolkningsmuligheder har geologien lige siden Stenos dage vist, hvordan vi kan opnå en nær-

mere forståelse af de sanserionelle områder, der umiddelbart kan synes at flyde sammen med metafysiske forestillinger om 'højere magter', større sammenhænge og andre eksistentielt vigtige, men videnskabeligt svage fortolkninger af verden. En sådan mulighed ligger især i en forståelse af naturhistoriens begreber om *forskellen på tingene og de tegn (strukturer)*, der er nedfældet i *tingene*.

I ethvert komplekst sanseindtryk er der således to helt forskellige former for information – man kunne kalde det 'tingene selv' og 'tegnene i tingene', eller man kunne kalde det 'præget' og 'overpræget'. I videnskabelige sammenhænge kan og skal begge former for information fortolkes konsekvent og stringent, som det fx gøres i geologien, arkæologien og kriminalteknikken. Men vi kan ikke forholde os på samme måde til den information der er direkte eller *positivt* beskrivelig, og den information der forudsætter at vi først formulerer en *hypotese*, inden vi kan foretage en meningsfuld beskrivelse eller efterforskning. Foretager vi ikke denne skelnen mellem 'ting' og 'tegn', bliver beskrivelsen uden faste holdepunkter. Uden denne skelnen bliver beskrivelsen blot et heuristisk postulat, en 'åbenbaring' eller en 'intuition', som det ikke giver mening at tillægge videnskabelig værdi.

Men når vi som det første har lært at skelne mellem 'ting' og 'tegn' – dvs. materialerne i sig selv og strukturerne i dem – skal vi derudover lære at tolke 'tegnene' (strukturerne) på en både videnskabeligt forsvarlig og perspektivrig måde. Men det er her accepten oftest svigter. Bortset fra geologerne og biologerne dropper naturforskerne stort set 'tegnene' og overlader dette vigtige observationsmateriale til folks egen ofte religiøse, ideologiske eller på anden måde følelsesmæssige bedømmelse. Men det er i strukturerens vidnesbyrd om processerne i tidligere tider eller i det betragtede materiales omverden ('tegnene') og ikke i det betragtede materiales fysisk/kemiske egenskaber ('tingene'), at *historien, hændelsesforløbet og kausalforståelsen* kommer ind i naturforståelsen. Uden denne side af naturvidenskaben ville de naturhistoriske fag ikke kunne eksistere, og de øvrige discipliner af naturvidenskaben ville stort set være reduceret til endeløse oplysninger om forskellige materials, arters, individers, molekylers og partiklers egenskaber og vekselvirkninger.

For at naturvidenskab skal kunne give dybere mening og kausal forståelse, skal vi derfor lære at skelne mellem på den ene side den værdifulde information, der ligger i 'tegnene' og på den anden side vore uprøvede følelser og fordomme, som disse tegn inspirerer til. Gør vi ikke det, vil vi uundgåeligt havne i ideologiske, religiøse, overtroiske og lignende fortolkninger. Det skyldes, at *de rent strukturelle*

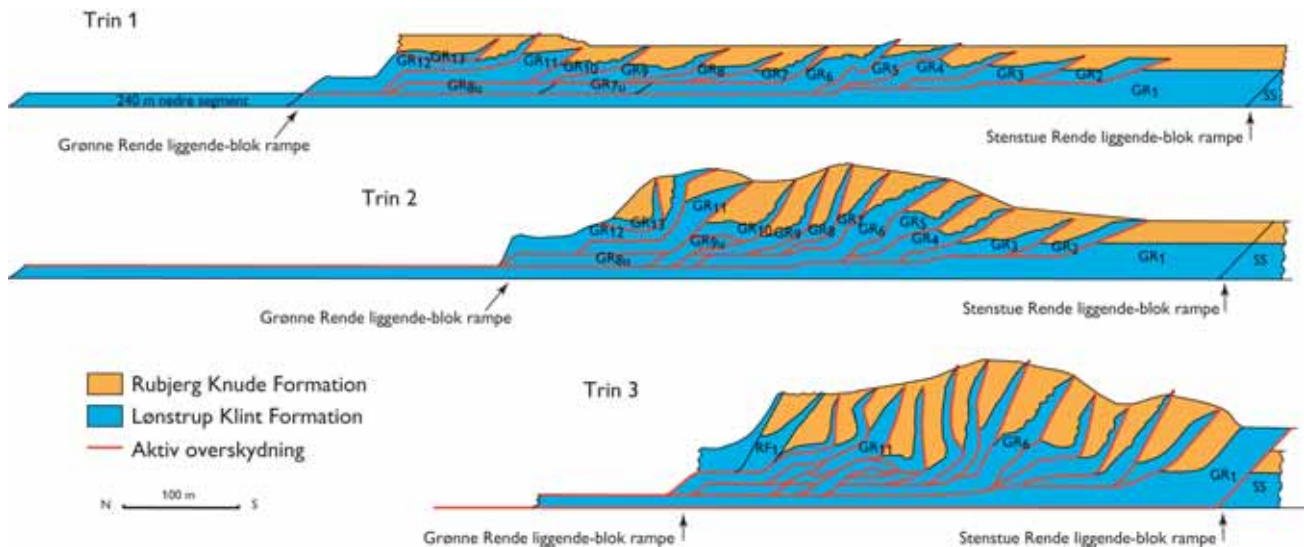


Fig. 1. En glacialtektonisk fortolkning af Danmarks 'dislokerede klinger' – fx som denne fortolkning af Lønstrup Klint (Pedersen 2006, fig. 21) – giver ikke religiøse problemer i dag. Men langt op i 1800-tallet, hvor istidsteorien endnu ikke var etableret, så mange oplyste mennesker sådanne stærkt 'forstyrrede' formationer som bevis for syndfloden på Noahs tid eller som direkte udtryk for 'Guds finger' (her fra venstre mod højre), dvs. som udtryk for Guds indgriben i naturens almindelige orden.

'spor' og 'tegn', der påvirker og nedfældes i alle ting, i langt de fleste tilfælde viser hen til årsager uden for det betragtede materiale, og at man derfor umiddelbart kan få en følelse af, at der stikker noget mystisk, noget storladent eller noget videnskabeligt uforklarligt under (Fig. 1).

Denne metafysiske tænkemåde faldt bl.a. H.C. Ørsted (1777–1851) for. Således er Ørsteds og Romantikens forestillinger om 'ånden i naturen' en heuristisk forestilling om det guddommeliges nærvær i fx de elektriske ledninger, som fik kompasnålen på Ørsteds kateder til at give udslag. Denne 'ekstradomæne' opdagelse kunne have sporet Ørsted ind på en frugtbar vej for nærmere at forstå sammenhængen mellem elektricitet og magnetisme. Men det overlod han hovedsagelig til andre og valgte i stedet panteistiske spekulationer over 'ånden i naturen'.

En lignende, men naturvidenskabeligt set mere forsvarlig synsvinkel ses hos den meget belæste og folkekære digter Thøger Larsen (1875–1928), der i en række foredrag og artikler i 1923–25 slog til lyd for en ny form for naturvidenskabeligt inspireret etik i et oprør mod samtidens kristelige snæversyn (Baggesen 1994; Haaning 2003). Han sagde bl.a.:

»Andagten overfor de evige Kræfter eller den evige Kraft, der fuldbyrder Verdens og Slægternes Udvikling, er en vigtig Livsfaktor og bør vækkes hos alle Mennesker. Sindene må rettes mod de Kræfter, der giver Mennesket sjælelig som legemlig Vækst, Udfoldelse, Evne

og Lykke. Det, vi forstår som Synden, maa være det, der nedbryder Livets sunde, naturlige Vækst, Trivsel og Harmoni med de Livslove, hvorunder den menneskelige Tilværelse er lagt.« (Citat fra Ebbensgaard 2006).

Thøger Larsen går her ind for en etik, der bryder med kristendommen og i stedet begrundes i naturlovene, hvad enten vi taler om fx de klassiske bevægelseslove eller de relativt nyopdagede evolutionsbiologiske love, istidsteorien og den tids kosmologi. Det bærende er, at vi så at sige skal trække på samme hammel som det guddommelige i naturen – en holdning, der senere udtrykkes endnu mere bastant af Ole Wivel (se denne artikels afsnit 'Metafysiske nedslag i 20. århundredes naturvidenskab').

Det problematiske er imidlertid, at eksemplerne H.C. Ørsted og Thøger Larsen begge er dybt inspireret af naturens 'tegn', dét geologer kalder *det ekstradomæne* (fx Berthelsen 1978, Hansen 2000), men at de i stedet for at underkaste disse tegn en rationel analyse, bruger dem i en form for nyreligiøs lovprisning af skaberværket. Derved bruges naturvidenskaben til understøtning af religiøse og andre metafysiske følelser, hvilket vist ikke kan være meningen set fra en klassisk naturvidenskabelig synsvinkel.

Ligesom disse tegn på kræfter og årsager uden for det direkte synlige materiale kan give anledning til religiøse følelser, kan de også give anledning til en metafysisk, kunstnerisk *inspiration* som fx hos den irske forfatter og nobelprismodtager Seamus Heaney.

Et eksempel på Thøger Larsens naturvidenskabeligt inspirerede nyreligiøsitet ses fx i dette digt, som han selv forklarer, er udtryk for hans grundsynspunkt. Her viser Thøger Larsen, at han forstår mennesket som en naturlig del af universet, men også at det vækker en religiøs følelse i ham:

Jeg står i dag på Stjernens Hvælv,
i mig dens Kræfter strømmer,
jeg føler Stjernen i mig selv,
hvor alle farver drømmer.

De kræfter, der styrer stjernerne og det øvrige univers er de samme som dem, der strømmer gennem mennesket. I andet vers gælder det lovene for den biologiske evolution:

De Drifter, som i Ungdoms Sang
mod Himlens Vidder tindre,
af dybe dulgte Kilder sprang
i Jordens eget Indre.

I sidste vers opgiver Thøger Larsen at forstå mere. Verden har uudgrundelige dyb:

Og alle Ting, jeg kommer nær,
har Dyb, jeg aldrig maaler.
Ej røber Solen, hvad de er,
men kun, hvordan de straalere.

Thøger Larsen er her helt på linie med den klassiske mekanik, der fastslår, at vi ikke skal forsøge at forstå 'hvorfor' årsagssammenhænge er, som de er, kun 'hvordan' verden fungerer. 'Tegnenes' beretninger om årsagerne kan vi ikke forstå – men det kan vi altså! (Digtet og Thøger Larsens forklaring findes i Ebbensgaard 2006).

Han har i følgende tekst fra 1996 givet en – synes jeg – fremragende beskrivelse af de danske mosefund, hvor hans oplevelse ved at se på mosefundene kan give en indledende forståelse af 'det ekstradomænale' og denne informations *bevægende, men videnskabeligt ubegrundede* indflydelse på vore følelser:

Tollundmandens hoved og Grauballemandens lig har begge en dobbelt kraft over sig, en gådefuld styrke, en evne til på én gang at trænge ind i vores bevidsthed på primalniveau og at spænde vores intellekt til det yderste. Og det har altid forekommet mig, at denne kraft må bunde i den kendsgerning, at disse lig i sig selv

udvisker den eksisterende grænse mellem kultur og natur, mellem kunst og liv, mellem vision og synsevne.

Tollundmandens hoved, Grauballemandens krop, hovedet af Pigen fra Vindeby Mose, ja, selv det grufuld afkappede hoved af Pigen fra Roum Mose (...) kan nu om dage alt sammen rubriceres både som udstillingsgenstande og som kropsdele. Og på den måde virker det, som om de hører til blandt de hoveder i ler, bronze eller marmor, vi ser på kunstmuseerne (...).

Engang eksisterede disse hoveder og lemmer i det øjemed at rumme og udtrykke et menneskelivs behov og impulser. De har været maskineriet for livsforløb og aftunget særlig opmærksomhed, idet de har hævdet 'Jeg er mig'. Selv når de var døde, efter en ofring eller en grusomhed, var deres kroppe stadig manifester over levnedsløb og bevarede visse spor af en persons identitet. De var lig. Men når et lig bliver til et mosefund, falder den personlige identitet bort. Mosefundet siger ikke ligefrem 'Jeg er mig', men snarere noget i retning af 'Jeg er det' eller 'Jeg er dig'. I lighed med kunstværket trygler mosefundet om fordybelse. Det kan ikke fastholdes i det biografiske, det har bevæget sig ind på det æstetiske felt.

Seamus Heanys øjne ser den dobbelte information – det direkte synlige 'domænale' observationsfelt og det kun indirekte tolkbare 'ekstradomænale' observationsfelt – der begge er nedfældet i ethvert materiale, og hans forfatterinstinkt beskriver det som 'en dobbelt kraft'. Den overprägning, der gennem årtusinders indlejring i mosen har omdannet Tollundmanden fra at være et lig til at fremstå som et ikke-biografisk beskriveligt kunstværk, er ikke blot en metafor på Tollundmandens betydningsændring, fordi vi betragter ham 'nu om dage' og ikke på den tid, hvor han gjorde krav på et 'jeg'. Overprägningen er også en delvist læsbar beretning, hvor vi ved 'at spænde vores intellekt til det yderste' kan danne en prøvbar hypotese om, hvad der faktisk er sket med Tollundmanden, før og mens han lå i mosen. Ved i en videre forstand at 'udviske den eksisterende grænse mellem kultur og natur, mellem kunst og liv, mellem vision og synsevne', kan vi ikke alene få en stor metafysisk oplevelse. Nok så vigtigt kan vi gennem brugen af vores erfaring, fornuft og fantasi danne en virkelighedsnær teori om, hvilke begivenheder og processer i Tollundmandens samtid, eftertid og omverden, der har ændret ham fra at være et 'jeg' til at være et lig og sluttelig til at være dét, vi nu ser af 'ham'.

Vi kan vælge at se på 'ham' som en kunstner kan gøre uden anden referenceramme end kunstnerens inspiration. Men den, der vil gribe mosefundet videnskabeligt an, må se 'ham' gennem sanserationaliteten og museets forklaringer, gennem laboratorier



Fig. 2: Sedimentstrukturer, herunder sporfossiler, er for det meste *udelukkende* struktur. Der er ingen betydende fysisk/kemisk forskel på materialet inden for og umiddelbart uden for strukturerne. De er udelukkende 'tegn'. Alligevel er vi ikke i tvivl om, at strukturerne er videnskabeligt tolkbare, og at de giver mening. Strukturerne fortæller simpelthen en kronologisk historie på en ganske anderledes måde, end når vi måler sedimentets egenskaber fx dets kornstørrelser og kemiske sammensætning. Strukturer giver kausal *forståelse*, mens tings egenskaber blot er information. Her ses både rent fysisk dannede strukturer (skrålejringer, en uregelmæssig erosionsflade midt i billedet og vandret lagdeling) og rent biologisk dannede sporfossiler (tragte efter sandorm foroven i billedet og utallige gravespor efter sømus forned og øvest i billedet). Fra kystklinten Bansten Bakke, Læsøs nordkyst.

ets analysefaciliteter og frem for alt gennem vores mere eller mindre hypotetiske viden om de forandringer, som verden er gennemløbet i de årtusinder 'han' har ligget i mosen. Men samtidig med, at videnskabsmanden i os gør alle disse ting, får han også – som kunstneren eller den troende – et lykkeligt øjeblik oplevelse af at være kommet sandheden nærmere. Vores verden af naturvidenskabelig viden er ikke en flad og aldeles ligegyldig oplevelse. De 'ekstradomænale' spor i verden spænder vores intellekt til det yderste – og kan give os forståelser af samme følelsesmæssige intensitet som de religiøse hævder at have i 'mødet med Gud'!

Ting og tegn – præg og overpræg

Den domænale information ('tingene', 'præget') er således de egenskaber ved det betragtede, som vi umiddelbart kan karakterisere, og som ligger i selve det nærværende materiales domæne. Det er *egenskaber* som fx form, størrelse, farve, temperatur og masse. Og det er *fænomener* såsom det tilstedeværende fysiske materiales nedbrydning og forandring gennem de tidsafhængige processer, der er foregået i selve materialet. Disse egenskaber og fænomener kan beskrives med positivistiske metoder. Det kan være beskrivelsen af fx Grauballemanden, som 'han' så ud netop da 'han' blev gravet op af mosen. Det kan være beskrivelsen af og omdannelsen af Grauballemandens hud, maveindhold, tøj osv., eller det kan være det samlede indtryk af Grauballemanden, som han ser ud nu, inden vi begynder at spekulere nærmere

Forholdet mellem det domænale og det ekstradomænale er klart anskueliggjort i Poul Kjølbers børnesang, der i 1980'erne var en landeplage i de fleste børnehaver:

Vinden kan man ikke få at se.
Det' der ikke noget at gøre ve'.
Men når møllen rigtigt svinger
rundt med sine store vinger,
så' det let at gætte at det blæser!

Vindmøllen er det domænale observationsfelt. Den kan vi se direkte og beskrive. Men vi kan ikke se vinden. Den farer hen over hele landet og kommer udefra. Men når vi ser det 'tegn', at møllen svinger med vingerne, så kan vi lige præcis gætte, at det blæser!

Poul Kjølbers sang forklarer den *samtidige omverdens* virkninger på det, vi kan se. En anden sang – Johs. V. Jensens "Hvor smiler fager den danske kyst" – forklarer den (ekstradomænale) *forudgående tids* virkninger. I 5. vers lyder det sådan:

Alvorlig taler ved alfarvej
med grønsvær tækket de gamles grave.
Henfarne slægter – forglem dem ej!
i arv de gav dig en ædel gave.

De småbakker, der ligger langs alfarvej, taler alvorligt om henfarne slægter fra en forudgående tid. Udelukkende fordi vi har dannet os hypoteser og en teori om 'oldtidens' gravskikke, kan vi forstå, at disse småbakker – som med digterens ord 'kroner det ganske land' – er gravhøje efter de mennesker, som engang levede her. Så fasttømret er denne teori om gravhøjene, at de fleste mennesker uden videre kan skelne gravhøje, de ikke før har set, fra landskabets øvrige høje.

I 6. vers gælder det 'oldsagerne', som findes i jorden, og som er både åndens og håndens spor:

Hvad hånden former er åndens spor.
Med flint har oldbonden tømret, kriget.
Hver spån du finder i Danmarks jord,
er sjæl af dem, der har bygget riget.

Vi forstår disse tegn, fordi vi har dannet os hypoteser og en teori om 'oldbondens' fremstilling af redskaber og våben. Og Johs. V. Jensen går endda så vidt, at flinteredskaberne ikke kun repræsenterer noget tingsligt. De er også åndens spor og sjæl af dem, der har bygget riget. Mere ekstradomænalt kan det næsten ikke blive – og alligevel særdeles nærværende! Men altså kun nærværende, fordi vi har en efterhånden fasttømret arkæologisk teori om, hvordan 'oldbonden' har fremstillet og anvendt redskaber af flint.

over, hvad der er sket med ham, hans lig og i 'hans' omgivelser.

Men derudover er der i ethvert materiale også nedfældet en række *rent strukturelle spor og tegn* ('tegnene', 'overpræget') på begivenheder og fænomener, der uafhængigt af det betragtede materiale har udspillet sig i dets fortid, samtid og eftertid og/eller i dets omverden (Fig. 2). Disse begivenheder og fænomener er ikke nødvendigvis nedfældet i selve materialets egenskaber, men overpræger dem med synlige strukturer, mærker, deformationer og andre spor efter tidens gang og påvirkninger fra omverdenen. Disse spor viser hen til en fortid og/eller en omverden, der ikke har noget med materialet som sådan at gøre, og fortæller os *brudstykker* af en historie om noget, der typisk er større, mere alment og mere gennemgribende, end det vi umiddelbart kan se eller registrere i selve det håndgribelige materiales egenskaber. Disse ekstradomænale 'tegn' kan kun beskrives delvist med positivistiske metoder, fordi tolkningen af dem *forudsætter helt specifikke hypotese-*

dannelser, for at de kan levere bidrag til en sammenhængende forklaring på begge de to informationstyper. Vi kan umiddelbart kun se, at 'noget' har sat sig visse spor i det håndgribelige materiale. Vi kan fx se på mosefundets hoved, at det er kappet af. Men vi kan ikke umiddelbart se, hvad det er for en historie, det afkappede hoved fortæller. Det forudsætter en specifik hypotese om fx menneskeofring og frem for alt, at vi mere end ét sted finder noget lignende, der fortæller en lignende historie.

Dét er *den ekstradomænale information* – 'overpræget' eller overprägningen *udefra*. Men denne overprägning er der intet mystisk ved, når vi blot forstår, at historiens og omverdenens både små og store begivenheder *altid* sætter sig spor i det håndgribelige, nærværende materiale. Ethvert virkeligt materiale og observationsfelt indeholder *altid* ekstradomænale spor og 'tegn' fra verdenen *udenfor*, dvs. fra fortiden og/eller omverdenen. Det er kun i fysiktimernes og regnemodellernes hypotetiske opstillinger og lukkede rum, at vi af pædagogiske eller prin-

cielle grunde opererer uden denne kendsgerning. Men i den virkelige verden er der *altid* en fortid og en omverden, der nedfælder mere eller mindre forstælige spor og 'tegn' i det, vi betragter.

For den der har lært det, kan disse ekstradomæne spor efter verdens gang tolkes lige så stringent og entydigt som selve det betragtede materiales domæne egenskaber. Det er især Stenos fortjeneste at have identificeret disse entydige tolkningsmuligheder, der virker og er uimodsigelige, allerede inden vi har dannet os nogen som helst hypotese om, hvad det pågældende ekstradomæne tegn repræsenterer. Disse almene tolkningskriterier, som Steno beskrev i 1669, og som er geologiens selvstændige metodiske grundlag, har jeg kaldt Stenos *genkendelses-, kronologi- og bevaringskriterier* (Hansen 2000).

Men for at disse stringente og entydige tolkninger kan styrke eller svække vore hypoteser om de enkelte spor og tegns årsager, er det nødvendigt at have en endnu større teori, der kan give de enkelte hypoteser sammenhæng (Fig. 3). Heri er sporene uomgængelige holdpunkter, men ikke hele historien. Den videnskabelige proces er her at komme fra en lang række gode eller dårlige arbejdshypoteser til de holdbare hypoteser, der har både almindelig og specifik forklaringskraft, og som kan forudsige endnu ikke gjorte observationer, og derfra føre videre til en sammenhængende teori, der giver *mening* i alle relevante sammenhænge.

Det 'underlige' og tilsyneladende uforståelige

I den enkelte persons etablering af en *situationsfor-nemmelse* er der en række kollektivt arvede, ubevidste og underbevidste processer, der almindeligvis giver det vi sanser umiddelbar mening. Først når vi begynder at *undres* over 'tegnene' og danne os *personlige* meninger om, hvad det betyder, kan vi for alvor tage fejl.

For *ikke* at tage fejl i den personlige meningsdannelse, skal vi bl.a. vejledes om, hvilke tolkningsmuligheder, vi råder over, og hvilke vi ikke råder over. For den, der ikke har lært denne elementære sondring mellem det domæne og det ekstradomæne, mellem ting og tegn, mellem præg og overpræg og mellem brugbare og ikke brugbare erkendelseskriterier, kan overpræget – dvs. de ekstradomæne tegn – føre til dannelse af helt irrelevante hypoteser. Det kan fx være heuristiske inspirationer, som vi umiddelbart tror på uden at undersøge dem nærmere. Noget helt tilsvarende sker, når vi gennem spekulation eller fordomme sætter os ud over vore

Et eksempel: På en vindstille dag, hvor dønningerne skulper dovent op på stranden, kommer der pludselig en gigantisk brådsø, som rejser sig som en tårnhøj mur, og som farer hen over stranden og smadrer alt på dens vej og kaster selv store skibe langt ind i land. For den, der intet ved om pladetektonik, jordskælv og tsunamier, er dette et ubegribeligt tegn på noget ufatteligt stort et eller andet sted 'derude' – eller måske 'deroppe' – noget mystisk, der kommer fra et sted, vi ikke kan nå med sanserne. Men for den, der har lært geologi og hydrologi, er det ikke mystisk, snarere et skrækindjagende eksempel på naturens dødbringende kraft og uforudsigelighed.

Et andet eksempel: I kulturer, der ikke har nogen naturvidenskabelig skoling, medfører storladne naturfænomener som fx misvækst, tørke, epidemier og orkaner en forestilling om, at disse farlige fænomener skyldes en guddoms straf eller andre unaturlige forhold. Den almindelige, velkendte og forståelige situation overpræges af noget uforståeligt og udefra kommende. Som i Det Gamle Testaments beretning om Ægyptens ti plager ser ofrene, at den almindelige, velkendte situation forstyrres af noget, hvis årsager ligger uden for det, der kan nås med sanserne, og som derfor skal forklares på anden vis. Man danner sig derpå en hypotese – fx om at 'nogen' har nedkaldt forbandelser over samfundet, hvorpå man forsøger med offergaver, bøn o.l. at formilde den straffende guddom i håb om, at problemet går over. I denne form for afprøvning af en hypotese er der således – som i de virkelige årsag/virkning-forhold – en tidsmæssig sammenhæng mellem fx offergaverne og den kendsgerning, at katastrofer som regel går over igen. Men der er intet påviseligt årsag/virkning-forhold – kun en tro på, at offergaverne er årsag til, at katastrofen er gået over.

medfødte evner til sanserational tænkning og undlader at forsøge at foretage disse sondringer mellem det mulige og det umulige.

Vi skal altså forholde os sanserationalt (analytisk) til *betydningen af både sporene selv og af de lakuner (huller), der også altid er i den ekstradomæne information*. Gør vi ikke det, fører den undren, som de ekstradomæne 'tegn' vækker i os, uundgåeligt til uprøvede spekulationer eller fordomme, der enten bygger på

Den *abduktive* tænkemåde har især en af USA's mest kendte filosoffer, geofysikeren C.S. Peirce forklaret i begyndelsen af 1900-tallet, hvor han søgte at knytte forbindelsen mellem Immanuel Kants 1700-tals filosofi ('Kritik der reinen Vernunft' og 'Kritik der praktischen Vernunft') med nyere filosofi og psykologi. Peirce gik omtrent i glemmebogen efter sin død, men er nu central bl.a. af de forskere, filosoffer og videnskabshistorikere, der forsøger at forklare forbindelserne mellem fysikernes, naturhistorikernes og humanisternes argumentationsformer. Det handler især om, hvordan et menneske kommer fra at gøre en ren sanseobservation til at tillægge observationer *betydning, mening* – eller hvad vi nu vil kalde de bevidsthedsoperationer, der forbinder sanseorganerne med tænkningen og vores forsøg på at *forstå* sanseindtrykkene.

På den måde er Peirces filosofi blevet et afgørende skridt væk fra såvel den alt for snævre positivistiske som den alt for spekulative konstruktivistiske filosofi, der dominerede 1900-tallets naturvidenskabelige, humanistiske og samfundsvidenskabelige filosofi. Sammen med Karl Poppers revision af den positivistiske naturvidenskabs filosofi og metodelære – den såkaldte refutationspositivisme – udgør Peirces tænkning er solidt grundlag for moderne erkendelsesteori. Det er især interessant, at denne nye filosofi på afgørende punkter har betydelige fællestræk med den måde, hvorpå geologer lige siden Stenos dage har tænkt og argumenteret.

eller skaber en *følelse af, at der stikker noget stort og ubegribeligt under*. Det kan fx give os den følelse, at 'skaberværket' – det vi umiddelbart kan se – også udtrykker en guddommelig mystik eller 'fortryllesse', som vi ikke kan fatte, og som derfor må være en effekt af fx Guds vilje eller noget tilsvarende ophøjet eller uudgrundeligt. Derfor er det naturligvis vigtigt at lære at identificere og analysere de ekstradomænale spor i det domænale materiale, så vi kan begynde at få en virkelighedsnær historie knyttet til dét, som vi ikke umiddelbart forstår, og som kan give os en *følelse af, at der stikker noget mystisk eller ubegribeligt under*.

Med udgangspunkt i erfarings- og skolingsforholdet mellem det umiddelbart begribelige domænale felt og det ekstradomænale felt, der forudsætter en vis erfaring eller skoling for at virke begribeligt, har

vi en evne til at undres over det, der umiddelbart forekommer 'underligt', fremmedartet eller ubegribeligt. Men vi nøjes ikke med at undres. Vi *gætter* på forklaringer og danner hypoteser, og disse hypoteser afprøver vi gennem vores evne til at tænke *abduktivt*. Det vil sige ved at gætte på og afprøve hypoteser om dette 'underlige', indtil vi finder en hypotese, der kan forklare det, der undrer, eller som kan forudsige, hvilke observationer vi vil gøre, når vi trænger endnu dybere ind i det ukendte.

Denne abduktive tænkemåde (som jeg beskriver mere udførligt i slutningen af denne artikel) er endnu næppe velforstået i den normative kognitionsteori. Ikke desto mindre kan man med god grund hævde, at den abduktive tænkemåde er særdeles vigtig i de grene af videnskaben, hvor vi ikke kan operere på det rent analytiske eller det umiddelbart empiriske plan, men hvor vi fx opererer i så store eller små skalaer i tid og rum, at det vi ønsker at observere ligger uden for det umiddelbart sanselige og forståelige. Således opererer fx geologien, evolutionsbiologien, arkæologien, astrofysikken og astronomien i så store skalaforhold i tid og rum, at det ligger uden for den enkelte forskers evner og ressourcer at overskue mange af de pågældende fags almindelige forhold. Modsat opererer fx kvantemekanikken, partikelfysikken, nanoteknologien, molekylærbiologien og neurobiologien i så små skalaforhold, at det ligger uden for den enkelte forskers evner og ressourcer at skaffe sig adgang til ny erkendelse. I disse fagområders ekstreme skalaforhold er den enkelte forsker afskåret fra at skaffe sig erkendelse på almindelig menneskelig måde. Forskeren må nødvendigvis benytte avancerede instrumenter og/eller indgå i omfattende forskningsmiljøer, der ikke er begrænset af det enkelte medlems livstid og det enkeltes medlems mentale og økonomiske ressourcer.

Den videnskabelige erkendelse på disse områder kræver derfor både instrumenter, der så at sige kan forøge eller formindske sansernes synsvinkler og fokusere deres følsomhedsområde på det, de menneskelige sanser er ufølsomme overfor. Men først og fremmest kræver det så langvarige forskningsfællesskaber – fx gennem forskningsinstitutioners formål og planlægning af mange forskergenerationer og mange forskergrupper arbejde – at de nødvendige databanker og forståelsesgrundlag kan etableres og fungere på tværs af den enkelte forskers livstid, ressourcer og indsigt. Disse skalaforhold, der er ekstreme i forhold til sanserne og det enkelte menneske, er nærmere beskrevet i Hansen (2000) som hhv. det *sub-empiriske* og det *per-empiriske* område – til forskel fra det *eu-empiriske* område, som den enkelte og sanserne er udviklet til at operere i.

Den moderne videnskabs tidlige livtag med religiøs 'tegnfyndning'

Menneskers ønske om at komme til sikker viden er en afgørende drivkraft for vores søgen efter erkendelse. »Alting flyder« sagde Heraklit (ca. 535–ca. 470 f.Kr.) om verden og umuligheden af at komme til sikker, afsluttet erkendelse af verden. Ligeledes er Platons (427–347 f.Kr.) berømte forklaring om, at vi opfatter skyggerne på grottens bagvæg som den fulde sandhed, et billede på vores fundamentalt usikre erkendelse. Og rationalismens store filosof Immanuel Kant (1724–1804) forklarede den sikre erkendelses begrænsning som forskellen mellem på den ene side vores opfattelse (perception) af virkeligheden (das Ding für uns) og på den anden side tingene, som de er i sig selv (das Ding an sich).

Det største og langt vigtigste skridt for at komme i dialog om denne usikkerhed var den moderne naturvidenskabs gennembrud i 1600-tallet. Når vi i dag tør sige, at dette gennembrud var af helt afgørende betydning, skyldes det ikke de argumenter man fandt, for de kunne som alt andet betvivles om ikke

andet så med subtile videnskabelige eller religiøse argumenter. Det afgørende er, at de følgende 300 års *praktiske resultater og teknologi* har vist, at 1600- og 1700-tallets udvikling af videnskabelige metoder i det store og hele bringer os i idémæssig harmoni med det, enhver kan se, høre, føle og logisk tænke sig til (Fig. 4).

Den moderne videnskabs pragmatiske tilgang til problemerne har således først og fremmest genforenet menneskenes idéer med sansningen af den praktiske virkelighed. Derfor tror vi på videnskabens idéer – ikke fordi argumenterne forekommer at være bedre end metafysisk formulerede naturlove eller religiøse og ideologiske argumenter. Det synes vi nu, men kun fordi *videnskaben – og her især naturhistorien – har genskabt tilliden til sanserne* og lært os både at udvide dem med instrumenter og at fortolke dem konsekvent uden at falde tilbage på religiøse forklaringer som fx Bibelens skabelsesberetning.

Hos såvel Platon som Aristoteles (384–322 f.Kr.) skelnes der – til trods for deres meget forskellige naturopfattelser – mellem det *hinsidige* og det *denne-sidige*. Det er i høj grad fra denne skelnen mellem



Fig. 3. Geologiske strukturer (ekstradomænale 'tegn') kan bl.a. være udtrykt gennem senere processer, fx biologiske fænomener. Her ses et luftfoto af øen Hornfiskrøn syd for Læsø, hvor den naturligt indvandrede vegetation fordeler sig som en serie af koncentriske buer omkring et punkt lidt til venstre for det rektangulære felt (en mark) midt på øen: Lynghede (mørkebrunt), birkeskov (mørkegrønt), græshede-rørskov (gulligt-lysebrunt) og strandeng (lysegrønt og rødbrunt). Tolkning af disse strukturer forudsætter en teori – fx at øen er dannet ved gradvis tilvækst, omtrent som en muslingeskal vokser. De forskellige vegetationstyper afspejler derpå de aktuelle jordbundsforhold, der igen er styret af gradvis landhævning (ældst: højst og tørrest; yngst: lavest og mest fugtigt, Hansen 1995). Billedet dækker ca. 2 x 3 km.

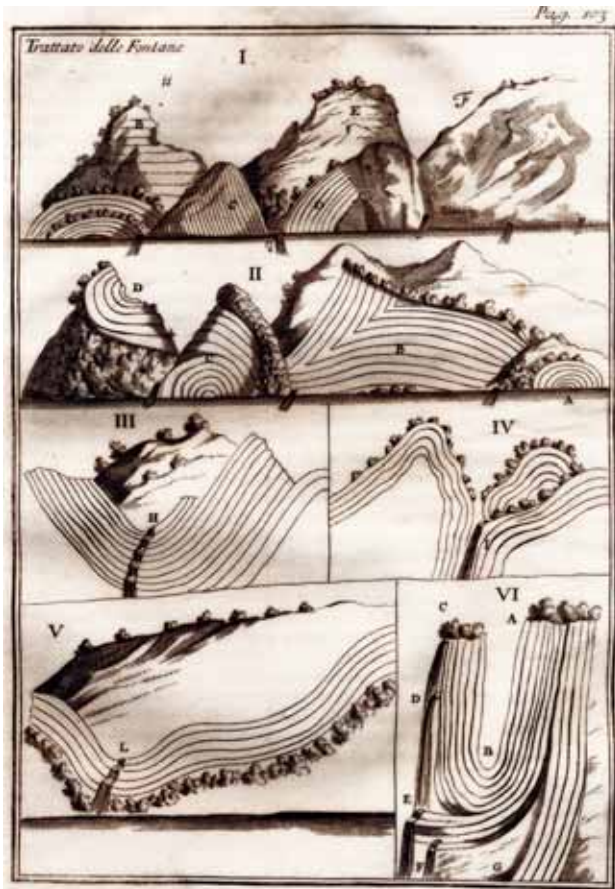


Fig. 4. Stenos geologiske arbejde i Toscana fik den strukturelle forståelse af Jorden til at blomstre i flere af Norditaliens universitetsbyer i begyndelsen af 1700-tallet. Her en tegning af J.J. Scheuchzer publiceret af den italienske geolog Antonio Vallisneri (1661–1730). Vallisneri gør for det første rede for, at Alperne er foldebjerg, og for det andet at regnvandet siver ned gennem de permeable lag, indtil det støder på impermeable lag, hvor vandet samler sig i synklinaler og derfra strømmer mod steder, hvor vandet bryder frem som kildespring og vandløb (Morello 2003).

det hinsidige (svarende til det ekstradomænale) og det dennesidige (svarende til det domænale), at vore religiøse forestillinger kommer. Det hinsidige repræsenterer det eviggyldige, *det guddommelige*, mens det dennesidige repræsenterer det foranderlige, *naturen*. Antikkens opfattelse af, at naturen på forskellig måde er modstykke til Gud, holder sig meget længe og lever videre i både den mosaiske, kristne og muslimske tradition, dvs. i den monoteistiske tradition, der har været den vestlige videnskabs bagland i mere end tusind år.

Især naturopfattelsen i den kristne tradition er vigtig for den videnskabelige naturopfattelse. Opfattelsen af det hinsidiges kontrol over det dennesidige begynder først at vakle i den moderne naturopfat-

telse, hvor det vesterlandske menneske med industrialismen og naturunderlæggelsen og især med miljøbevægelsen begyndte at sætte sig selv i såvel den gode Guds som i den onde Guds sted (Skaberen og Satan).

Modsætningen mellem Gud og naturen er også kernen i det årtusindgamle Ptolemæiske Verdensbillede, hvor jordkloden og menneskene er verdens centrum. Denne modsætning mellem Guds bolig i de urokkelige fixstjernerne himmel og den dennesidige verden *under* fixstjernerne overlever også fremkomsten af det Kopernikanske Verdensbillede i slutningen af 1400-tallet og Reformationen i 1500-tallet. Ude i fixstjernerne hinsidige himmel har vi stadig det eviggyldige, det uforanderlige, hvor Gud har sin bolig, mens opfattelsen af Jordens og menneskenes fortumlede bane omkring Solen blot bekræfter den dennesidige naturs underordnede og kaotiske status og den hinsidige guddommelige viljes almagt og æteriske ro.

Hvis man ville vide noget om fremtiden, måtte man derfor studere stjernerne, dvs. konstellationerne mellem fixstjernerne i Guds bolig og planeternes forudsigelige positioner i den dennesidige verden. Det var netop denne formodning om, at stjernerne udgør en adgang til sandhedens kilder, som bevirkede, at Tycho Brahe (1546–1601) en overgang fik Frederik II og Christian IV's gunst og betragtelige økonomiske rettigheder, der medførte at han kunne beskrive Månens og Mars' 'vildveje'. Således opdagede Tycho Brahe, at såvel Månen som Mars ikke fulgte fuldstændig forudsigelige baner, men at de foretog 'perturbationer', dvs. afvigelser fra de forudsigelige baner. I dag ved vi, at disse 'vildveje' skyldes massetiltrækning mellem himmellegemer, der passerer gennem hinandens tyngdefelt. Men for Tycho Brahe var 'vildvejene' først og fremmest et bevis på Guds indgriben i det dennesidige. 'Guds finger' satte aftryk på alt, ikke kun på den nære håndgribe-

Den ældgamle dualistiske opfattelse finder vi både i den katolske og den protestantiske tradition bl.a. hos selve kirkereformatoren Martin Luther (1483–1546). Det gælder fx salmen "Fra Himlen højt kom budskab her" fra 1535, hvor han i Hans Tausens (1494–1561) gendigtning bl.a. siger

*Således det behaged dig
den sandhed at forkynde mig,
at verdens ære, magt og guld
for dig er ikkun støv og muld.*

lige natur i form af fx dyr og planter, men også på selve planeternes og Månens baner i egnene nærme-re Guds bolig. Kun ude i fixstjernernes urokkelige himmel skete der ingen forandringer.

Men så skete der noget, der for bestandigt skulle forandre videnskabens opfattelse af forholdet mellem Gud og naturen. Historikeren Alex Wittendorff beskriver i 1994 denne skelsættende begivenhed så-dan:

»Om aftenen den 11. november 1572 skete et af de lykkeligste sammentræf af omstændigheder i men-neskehedens intellektuelle historie. Da Tyge den aften gik fra laboratoriet på Herrisvad til gården for at spise til aften, så han i stjernebilledet Cas-siopeia et stjernelignende objekt, der ikke havde været der før. Dets lysstyrke var stærkere end de kraftigst lysende stjerners og planeters. ... Astro-nomerne kan i dag fortælle, at der var tale om en supernova, en stjerne med en masse flere gange Solens, hvis kernekraft er brugt op, så den bryder sammen til en diameter på kun 10–20 km under udsendelse af enorme lysmængder. ... *Den 26-åri-ge astronom så det ske, som ikke kunne ske. Ude i ufør-anderlighedens hjemsted i det evige og afsluttede ska-berværk skabtes en ny stjerne, som derefter langsomt slukkedes.*« (Min fremhævning).

For Tycho Brahe, som for resten af den belæste ver-den, var dette en frygtindgydende opdagelse. Man-ge mente det var et forvarsel om verdens snarlige undergang, og Tycho selv havde svært ved at tro, hvad han så og måtte have hjælp af bønder på eg-nen, inden han ville tro sine egne øjne. Snart viste hans målinger da også, at der ikke kunne være tvivl: Ude i fixstjernernes himmel var der opstået en ny stjerne, som blussede op, og som i løbet af nogle måneder brændte ud igen. I skriftet 'Stella Nova' beskrev han sine iagttagelser – som de fleste samti-dige selv havde set på Europas nattehimmel – og blev berømt (se Otto Gelsted m.fl. 1923).

Tychos opdagelse af den nye stjerne kastede en brand ind i den religiøse verdensopfattelse. Det ske-te tilmed i en tid, hvor Reformationen langt fra var afsluttet, og hvor blodige modreformationer rasede i store dele af Europa. Intriger på universitetet og irritation hos Christian IV over Tychos verdensbe-rømmelse medførte, at han måtte forlade landet og slå sig ned i Prag. Her blev han fyrsteligt modtaget og betalt af den katolske kejser Rudolf II, der regere-de over det store østrig-ungarske rige. I Prag kaste-de Tychos berømmelse ikke skygger over kejserens ego, og her fik den landsfordrevne adelsmand mid-ler til at knytte det matematiske geni Johannes Ke-pler til sit hof. Efter Tycho Brahes død i 1601 bereg-

Aristoteles' dualistiske verdens- og natursyn ses endnu tydeligt hos salmedigteren Thomas Kingo (1634–1703). Fx i salmen "Sorrig og glæde de vandre til hobe, / lykke, ulykke de ginge på rad" (1681) beskriver han forskellen på det dennesidiges 'uro' – selv hos konger af Guds nåde – og den eviggyldige himmelske ro og lyksalighed. I 2. vers skriver Kingo, at

*Kongernes bo
er skøn uro.
Himlen alene gør salig og fro.*

Og den aristoteliske dualisme findes fortsat hos den lidt senere salmedigter Hans Adolf Brorson (1694–1764), hvor 'verdens vrimmel' udtrykker Guds almagt og allestedsnærværelse fx i salmen "Op al den ting, som Gud har gjort / hans herlighed at vise". I 3. vers er Guds uudgrunde-lige vilje meget tæt på, når han siger

*Det mindste græs jeg undrer på
i skove og i dale,
hvor skulle jeg den visdom få
om det kun ret at tale.*

Vi skal helt frem til B.S. Ingemann (1789–1862) før det kopernikanske verdensbillede omsider sætter sig synlige og markante spor i salmedigt-ningen. Her er det Solen, der er placeret i hvad mange dengang endnu opfattede som univer-sets centrum, og Solen begynder nu i allegorisk forstand at indtage Guds plads. Det ses fx i salmen "Lysets engel går med glans / over himmelporte" (1837), hvor

*Sol går over verden ud
med Guds lys i øje,*

og hvor

*Gud ser ind i slot og vrå,
ser på drot og tigger,
ser til store, ser til små,
kysser barnet, som i vuggen ligger.*

nede Kepler på basis af Tychos uhørt nøjagtige må-linger – og i modstrid med Tychos egen opfattelse – hvorledes planeterne bevæger sig i elliptiske og ikke cirkulære baner omkring Solen. Endnu et angreb på den guddommelige orden, som teologerne ønskede skulle herske i egnene nær Guds bolig.

Vendingen fra Guds placering i fixstjernernes urokkelige himmel, til at Solen i verdens centrum nu bliver det allegoriske billede på Gud, skyldes måske især den engelske astronom Edmund Halley (1656–1742). I 1700-tallets begyndelse viste han nemlig, at selv stjernebillederne har ændret sig radikalt gennem den tid, menneskene har målt de enkelte stjerners positioner. Videnskabshistorikeren Lars Christiansen beskriver i 1997 denne opdagelse således:

»At fiksstjernerne faktisk rører på sig, sandsynliggør Edmund Halley (1718) ved at sammenligne moderne stjernepositioner med Ptolemæus' antikke opgivelser. Derved har himlen fået en helt ny dynamisk realisme. Til gengæld er det slut med dens æteriske ro. ... Selve evigheds symbol, stjernebillederne, forandrer sig med tiden til uken-delighed, deres tilsyneladende evighed er blot en refleks af menneskeslægtens korte historie.«

Hermed bragte Halley menneskets korte tidshorizont ind i videnskabens natursyn, således som tidsopfattelsen allerede var blevet afgørende for geologien og palæontologien. Men som det skulle vise sig i de to kommende århundreder, blev kun de kosmologiske og ikke de jordiske videnskaber (geologiens og palæontologiens) tidshorizont accepteret af de andre videnskaber. Således fordømte fysikeren Kelvin som formand for Royal Society gennem 1800-tallets sidste halvdel geologernes og palæontologernes forestillinger om Jordens umådelige alder. Kelvins egne beregninger af Jordens afkøling viste, at Jorden allertidligst for 20 millioner siden kunne have fået en fast overflade. Fysikernes accept af geologiens og palæontologiens tidshorizont indtraf først, da det i 1902 lykkedes en anden fysiker, Ernest Rutherford (1871–1937), at datere bjergarter, der var mere end 1 milliard år gamle ved hjælp af radioaktive isotoper.

Guds Bog og Naturens Bog

Den dualistiske grundholdning gennemsyrrer ikke blot idéerne om, hvordan verden skal forstås, men også metodelæren. Før Reformationen havde det været anset for stort set overflødigt at undersøge tingene. Sandheden stod at læse i Bibelen, og konkrete undersøgelser af naturen ansås i almindelighed for at være frugtesløse og vildledende i forhold til 'skriften'.

Normalt betragtes René Descartes (1595–1650) som den moderne videnskabs far, idet han gennem værkerne *Discours de la Methode* (Om Metoden) og *Traité de l'Homme* (Om Mennesket) havde skabt de metodiske og humanistiske forestillinger, der satte ram-

merne for den moderne videnskabs gennembrud i de følgende 50–100 år, hvor Galilei, Locke, Leibniz og Newton blev nogle af de betydeligste skikkelser. Indledningen til denne udvikling skyldtes i høj grad Descartes metodelære, der bl.a. grundlagde *reduktionismen* dvs. den metode, at man skal reducere komplekse problemer til overskuelige delproblemer. Derefter skal man undersøge de enkelte delproblemer hver for sig ud fra den forestilling, at en samlet løsning er lig med *summen* af de enkelte løsninger. Denne metode har siden gået sin sejrsgang i videnskaben, selv om man med rette kan anfægte, om den samlede løsning af et komplekst problem kan beskrives som en sum af løsninger på delproblemer.

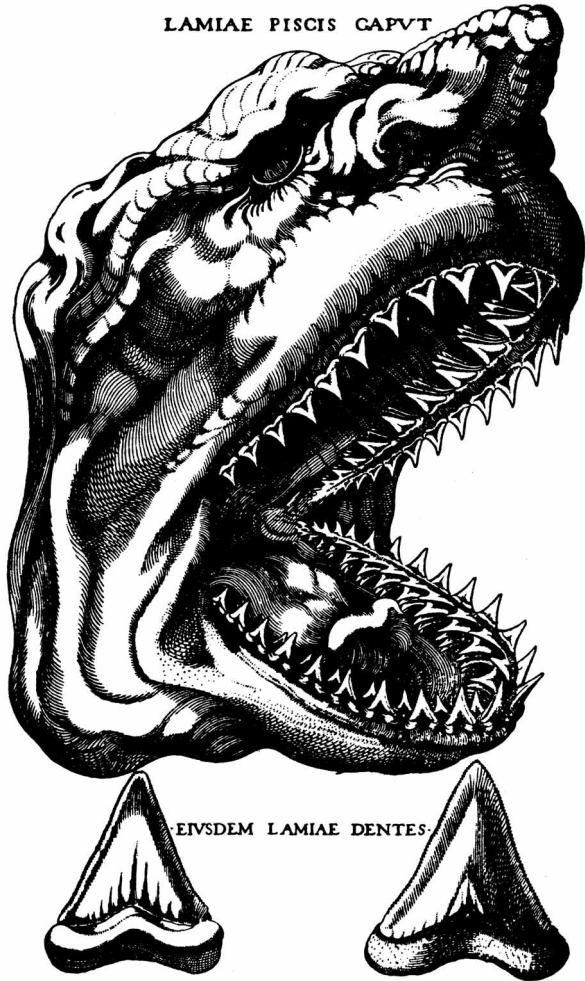
I Descartes menneskeopfattelse finder vi også en trang til simple forklaringer i form af en stærkt Platon-inspireret dualisme. Hvad der er *idé* hos Platon, er *sjæl* hos Descartes. Det ses fx i hans opfattelse af hjernen, som Descartes mente skulle opfattes som en 'vidunderlig maskine', der kontrollerer legemet gennem nerverne, og som selv kontrolleres af Guds vilje. Descartes mente, at det sker gennem koglekirtelen, der sidder inde i hjernen og vibrerer. Når koglekirtelen derved påvirker bestemte dele af hjernen, får disse påvirkninger legemet til at gøre bestemte ting. Da det er Guds vilje – mente Descartes – der gennem det enkelte menneskes sjæl styrer koglekirtelens vibrationer, kan man deraf udlede, at mennesket udfører Guds vilje. Ligeledes kan man deraf udlede, at vi er *besjælet* af Gud – en tanke som naturligvis bekom menneskene vel.

Skønt stærkt inspireret af Descartes metodelære, var Niels Stensen (Steno 1638–86) efterhånden kommet frem til, at Descartes var på gale veje, fordi han på trods af sin metodelære ikke undersøgte tingene, men fortsatte med at *spekulere* sig frem til forklaringer, der ikke søgte at forklare de observerbare kendsgerninger. Descartes forklarede stadig de mest komplicerede ting ved hjælp af religiøse dogmer. Da Steno selv havde dissekeret menneskehjernen og havde konstateret, at Descartes' hjerneopfattelse hverken kunne begrundes rationelt eller i hans metodelære, holdt han et foredrag i Paris (1665), hvor han modigt og opsigtsvækkende tog afstand fra Descartes spekulative forklaringer. Det skete bl.a. med ordene:

»I videnskabelig forskning kan man ikke holde de forskellige områder så isoleret fra hinanden, at man ikke er forpligtet til på samme tid at overveje mange af dem. Jo længere man hænger ved detaljerne, desto flere elementer mangler der i helheden ... Der findes kun to måder, hvorpå man kan erkende, hvordan en kompliceret maskine virker. Enten kan mesteren, der har bygget den, vise hvordan den virker [henvisning til 'Guds bog']. Eller

TABVLA I.

LAMIAE PISCIS CAPVT



TABVLA III.

•GLOSSOPETRÆ MAIORES•

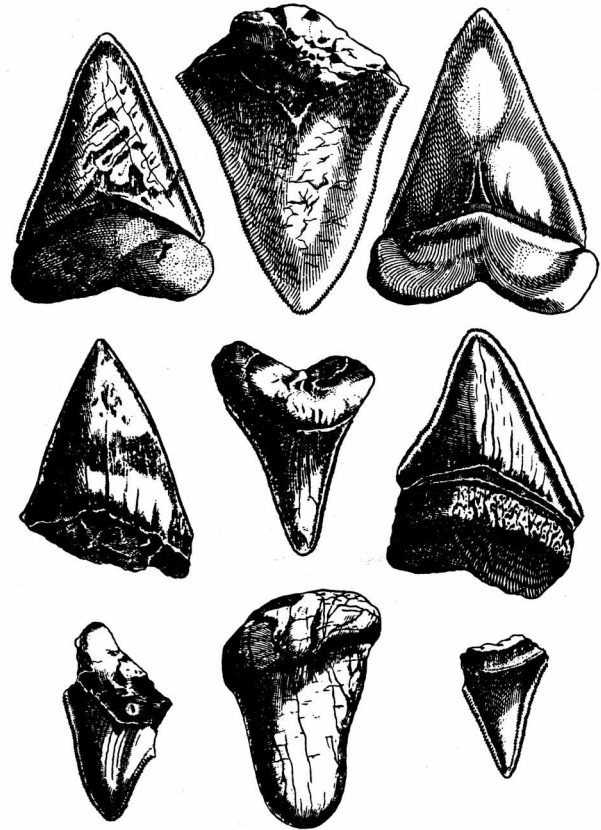


Fig. 5. Stenos tegning fra 1667 af en kæmpehajs hoved og tænder (til venstre). Ved sammenligning med fossile 'glossopetrae' ('tungesten', til højre), som mange steder kunne findes højt oppe i bjergene og langt fra havet, fastslog Steno sit første strukturelle princip (genkendelseskriteriet): "Når et fast legeme ligner et andet fast legeme, ikke blot ved dets ydre form, men også ved de enkelte deles og smådelenes finere anordning, så er de to legemer dannet på samme måde og i samme omgivelser". Steno var endda klar over, at 'de mindste smådele' (atomerne) kunne være udskiftet som følge af senere kemisk omdannelse. Det afgørende er, at strukturerne er ens. Genkendelseskriteriet er altså rent strukturelt. Bemærk at hajhovedets frygtindgydende træk skyldes, at der er tegnet efter et saltet og indtørret hajhoved, der faktisk ser nogenlunde sådan ud. (Se det selv på Geologisk Museum!)

også kan vi skille den ad i de enkelte bestanddele, så vi kan forstå dem hver for sig, og derefter samle den igen, så vi også forstår, hvordan de virker i sammenhæng [henvisning til 'Naturens bog'] Men disse mennesker [bl.a. Descartes] vil give Dem en beskrivelse af 'denne vidunderlige maskine' [hjernen] og beliggenheden af alle dens funktioner med samme sikkerhed som om de selv havde overværet dens skabelse og havde gennemskuet alle dens bygmesters store planer.« (Steno 1665. Min oversættelse [og forklaringer])

Steno søgte således at afvise reduktionismen som tilstrækkelig og – på trods af sin stærke religiøsitet –

enhver sammenblanding af religiøse og videnskabelige begrundelser. Vi skulle lære at læse Naturens Bog både side for side og i sammenhæng for at forstå meningen. Guds Bog skulle læses på samme måde, men aldrig sammenblandes med Naturens Bog lige så lidt som andre bøger om vidt forskellige ting skal sammenblandes.

Dette ønske om at kunne læse Naturens Bog havde Steno sandsynligvis fra Galileo Galilei (1564–1642), der havde genoptaget en tanke, der allerede var opstået i den tidlige middelalder. Sandheden kunne læses to steder – i Bibelen og i Naturen. Galilei mente, at vi skulle bygge erkendelsen på iagttagelige kendsgerninger og ikke kun på de hellige skrif-

ter og andre menneskeskabte kilder. „Giv mig kendsgerninger, ikke papirer“ sagde Galilei under inkquisitionen mod ham.

»Naturens store bog kan kun læses af dem, der forstår det sprog, bogen er skrevet i. Og det er matematikken.«

Matematikken var således for Galilei de tegn og love, der kæder alle naturens ytringer sammen i en ubrydelig logik. Og som bekendt blev matematikken i de følgende 400 år et helt dominerende redskab i astronomien, fysikken og kemien. Steno forsøgte længe at give matematikken en lignende høj stilling inden for biologien og geologien. Bortset fra hans vellykkede geometriske beskrivelse af muskelfibrenes funktionsmåde og af krystallernes opbygning indså han dog snart, at den biologiske og geologiske del af Naturens Bog var skrevet på et andet sprog, det *forensiske*, dvs. det sprog, der tillader os at læse tingenes indbyrdes strukturelle relationer, således at vi kan se ligheder og kende forskel, og således at vi ved at erkende begivenhedernes kronologi kan skelne mellem årsager og virkninger. Da han i 1669 grundlagde geologien som eksakt videnskab formulerede han således en programerklæring, der kan ses som et modstykke til Galileis matematiske programerklæring:

Naturens Bog kan også læses ved, at vi »i selve de faste legemer finder argumenter for, hvordan og i hvilke omgivelser legemerne er dannet.« (Steno 1669. Min oversættelse)

Heri ligger en erkendelse af, at sikker information om naturens dannelseshistorie kun kan tænkes at være bevaret i faste materialer. Væsker og gasser er i 'indre oprør' og de kan derfor ikke fortælle os noget om, hvad der er sket tidligere. Derpå anviste Steno en række metoder til at påvise, hvordan fx strukturerne i en bjergside, en sten eller et biologisk materiale kan fortælle os om dets historie og fortid. Det vil sige videnskabelige metoder, der fortæller om Jordens historie med samme sikkerhed som en matematisk ligning kan fortælle os, hvor planeterne vil befinde sig i fremtiden (Fig. 5).

Man kan sige, at ligesom Tycho Brahe, Kepler og Galilei havde anvist matematiske metoder til forudsigelse af himmellegemernes bevægelser i fremtiden, anviste Steno et videnskabeligt stringent grundlag for de rent strukturelle metoder til 'tegntyding', der kan fortælle os om Jordens og Livets historie. Mærkeligt nok gik Stenos navn i glemmebogen kort tid efter hans død. Ganske vist blev hans metoder centrale grundlag for geologien, palæontologien, anatomi-

mien og den moderne videnskabs vekselvirkning mellem analyse og undersøgelse (deduktion og empiri). Men hvor metoderne stammede fra blev glemt, indtil Alexander von Humboldt, Elie de Beaumont og Charles Lyell genopdagede Stenos betydning i 1830'erne.

Tiden, livet og døden

I 400-tallet udtalte den filosofiske munk og kirkefader Augustin (354–430) følgende: »Når ingen spørger mig, véd jeg, hvad tid er. Men når nogen spørger mig, så ved jeg det ikke.« Denne idé hos Augustin og eftertiden beskriver den tvivl og det spørgsmål, som videnskaben fortsat ikke kan besvare: *Hvad er tid?* Men samtidig afspejler spørgsmålet også de monoteistiske religioners erkendelse af, at 'tidens pil' kun flyver én vej, og at vi derfor har ansvar. Det skete kan ikke gøres usket.

Forestillingen om tidens uigenkaldelige gang er imidlertid meget gammel, vel lige så gammel som forestillingen om at vi skal dø. Altså *dø*, ikke blot 'sove ind' eller blive 'kaldt hjem til Gud', men dø for bestandigt. Således siger vi med overbevisning, at det eneste vi kan være fuldkommen sikre på, er, at vi skal dø – men ufortalt, at netop denne kendsgerning kan vi ikke forlige os med. Også derfor må vi antage, at de monoteistiske religioner (jødedommen, kristendommen og islam) først og fremmest udtrykker menneskenes håb om at kunne opnå et evigt liv hinsides den 'jordiske' død, som vi ikke kan forlige os med. I den matematisk funderede del af naturvidenskaben opstod der imidlertid i 1700-tallets begyndelse en radikalt anderledes idé om, at fortiden og fremtiden spejler sig i nutiden og er hinandens re-

Kristendommens tidsopfattelse er i pagt med jødedommens og bryder især med de polyteistiske religioners forestilling om, at tiden – fx årstiderne, tidevandet og dagene – kører i ring og gentager sig. Disse forestillinger adskiller sig ikke grundlæggende fra buddhismens forestilling om sjælevandring. Sjælen er udødelig og tager bolig i nye kroppe, når de gamle er slidt op. Men i såvel jødedommen som kristendommen og islam er der en begyndelse (skabelsen, *genesis*) og en slutning (dommedag, *apokalypse*). Ligeledes kan tiden før og efter Kristus ikke sammenlignes i kristendommen, og i islam er tiden før og efter Muhammed heller ikke sammenlignelig.

Fysikkens rent deterministiske opfattelse af, hvad liv og død er, ses måske særlig klart i Ørstedes panteisme og i Romantikens genoplivning af Aristoteles opfattelse af livet og sjælen. Sjælen 'slumrer' i stenen, 'drømmer' i planten, 'vågner' i dyret og 'er bevidst' i mennesket. En opfattelse som Thøger Larsens nyreligiositet også giver udtryk for, og som vel også har en vis forbindelse til New Age-idéerne i vor tid.

præsentationer. Selv om universets samlede mængde af materiale og energi kan fordele sig højest forskelligt fra tid til anden, så findes der principielt intet i fortiden, som ikke også vil være der i fremtiden – og omvendt. Hos den klassiske mekanik far Isaac Newton (1642–1727) og i hans bevægelseslove er tiden en vendbar størrelse. Der finder ikke naturlige radikale forandringer sted – og naturlig død er derfor principielt nonsens.

Hos Newton er tiden ikke en meningsgivende omstændighed, der knytter alle naturlige processer sammen, således som det er tilfældet i naturhistorien. I Newtons fysik og helt frem til termodynamikken i 1800-tallets slutning er tiden blot en måleparameter, der kan løbe både forlæns og baglæns. Tiden skrives ind i bevægelseslovenes formler og udtryk, og *lighedstegnet* i Newtons bevægelseslove forbinder den eksisterende tilstand med enhver forudgående og enhver kommende tilstand. I den klassiske fysik findes der ingen udvikling, dvs. ingen grundlæggende forskel på fortiden, nutiden og fremtiden og ingen videnskabeligt relevant forskel på liv og død. Beskrivelse og forståelse af livet (sjælen i tingene) ligger uden for videnskabens domæne. Livet vedrører alene Guds uudgrundelige vilje og er ikke af denne verden. Denne verden er dybest set den sammen nu, som den altid har været, og som den altid vil forblive med at være. Klarest er mekanikkens tidsopfattelse beskrevet af Newtons 'apostel' Pierre Simon de Laplace (1749–1827), der så sent som i 1814 (publiceret i 1840) sagde følgende:

»Hvis en dæmon (intelligens) til et givet tidspunkt kendte alle de kræfter, som naturen holdes i bevægelse af, og endvidere kendte den situation som tilsammen konstituerer naturen ... så ville den i én og samme formel indbegribe de største legemers og det letteste atoms bevægelser i dette univers. *For denne dæmon ville intet være usikkert, og såvel fremtiden som fortiden ville være nærværende for dens øjne.*« (Citeret fra Prigogine & Stengers 1985. Min fremhævnings).

Heraf fremgår den klassiske mekaniks strengt *deterministiske* verdensopfattelse ganske klart. Alt er forudbestemt (determineret), og enhver tale om liv, død, hensigtsmæssighed, ansvar osv. er videnskabeligt set meningsløs. Enhver egentlig forandring kommer udefra og skyldes Guds indgriben. Tiden har i sig selv ingen betydning, og at tale om årsager og virkninger har heller ikke mening. Alle naturlige årsager er på forhånd – *a priori* – indbygget i naturens love, og alle virkninger er derfor også givet på forhånd. Når alle ting i dette univers er givet til ét tidspunkt, er alle såvel fortidige som fremtidige tilstande og begivenheder også givet. Fortiden repræsenterer fremtiden – og omvendt. Tiden er blot en måleparameter. Der er principielt intet nyt under solen. Skaberværket er givet én gang for alle og er afsluttet – med mindre Gud griber ind.

Vi skal helt frem til evolutionsteorien og termodynamikken i 1800-tallet, før *ulighedstegnet* optræder i formler, hvori tiden indgår. Først da opstår den opfattelse i den moderne naturvidenskab, at tiden i sig selv har *betydning* – at tiden skaber ulighed mellem fortiden og fremtiden, og at begreber som liv og død giver videnskabelig *mening*. I termodynamikken går universet uigenkaldeligt mod 'varmedøden', og i evolutionsteorien er døden (og arters uddøen) en absolut nødvendighed for, at grundfænomenerne arv og selektion overhovedet kan udspille sig. I termodynamikken og evolutionsteorien er døden udviklingens resultat og forudsætning. Tiden forandrer verden for bestandigt.

Hvis vi ser væk fra Stenos grundlæggelse af geologien og palæontologien i 1600-tallet og Leibniz' deraf inspirerede og meget tidlige evolutionsteori om Jordens skabelse (Protogaia), skal vi helt frem til sidste halvdel af 1800-tallet, før tidsbegrebet får en mere nutidig betydning i naturvidenskabens. Således som tidsbegrebet i mere end to tusinde år havde haft selvstændig betydning i de monoteistiske religioner, dvs. i jødedommen, kristendommen og islam, får tiden først selvstændig betydning i naturvidenskabens på det tidspunkt, hvor skabelsen af Jorden og Livet bliver genstand for videnskabelige undersøgelser. Mærkeligt nok kommer denne oprindeligt 'kristne' tidsopfattelse først for alvor igen ind i naturvidenskabens med geologen Charles Darwin (1809–1882), der mere end nogen anden naturforsker har påkaldt sig kristendommens vrede. Med Darwin og kort tid efter med fysikeren Ludwig Boltzmann (1844–1906) og hans termodynamik blev tiden *irreversibel* – ikke vendbar. Processerne – tiden, livet og døden – fik dermed en helt ny og mere fundamental betydning i naturvidenskabens. *Det eksistentielle ansvar* – dét, at det skete ikke kan gøres usket, men forandrer verden uigenkaldeligt – var dermed blevet en del af

naturvidenskaben og ikke kun noget teologer skulle beskæftige sig med.

Geologiens kvaler med positivisme, ideologi og religion i 1900-tallet

Selv om Newtons metafysisk-matematiske naturvidenskab havde afgørende betydning for videnskabens fremdrift fra begyndelsen af 1700-tallet og frem til vore dage, havde denne angrebsvinkel også store skadevirkninger på de dengang nye bio- og geovidenskabelige områder. Det vil sige de nye fag, der opstod i 1600-tallet, som ikke kun beskæftigede sig med verden ud fra teoretiske betragtninger, men også havde stor praktisk betydning for menneskets forståelse af sig selv som naturligt. Efter fremkomsten i midten af 1800-tallet af Charles Lyells og Charles Darwins empiriske undersøgelser af Jordens udviklingshistorie og arternes oprindelse, spændte det modsætningerne mellem præsternes *religiøse*, fysikernes *teoretiske* og naturhistorikernes *praktiske* angrebsvinkler til det yderste.

Og ikke nok med det. Disse spændinger i naturvidenskaben skabte også grundlag for skiftende tiders teologiske, humanistiske og samfundsvidenskabelige kritik af selve grundlaget for de nye bio- og geovidenskaber. Det skyldtes ikke kun disse videnskabers nye metodiske grundlag, men især at de beskæftigede sig med *eksistentielt* og ikke kun videnskabeligt betydningsfulde teorier. Jeg har kaldt dette spændingsfelt 'den menneskenære natur' (Hansen 2002). I 1700-tallet gjaldt det fx teologernes kritik af naturhistorien og den opfattelse, at Jorden overhovedet kan tænkes at have en udviklingshistorie, der ikke kan rummes inden for de bibelske myter (Cutler 2003). I 1800-tallet gjaldt det især teologers og fysikeres fordømmelse af Lyells og Darwins evolutionsteorier for hhv. Jorden og Livet, ligesom det gjaldt fordømmelsen af istidsteorien, som – i hvert fald på nordlige himmelstrøg – gjorde syndflodsteologien overflødig.

I 1900-tallets første halvdel gjaldt det fx en både teologisk og samfundsvidenskabelig kritik af den 'uansvarlighed', som den danske arvelighedsforsker Wilhelm Johannsen (1857–1927) og hans biologiske forståelse af arv (genotype) og miljø (fænotype) måtte indebære for ethvert barns medfødte 'skyldfrihed', ligesom det senere i 1900-tallet førte til kirkens kritik af normalitetsbegrebets udvidede rammer, som den biologiske opfattelse af arv og miljø medførte. I 1900-tallets sidste halvdel gjaldt det både matema-

Atomfysikeren og medieforskeren Oluf Danielsen peger i sin disputats 'Atomkraften under pres' (2006) på, at videnskaben fik en ny rolle under atomkraftdebatten i Danmark i 1970'erne, og at dette var afgørende for, at regeringen i 1982 besluttede ikke at ville anvende atomkraft i Danmark. Jeg er enig med Danielsen i dette synspunkt, idet både jeg selv og en række andre geologer gik ind denne politisk betændte debat med en rent faglig 'kasket' på (fx Hansen m.fl. 1979). Men det er ikke rigtigt, når Danielsen fremhæver, at vore budskaber var politiske. Der var tale om elementære geologiske oplysninger, der blot var fremsat på *tidspunkter*, som miljømyndighedernes øverste administrative niveauer var politisk ubekvemme (Bundgaard-Nielsen m.fl. 1982). Jeg fremhævede i debatter med disse topembedsmænd, at det netop er i de situationer, hvor den videnskabelige viden er relevant for større politiske beslutninger, at den skal fremføres, og at den videnskabelige ytringsfrihed derfor er afgørende samtidig med, at forskerne skal overholde pligten til at være videnskabeligt redelige (Hansen 1982, 2007).

Den egentlige konflikt lå imidlertid mellem de naturhistoriske fag, herunder geologi, og de matematisk funderede naturfag, der mente at kunne afvise en række spørgsmål omkring sikkerheden ved atomkraft og deponering af højradioaktivt affald ud fra rent deterministiske og positivistiske synspunkter. Langt de fleste danske geologer var enige om, at man ikke kan afvise en usikkerhed blot fordi, der *ikke* foreligger positive observationer imod forestillingen. Geologi opererer ikke på den måde, men har som grundforestilling, at vi skal gøre os tanker om det ukendte, ikke mindst når *lakunerne* i vores viden er åbenlyse.

tisk orienterede fysikere og politologers angreb på bio- og geofagenes mere komplekse naturopfattelse fx inden for forvaltningen af energi- og miljøpolitikken (se Danielsen 2006).

Under den omdefinition af videnskabens rolle, som begyndte at tage form under 1960'ernes begyndende forbrugersamfund, blussede denne type af konflikter op igen – og på *adskillige områder meget tidligt her i Danmark*. Det skete bl.a. i forbindelse med forureningsdebatten efter studenteroprøret i 1968, debatten om alternativ energi og atomkraft i kølvandet energikrisen i 1973, klimadebatten i kølvandet på studierne af Grønlands indlandsis i 1980'erne og senere.

Denne omdefinition af videnskabens rolle gjaldt også Bjørn Lomborgs forsøg fra 1997 på at bestride behovet for en miljøindsats og fra 2001 Lomborgs ønske om at indføre positivistisk simple cost/benefit-modeller o.l. som videnskabeligt grundlag for politiske prioriteringer mellem videnskabeligt usammenlignelige områder. Det skete først under sloganet 'mest miljø for pengene' og snart derefter mellem globalt vigtige og yderst komplekse prioriteringer mellem fx miljø- og naturproblemerne, AIDS, sult og vandforsyning. Således blev Lomborg i kraft af hans samfundsvidenskabelige oprør mod miljøvidenska-

Regeringens oprettelse af Institut for Miljøvurdering (IMV) i 2001 og nedlæggelsen af det i 2007 betegner et kortvarigt brud med grundlæggende videnskabelige metoder i politikken på miljøområdet. Men samtidig betegner oprettelsen af IMV med Bjørn Lomborg som direktør også en – synes jeg – sympatisk værnen om, at alle synspunkter skal kunne komme til orde.

Disse forhold kom imidlertid til grel udfoldelse i sagen mod Bjørn Lomborg ved Udvalgene vedr. Videnskabelig Uredelighed (UVVU). Under denne proces valgte udvalgenes formand, landsdommer Henrik Brydensholt, at lægge afgørende vægt på, at en dommers opgave er at *skønne* – og ikke i alle enkeltheder at *dokumentere* – hvorvidt en anklaget har forbrudt sig mod reglerne. Det er klart, at dette rent juridiske synspunkt måtte pådrage sig megen kritik fra videnskabelig side, uanset om kritikerne er enige i dommen. Konsekvensen af hele sagen, herunder den revision af bekendtgørelsen om UVVU, som videnskabsministeren udsendte efter sagens afslutning, blev desværre, at de formelle krav til forskeres videnskabelige redelighed blev svækket betydeligt og i vidt omfang lagt ud til de enkelte forskningsinstitutioners egen – og objektivt set inhabile – bedømmelse (Hansen 2007).

Men som under atomkraftdebatten i 1970'erne var det centrale stridsspørgsmål ikke disse juridiske finurligheder, men den klassiske konflikt mellem naturhistoriske fag og de matematisk funderede fag. I dette tilfælde ikke klassisk fysik, men matematisk funderet økonomi og Bjørn Lomborgs anvendelse af simple regnemodeller (cost/benefit-analyser), der ikke er egnede til belysning af så komplekse problemstillinger, som der er tale om på miljø-, klima- og naturressourceområderne.

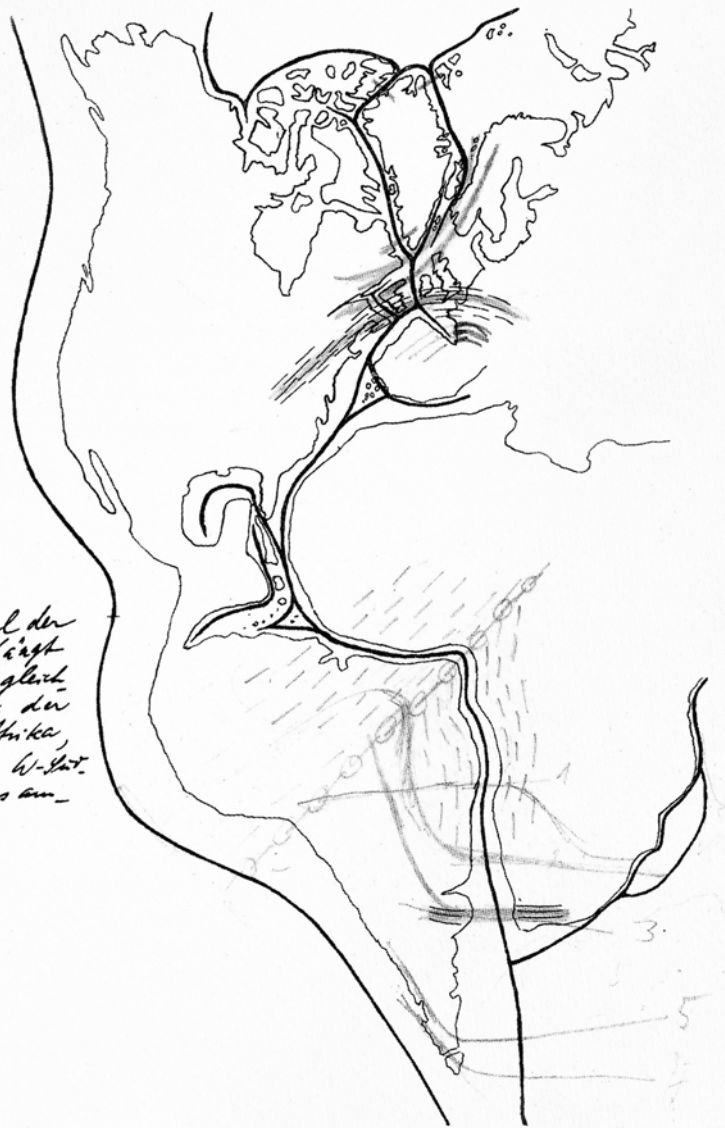
berne og –politikken Danmarks suverænt mest omtalte videnskabsmand nogensinde i den udenlandske presse, end ikke overgået af Niels Bohr, ligesom han af New York Times blev anset for at høre blandt verdens 100 og Europas 50 mest indflydelsesrige personer.

På grund af den eksistentielt vigtige betydning, som de bio- og geovidenskabelige teorier har i mange sammenhænge, har disse fag ofte været farlige og ubekvemme for de vante verdensbilleder og gudsforestillinger. Og på grund af de bio- og geovidenskabelige teoriers empiriske og ikke matematiske karakter, kunne man til enhver tid hævde, at resultaterne ikke kunne 'bevises' i positivistisk forstand, således som der kan 'føres bevis' inden for matematik, geometri og algebra.

I 1900-tallets sidste halvdel betød det, at selv om positivismen var brudt sammen på det filosofiske plan, fortsatte den positivistiske tænkemåde ikke desto mindre ufortrødent på klassiske områder såsom fysik, kemi, ingeniørvidenskab samt medicinsk og økonomisk statistik. Der var således ikke megen sammenhæng mellem videnskabelig praksis og det store behov der var for at finde en anden erkendelsesmodel end positivismen, sådan som bio- og geofagene længe havde vist, og således som kvantemekanikken og relativitetsteorien havde afsløret. Selv om bio- og geofagene og en række humanvidenskabelige områder i kraft af Poppers revision af positivismen til en refutationspositivisme omsider havde fået et mere holdbart filosofisk grundlag, indebar det også betydelige konflikter med de mere klassiske fag indenfor naturvidenskab og teknik, hvor geologien som helhed – og evolutionsbiologien i særdeleshed – havde svært ved at opnå samme videnskabelige status som fx fysikken har i kraft af de mange videnskabelige gennembrud lige siden Newtons tid (Hallam 1988).

At de eksistentielt vigtige teorier om Jordens historie, den biologiske evolution, istiderne, pladetektonikken osv. kunne få samme videnskabelige status som fx Newtons mekanik, Bohrs kvantemekanik og Einsteins relativitetsteori, måtte først indebære en ikke kun filosofisk-teoretisk, men også en praktisk forkastelse af positivismen som eneste acceptable grundlag. Dernæst måtte en filosofisk ligestilling af bio- og geofagene med fysikken, kemien og matematikken indebære, at den næsten guddommelige personstatus, som var blevet Newton, Bohr og Einstein til del, skulle træde mere i baggrunden, således at tilsvarende fremragende bio- og geovidenskabelige forskere som fx Steno, Charles Darwin og Alfred Wegener kunne få en smule af den glans og videnskabelige autoritet, de tilkommer. Uden resignation skriver Alfred Wegener selv om denne tilstand i

Die Brücken hinüberziehen!



Mit dem Wabbel der Steinschiebung hängt wohl auch der gleichsinnige Wabbel der 3 Kontinente: W. Afrika, O. Südamerika, W. Südamerika, ganz am Meer.

Fig. 6. Alfred Wegeners skitse fra 1915 af kontinenternes placering før Atlanterhavets dannelse, overtegnet med kommentarer m.v. til brug for senere udgaver (fra Krause m.fl. 2005). Wegeners teori om kontinentaldrift vakte betydelig modstand overalt i den naturvidenskabelige verden, og teorien blev stort set afvist uden egentlige empiriske argumenter. Først i 1960'erne og 70'erne, hvor Deep Sea Drilling Programme (DSDP) begyndte at undersøge de enkelte hypoteser empirisk, begyndte flertallet af geologer så småt at tro på teorien.

4. udgave af 'Die Entstehung der Kontinente und Ozeane', at kontinentaldriftteoriens »Newton noch nicht gekommen ist« (oversættelse: Kontinentaldriftteoriens Newton er endnu ikke kommet, se Krause m.fl. 2005, p. 3).

Den interne konflikt inden for naturvidenskaberne om positivismen indebar imidlertid, at naturvidenskaberne havde nok i at kriges indbyrdes. Udadtil deltog naturvidenskaberne derfor kun i ringe grad i den grundlæggende filosofiske og erkendelsesteoretiske debat. Med få undtagelser som fx Niels Bohrs introduktion af komplementaritetsbegrebet og henvendelsen til FN om videndeling på atomområdet

vendte naturvidenskaben sig i det store hele fra erkendelsesteorien og etikken. Dette indebar, at filosofien i løbet af 1900-tallet helt overvejende fremstod som en humanistisk og samfundsvidenskabelig aktivitet. Naturvidenskaben overlod dermed endnu større dele af meningsdannelsen til humanister og samfundsforskere.

I 1900-tallets sidste årti blev samfundsvidenskabsfolk helt dominerende i massemediernes brug af videnskabelige meningsdannere. Det viste bl.a. 'Magtudredningen' i 2005. Det indebar bl.a., at meningsdannelsen mere og mere begyndte at hvile på de socialkonstruktivistiske, relativistiske og beslæg-

tede filosofier, som med stor styrke blev fremsat fra humanistisk og samfundsvidenskabeligt hold i 1970'erne og senere, og som hævder, at empirisk viden kan fortolkes mere eller mindre frit. Derfor er vor tids filosofi havnet i en situation, hvor færre og færre tror på, at vi overhovedet kan vide noget med sikkerhed. I min forståelse heraf opgav mange samfundsforskere og humanister at tolke 'de ekstradomænale tegn' stringent og genindførte derved mystikken, mens naturforskerne specialiserede sig så ekstremt, at de stort set blev ude af stand til at bidrage til samfundsdebatten som fagfolk.

Det giver et stort – alt for stort – rum for den vildfarelse, at enhver videnskabelig, ideologisk eller religiøs fortolkning kan være lige så god som enhver anden teori. Og det har – sammen med kommunismens sammenbrud og 1990'ernes bortfald af 'højere sager' på det ideologiske område – bidraget væsentligt til, at flere og flere atter bekender sig til en eller anden religion, efter at religiøsitet havde været klart faldende frem til 1980'erne.

Metafysiske nedslag i det 20. århundredes naturvidenskab

Mens naturvidenskab og teknikken gennem det meste af 1900-tallet havde skabt resultater, der både forbedrede levevilkårene radikalt og gav os hidtil uopnåelige indsigter, opstod der især i kølvandet på 1960'ernes og 70'ernes politiske polarisering en ny skepticisme overfor naturvidenskab. De videnskabelige og tekniske fremskridt havde sammen med den politiske vækstfilosofi også udviklet et *kynisk natursyn*, hvor der ikke findes nogen etisk kobling mellem den videnskabelige erkendelse og det politiske ansvar for anvendelsen af denne erkendelse (Hansen 2003). Men i løbet af 1970'erne begyndte man at indse, at dét, vi opfatter som natur, blev udsat for massive påvirkninger, der mange steder ødelagde eller alvorligt forringede vilkårene for 'den vilde natur'. Den naturvidenskabeligt og teknologisk betingede velfærdsfremgang som langt de fleste mennesker kunne nyde godt af i deres arbejdsliv og boliger, indebar også forurening, naturødelæggelse, klimapåvirkning, uddøen af arter og meget andet, der ikke tidligere havde spillet en nær så synlig rolle.

Mange naturforskere – også jeg – begyndte derfor i 1970'erne og 80'erne at opfatte sig selv som 'miljøforkæmper' og mente, at deres fremtidige indsats skulle have en anden betydning end den traditionelle at søge indsigt for indsigtens egen skyld. Naturvidenskabens skulle ikke mere kun tjene sine egne for-

mål, men 'beskytte naturen' dvs. dét, man opfattede som 'den vilde natur'.

Især blandt naturforskere begyndte man at opfatte naturen og menneskene som modsætninger, og mange kastede sig med stor styrke ind i 'naturkampen' – ofte med videnskaben og Karl Marx i den ene hånd og Ornitologiske Forening, GreenPeace eller Danmarks Naturfredningsforening i den anden. Det skete i en kamp, hvor man brugte de akademiske stillinger og videnskabens autoritet til forfølgelsen af natur- og miljøpolitiske mål, der især kunne begrundes ideologisk og eventuelt religiøst. Hermed videreførtes i realiteten blot en tradition, der allerede var indledt i 1900-tallets begyndelse af den fremragende biolog og agitator Wesenberg-Lund (se Sand-Jensen 2006), men hvor det klassiske krav om at holde forskningsmæssige principper adskilt fra andre hensyn blev erstattet af et nyt 'programprincip' om, at forskningen skulle have et politisk eller 'samfundsnyttigt' formål. Det indebar interne diskussioner mellem naturvidenskabelige 'bekendelsesretninger', der kunne minde om de religiøse diskussioner mellem kirken og videnskaben i senmiddelalderen før Galileis tid, eller minde om diskussionerne i 1800-tallets slutning mellem præster og darwinister.

Min opfattelse er, at mange mennesker i den vestlige verden med egne øjne havde set, hvor meget den 'vilde natur' blev trængt tilbage, og hvor meget forureningen efterhånden ødelagde. De udviklede derfor et *misanthropisk natursyn* (Hansen 1993), hvor naturen ('den uberørte natur') og nogle mennesker (miljøforkæmperne) repræsenterede det gode, mens andre mennesker ('kapitalisterne', industrien og bønderne) repræsenterede det onde. Det vil sige et delvist menneskefjendsk natursyn og dermed en ny form for dualisme.

Til forskel fra den antikke opfattelse af adskillelsen mellem naturen og Gud begyndte mange mennesker at se naturen som det, der *burde* være uforandret, og os selv som en skiftevis god og ond gud – en 'toenighed' af Skaberen og Satan. Mennesket kunne både skabe fremskridt og tilbageslag i 'naturens hellige haller'. Hvor naturen før repræsenterede det foranderlige og Gud det uforanderlige, begyndte flertallet af naturforskere nu – helt i strid med Darwins teori og årtusinders vestlig naturfilosofi – at betragte naturen som det én gang for alle skabte, som 'Satan' i form af industrien og landbruget, dvs. kapitalismen, var i færd med at ødelægge, men som den nye tids 'Gud' nu i miljøforkæmpernes skikkelse skulle gøre op med.

Baggrunden for denne 'selvgudelliggørelse' eller menneskelige 'selvopblæsthed', som miljøhistorikeren Donald Worster (1995) har beskrevet i bl.a. skrifter fra Center for Menneske og Natur ved Syddansk

Ole Wivel beskrev ganske tidstypisk vores misantropiske natursyn i 1984 i sangen Egetræet tungt af alder, hvor han i 2. vers siger

*Hval i hav og fisk i floder
dræbes af vor overmagt.
Jorden, elsket, ja vor moder
har til dom vi overbragt.*

Her er der ingen tvivl. Mennesket har ødelagt store dele af naturen. Videre hedder det i 3. vers

*Men en fyrste kan benåde,
visdom gæste selv et vrage.
Lad os glædes overmåde
nu som på den første dag!*

Her ser vi grant den naturopfattelse, som mere og mere kom til at præge de sidste årtier i 1900-tallet, nemlig at skaberværket er afsluttet 'som på den første dag', og at vores opgave er at frede de sørgelige rester, inden det er for sent. Væk er enhver forestilling om evolution – den vedvarende skabelsesproces – og at vi selv og vore gerninger er en del af skaberværket. Tværtimod skal vi selv træde i skaberens sted, således som det fremgår af 5. vers:

*Vore børn skal lege, ånde
luft som vi forpester nu,
og gå Skaberen til hånde
helt forløst fra denne gru.*

Vi skal med andre ord ikke skabe alt det nye, vi allerede er i gang med, men genskabe det, som den rigtige Skaber skabte den første dag, og som vi nu har ødelagt. Mere misantropisk og stationært kan et natursyn vel næppe være.

Universitet, er den overvældende magt, som naturvidenskaben og teknikken lagde i menneskenes hænder. Ingen opgave syntes uoverkommelig og intet mål syntes uopnåeligt for 1960'ernes, 70'ernes og 80'ernes vesterlænding eller sovjetborger: Sputniker og landsætning af mennesker på Månen, vending af sibirske floder, fredelig udnyttelse af atomkraften, store tilvækstrater i industri- og landbrugsproduktionen år efter år – vækst, vækst, vækst og atter vækst. Og på den anden side den kolde krigs eksorbitante muligheder for udslettelse af livet på Jorden. Intet under, at menneskene i 1960'erne begyndte at opfatte sig selv som modernitetens 'sataniske' brud med Guds hidtidige monopol på almagten.

Allerede under 1970'ernes lavkonjunktur havde de miljømæssige tømmermænd meldt sig hos politikerne. Verdens første ministerium for Forureningsbekæmpelse og senere Miljøministeriet blev oprettet i hhv. 1971 og 1973. Industri- og landbrugsforureningen var blevet åbenlys, og de kystnære farvandes tilstand medførte fiskedød og bundvendinger. Hvor vi før som hede- og moseopdyrkere, klitplantører og vandløbsregulatorer havde set os selv som den gode skaber i Enrico Dalgas' skikkelse, begyndte vi nu at se os selv som den onde satan – den store natur- og miljøødelægger – i kapitalistens skikkelse (Olwig 1986).

Hvor vi før havde set den vilde natur som en uopdyrket ødemark, begyndte vi nu at se markerne, byerne og alt det andet menneskeskabte som ødelagt natur.

Efter krigen i 1864 og tabet af Sønderjylland og Hertugdømmerne havde Hedeselskabet til op i 1970'erne arbejdet efter digteren Hans Peter Holsts fyndord *Hvad udad tabes, skal indad vindes*, eller efter Dalgas' ofte citerede sentens

*Hvor leen ej kan slå,
hvor ploven ej kan gå,
der bør et træ at stå!*

Men nu omlagde selskabet sin forretningsstrategi fra opdyrkning og tilplantning til miljøbeskyttelse. Og fredningsinstituttet, der siden Staunings dage havde ført en ret anonym tilværelse, blev en betydelig magtfaktor i planlægningen af det åbne land.

Dalgas' nyttefilosofi blev afløst af Danmarks Naturfredningsforenings ønske om at se det danske landskab omtrent på samme måde som guldalderens malere beskrev det pastorale landskab (se Etting 1995). Helt så galt som i USA's og Canada's bysamfund gik det dog ikke, hvor et utilitaristisk natursyn efterhånden blev afløst af GreenPeace og Brigitte Bardots nyromantiske ønske om, at vi skulle opfatte de nuttede pandabjørne og sæler og andre dyr med *humaninfantile træk* som vore egne babyer.

Et stort antal naturfredninger blev gennemført, men på mange områder viste det sig snart, at fredningerne ikke løste problemerne. Naturen viste sig især i løbet af 1980'erne og 90'erne – som indset af Darwin – ikke at være skabt én gang for alle. En hede, en eng, et overdrev, en skov kunne ikke oprettholdes i den tilstand, den havde, da den blev fredet. Vi havde som det usædvanlig klart blev udtrykt i Ole Wivels digtning opfattet naturen som det allerede skabte, men vi havde glemt Darwins udsagn om, at alt levende er i en bestandig skabelsesproces. Vi

Atombomberne er også baggrund for det misantropiske natursyn. Dette er rammende og tidstypisk beskrevet af Ole Wivel i 1959 – altså under kulminationen af atomprøvesprængningerne:

*Der truer os i tiden
en ond usynlig magt:
vor egen sikre viden,
som sprængte med foragt
den skænkede natur
og nedskrev Adams billed
til skyggen på en mur.*

Adams billede er her en skygge af fx den japaner, som brændte op under Hiroshimabombens lysglimt og kastede en skygge på muren bag – alt hvad der blev tilbage af ham. Men Gud kalder på os som på Adam i skabelsens tid:

*En Adam i os alle
hver stormfuld jævndøgnstid
kan høre nogen kalde
langmodig, trofast, blid:
Mit barn, mit barn, giv agt –
alt er igen uprøvet
i dine hænder lagt.*

Jeppe Aakjærs sang 'Du kære blide danske bæk' fra 1910 kan anses for at være den litterære indstiftelse af 'fredningsinstituttet'. Det skyldes især 6. vers, der lyder således:

*Så værn da ømt om Danmarks land,
dets blide kyst, dets bløde strand
og mejsens bo i hækken,
lys over haren markens fred,
giv ly og læ og rugested
for alt, hvad hjertet hænger ved;
men værn dog mest om bækken!*

Sammen med Wesenberg-Lunds mange flammende avisartikler og foredrag medførte Aakjærs opråb bl.a. en *jagtlov* med fredningstider for mange dyrearter og en *kystbeskyttelseslov*, der har skånet Danmark for den kystødelæggelse, som præger flere andre tætbefolkede landes kyster. Desuden medførte opråbet, at Stauning i 1930'erne gav Danmarks Naturfredningsforening *ret til at rejse fredningssager*. Men vandløbene – Aakjærs 'kære blide danske bæk' – blev der ikke værnet om. De store vestjyske åer blev rettet ud til langt op i 1970'erne, og de små vandløb forblev recipienter for mange byers, mejeriers og industrivirksomheders udledninger til langt oppe i 1980'erne.

glemte blandt andet og især, at naturen er lige så ustatisk som de mennesker, man ønskede at frede imod. Hederne, engene og overdrevene sprang i skov og krat, når den økonomi, dvs. koncentrationsagerbrug, fåre- og kvægavl, der havde skabt og vedligeholdt dem i århundreder, forsvandt som følge af fredningerne (se fx Hansen 1995).

I 90'erne begyndte man at erkende denne fejltagelse og snart 'befolkedes' de fredede arealer af skotsk højlandskkvæg, persiske angorageder og andre eksotiske husdyr, der mod betaling skulle græsse, hvor før selvhjulpne bønders malkekøer, kvier, heste og får havde gjort arbejdet. Nye diskussioner om *autenticitet* begyndte at præge debatten. Men at det egentligt autentiske forudsætter en lokalt bæredygtig økonomi, faldt ikke i fredernes smag.

Selv om det gennem årtier havde været klart bl.a. gennem vegetationshistoriske undersøgelser, at de danske skove er kulturprodukter (se fx Iversen 1967), blev det først i løbet af 1990'erne politisk accepteret, at begrebet 'urørt natur' stort set ikke giver mening i lande som Danmark (se fx Fritzbøger 1995 og Bradshaw m.fl. 1998). Kun en enkelt lille skov i Sønder-

jylland – Draved Skov – viste sig at kunne leve op til de krav om 'oprindelighed', som vi selv med stor styrke fremførte på Riokonferencen i 1998 i kampen om de tropiske regnskove. Som den store norske dramtiker Henrik Ibsen sagde for godt 100 år siden i rammende forståelse af Darwins teori: *Evigt ejes kun det tabte!*

'Hvem producerer natur?' spurgte man på det kætterske Center for Menneske og Natur ved Syddansk Universitet (Møller Kristensen & Larsen 1995). 'Naturen er ligeglad' svarede man i en debatbog af samme navn (Larsen 1996). Ja, det var rigtignok kættersk, at disse dybt naturvidenskabelige spørgsmål og svar skulle komme fra litterater, historikere og filosoffer, der klarere end naturforskerne selv kunne se, at vores nuværende natursyn sætter mennesket uden for naturen og – mener jeg – er blevet til gennem vores misantropi over det tabte og gennem vores religiøse ønske om at 'gå Skaberen til hånd'. Naturen er imidlertid ligeglad med, om vi frelser 'verdens vrimmel', men det er vi ikke selv!

Naturhistorisk forsvarlig teoridannelse – abduktionens grundprincipper

Især amerikanske filosoffer med geovidenskabelig baggrund har i de senere år slået til lyd for, at geologisk tænkemåde og argumentationsformer på afgørende vis adskiller sig fra såvel klassisk naturvidenskabelig som humanistisk videnskabsteori. Dette gælder fx Victor Baker, der i sit filosofiske forfatter-skab og med baggrund i Peirces (se nedenfor) semiotik og geologiens selvstændige principper bl.a. viser, at geologisk tænkemåde og argumentationsformer ikke alene kan håndtere de naturhistoriske forhold på jordkloden, men at geologien bedre end andre naturvidenskaber kan tackle problemstillinger på andre planeter, hvor forholdene er fuldkommen fremmedartede sammenlignet med Jorden (fx Baker 2005).

Tilsvarende slår filosofen og geologen Robert Frodeman ud fra andre videnskabshistoriske betragtninger bl.a. til lyd for, at »geologien stiller en anden og bedre model til rådighed for logisk tænkning end naturvidenskabernes traditionelle model« (Frodeman 1995). Tilsvarende har Hallam (1988) med baggrund i geologiens historiske kontroverser og med udgangspunkt i filosofen Imre Lakatos' videnskabsteori (1971) påvist en række forhold omkring fysikkens argumentationsformer, som siden Newtons dage har skadet både geologiens og biologiens videnskabelige omdømme urimeligt.

Jeg deler disse synspunkter og har søgt at vise, at denne forskel på geo/biofagene og andre naturvidenskaber kan spores tilbage til Stenos grundlæggelse af geologien i 1669 og til de følgende 150 års manglende forståelse af de geologiske principper helt frem til Lyells og Darwins grundlæggelse af deres evolutionsteorier for hhv. Jorden og Livet (Hansen, i trykken).

Men endnu mere fundamentale forhold gør sig også gældende. Kognitionsteorien siger almindeligvis, at mennesket har *to* grundlæggende erkendelsesformer – *induktion og deduktion*. Det gælder den antikke, den klassiske og den moderne filosofi. Induktion er den fremgangsmåde, hvor vi gang på gang observerer en bestemt sammenhæng, fx en årsags-sammenhæng. Derpå *generaliserer* vi fra disse enkelt-observationer, at det *altid* forholder sig som i de kendte enkelttilfælde. Og deduktion er den fremgangsmåde, hvor vi ved at sammenholde præmisser (påstande eller kendsgerninger), der har et eller flere fællesled, kan ræsonnere os til en 'dom' (ny påstand eller kendsgerning), der er sand, hvis præmisserne

er sande. Induktionen og deduktionen omfatter også til dels den *forensiske* logik, som naturhistorien i særlig grad bygger på, og som udspringer af Stenos kriterier for genkendelse, erkendelse af kronologiske årsag/virkning-forhold og erkendelse af informationsbevaring og informationstab. Men den forensiske logik har også andre og nok så væsentlige elementer, der ikke kan karakteriseres som induktion og deduktion.

Således fremhævede den amerikanske geofysiker Charles Sanders Peirce (1839–1914), der almindeligvis anses for at være USA's mest fremtrædende filosof og videnskabsteoretiker, at vi på linie med induktionen og deduktionen har endnu en erkendelsesform – *abduktionen* – som er lige så vigtig, og som gør det muligt at operere på det *pragmatiske* plan. Induktion og deduktion tillader ikke egentlig pragmatisme, men forudsætter de *kategoriske* domme »altid/aldrig« eller »sand/falsk«. Selvfølgelig kan logiske domme være pragmatiske, når præmisserne er det, men deduktion og induktion kan ikke i sig selv indføre en pragmatisme. Det kan abduktionen derimod, idet abduktionen fungerer ved at *kvalificere* eller at *svække* hypoteser om forhold og sammenhænge, som vi ikke umiddelbart kan forstå.

I et opgør med fysikkens forestilling om, at alt er styret af kategorisk nødvendighed, fremhæver Peirce i en række artikler fra 1891 til 1893 (se Voetmann Christiansen 1996), at denne fejlagtige forestilling udspringer af induktionens og deduktionens kategoriske karakter. Et lignende, men filosofisk set knap så stringent standpunkt indtages i Monods (1971 [1970]) banebrydende arbejde om tilfældighed og nødvendighed og i Prigogines (1980, 1998) værker om tilfældighed. Men i modsætning til disse to nobelpristagere mente Peirce, at vores opfattelse af forholdet mellem tilfældighed og nødvendighed ikke kan begrundes i naturen, men i vores utilstrækkelige videnskabelige metoder til perception og fortolkning af naturen – induktion og deduktion.

Peirce hævder, at vi først og fremmest benytter os af *pragmatisk* abduktion – især når vi står overfor en usædvanlig, hidtil ukendt eller uforståelig observation. Vi danner os da en *hypotese* – dvs. en arbejdshypotese – hvormed vi *gætter* på, hvordan vi muligvis kunne *forklare* dette usædvanlige, hidtil ukendte eller uforståelige. Hvis vi så ved hjælp af arbejdshypotesen kan forudsige bestemte observationer, kan vi siges at have et *stærkt eller kvalificerende argument*, for at hypotesen i en eller anden grad kan anses for at være sand – dvs. sandsynlig. Det samme gælder, hvis hypotesen har forklaringskraft for andre relaterede og kendte, men hidtil uforklarede observationer. Modsvarende kan vi antage, at det *svækker* en hypotese, hvis den ikke formår at forudsige obser-

vationer, eller hvis den ikke har forklaringskraft i forhold til relevante, kendte observationer.

Vi fremstiller således mere eller mindre sandsynlige hypoteser om det umiddelbart uforståelige og afprøver hvilke af hypoteserne, der har forklarings- og forudsigelseskraft. De enkelte meningsfulde hypoteser kan derefter bidrage til en mere omfattende teori gennem frugtbare, sandsynlige udsagn, der efterfølgende kan indgå som pragmatiske præmisser i induktive eller deduktive domme. En *bekræftende* hypotese er altså en arbejdshypotese, som vi kun i helt specielle tilfælde kan sige er fuldkommen *sand*, men som i almindelighed kan forudsige observationer eller forklare allerede gjorte observationer i en eller anden grad.

En række bekræftende hypoteser inden for et bestemt område kan derefter føre til en abduktiv *teori*. Teorien bygger således i de fleste tilfælde på accept af bekræftede hypoteser og afvisning af svækkede hypoteser. Mange af de vigtigste geo- og biovidenskabelige teorier er blevet til på denne måde.

Jeg vil imidlertid hævde, at den abduktive måde at tænke på ikke blot er vigtig i de grene af videnskaben, der arbejder med dét, som er umiddelbart uforståeligt på grund af ekstreme skalaforhold eller fjernheden i tid og rum. Den abduktive tænkemåde må i det hele taget anses for at være den almindeligste måde at danne hypoteser og argumenter på i de utallige alment menneskelige situationer, hvor vi står overfor noget usædvanligt, overraskende eller på anden måde ejendommeligt, som vi ikke uden videre kan forklare ved deduktion eller induktion. Hermed mener jeg først og fremmest den tænkemåde, hvormed vi skaber forbindelse mellem det umiddelbart tilgængelige (det domænale), og dét, der kun indirekte er tilgængeligt for forståelse (det ekstradomænale). Abduktionen giver os således mulighed for at ræsonnere stringent ud over induktionens og deduktionens snævre grænser, fordi den abduktive tænkemåde tillader eller direkte forudsætter, at vi *først formulerer en hypotese* – dvs. et gæt på en forståelsesramme. Det vil kort sagt sige, at vi tænker abduktivt og begynder med at gætte på en forklaring, når vi i det sanselige, domænale observationsfelt kan se umiddelbart uforståelige virkninger fra den ekstradomænale verden (dvs. fortiden og omverdenen).

Således gør den abduktive tænkemåde det muligt, at vi ikke standser ved den umiddelbare, intuitive *undren*, når vi har sanset noget 'underligt', men at vi *spørger* os selv, hvad det er, og *gætter* på en forklaring (hypotesedannelse), som vi derpå *prøver* at bekræfte eller afkræfte, inden vi *vurderer*, hvad det ukendte er, og sluttelig *erklærer* over for os selv eller andre, hvordan vi *tror* det ukendte skal forstås (teoridannelse).

I forhold til bevidsthedsoperationerne er abduktionen således placeret mellem på den ene side den ubevidste eller underbevidste, instinktive og intuitive *væren*, hvor vi handler programmeret, reflektorisk og uvilket, og på den anden side en lignende programmeret, men bevidst tilstand, hvor den enkelte har erklæret sig enig i en mere eller mindre kvalificeret teori, og derfor også handler ufrit efter en *overbevisning (tro)*. Man kan sige, at abduktionen opererer uforudsigeligt og pragmatisk i det relativt frie rum for erkendelse, der findes mellem *instinkternes programmerede væren* og den *religiøse, ideologiske eller videnskabelige overbevisning om en større sammenhæng*.

Abduktionen forskellige faser er således tæt forbundet med en kæde af sanse- og bevidsthedsoperationer, som bl.a. er udtrykt i en række kognitivt vigtige og helt almindelige udsagnsord (være, sanse, undre, spørge, gætte, prøve, vurdere), og som sætter disse bevidsthedsoperationer sammen i en både kronologisk, iterativ, filosofisk og sprogligt meningsfuld erkendelsesproces. Denne erkendelsesproces fører det enkelte menneske fra sansning og intuitiv undren via bevidste spørgsmål og gæt til en første hypotese og afprøvning af denne første hypotese til nye og forbedrede gæt. Derfra fører abduktionen – hvis de nye gæt og hypoteser kan bekræftes – til en *kvalificeret teori*, som det erkendende menneske *erklærer* at tro på. En teori adskiller sig således først og fremmest fra en hypotese ved, at en eller flere forskere erklærer, at de tror på den, mens en hypotese blot er et forsøgsvis gæt, en *gising* (conjecture), som man endnu ikke har taget stilling til (Fig. 7).

En hypotese går altså forud for en teori, men de har det tilfælles, at både en hypotese og en teori for at kunne kaldes *frugtbare* skal kunne anvise, hvordan de eventuelt kan afvises (Popper 1963). En teori er således afvist i videnskabelig forstand, når den har vist sig enten at være ufrugtbar (principielt uafviselig på grund af teoriens karakter) eller at være falsk (konkret afvist), mens en hypotese er frugtbar, blot den kan anvise, hvorledes den kan afvises. Ja, selv når en hypotese er afvist, kan den hævdes at være frugtbar, fordi den netop gennem afvisningen kan siges at have forhindret en ufrugtbar eller falsk *teori*.

I det enkelte menneskes erkendelsesproces kan denne abduktion som vist ovenfor forstås som opdelt i *intuitive, analytiske og konklusive* erkendelsesformer og i en række faser. Men ikke forstået således at faserne er lineært forbundet og fører til forudsigelige former for resultater. Abduktionens faser er iterative, dvs. de forudsætter en gentagen vekselvirkning mellem faserne og erkendelsesformerne, således at nye erkendelser – især nye forståelser af de ekstradomænale 'tegn' – kan føre til, at de hidtidige

Eskarot Wie ist die Lösung der Klimateproblems
der permianischen Eiszeit möglich?
Naturw. Wochenschrift N. F. XVII 9. 133

Kerner Sitzber Wien I 126. B, 2. u. 3. Kap
N. v.

G. H. Z. Schwarz G. J. XL 1912, 294-99. [infolge d. Sonnen-
anscheinung ~~aus~~ auf hervortretende Anfröhlungen d. "Wü-
stende sollen Verschiebungen eintreten, so dass die
Kontinente nach W wandern].

Nils von Holsten Wegeners förskjutningsteori och de djurgografiska
landförändringsteorierna. Vinter 1919 del 4 s. 278-301.
"ett intressant och omdebatterat förslag att lösa motstriden mellan
geologien och djurgografien: "... Redan detta är en övertygande försäkring
och om teorien också är riktigt ifråga bevisad och i väsentliga
punkter troligt, redan nu kan tillbakavisas, så är den dock
intressant och beaktansvärd."

"Även om kontinenten möjligen skjuten över målet och
delvis har en hälsk form som ej är riktigt tilltalande,
är den i flera punkter av så betydande art och
vinkällbar så många beaktansvärda synpunkter, att
en kort översikt... är nödvändig."

"Hurvida svårigheterna kunde övrigt lösas, kan jag ej
bedöma. I varje fall tyckes ju möjligheten att räkna
med kontinentförskjutningar för paleontologien och
biogeografien innebära en utväg ur det dilem-
ma tvivligheten att anta sjunkna landsförbindelser
fört med sig, och det är därför nödvändigt att något gränka
teorien för dessa vetenskapers synpunkt."

"Hur skall man förklara att theromorfa reptiler, som
äro så karaktäristiska för Jasion och Sydafrikas permian-
och triaslager, saknas i Sydamerika? Än andra sidan
hä både sådana reptiler (t. ex det sydafrikanska släktet
Pareiasaurus) och en typisk Glossopterisflora påträffas
i norra Sibirien, och theromorfa besläktade
med de sydafrikanska ha levat även i Europa och
Nordamerika."

"(Mittheilung an Herrn)" Det förefaller alltså för mig säkert att
förskjutningsteorin (sådan Wegener utformad den, & kan upp-
rätt hållas. (Wandern der Kontinente & Geophysik)". Men här
vänder en oförsonlig motsats, och om förskjutningsteorin
måste lämnas ut räkningen, är någon kompromiss ej möjlig.
Svaren är intressant och rik på spännande moment. Det är
kanaka förnifftigast att stå som en opartisk åskådare
och låta argörandet stå framför den. De gamla
föreställningarna om jordskorpan byggas och ut-
veckling ha visat sig ohållbara, men de nya idéerna
ha, så vitt en konststäm kan döma, ännu ej

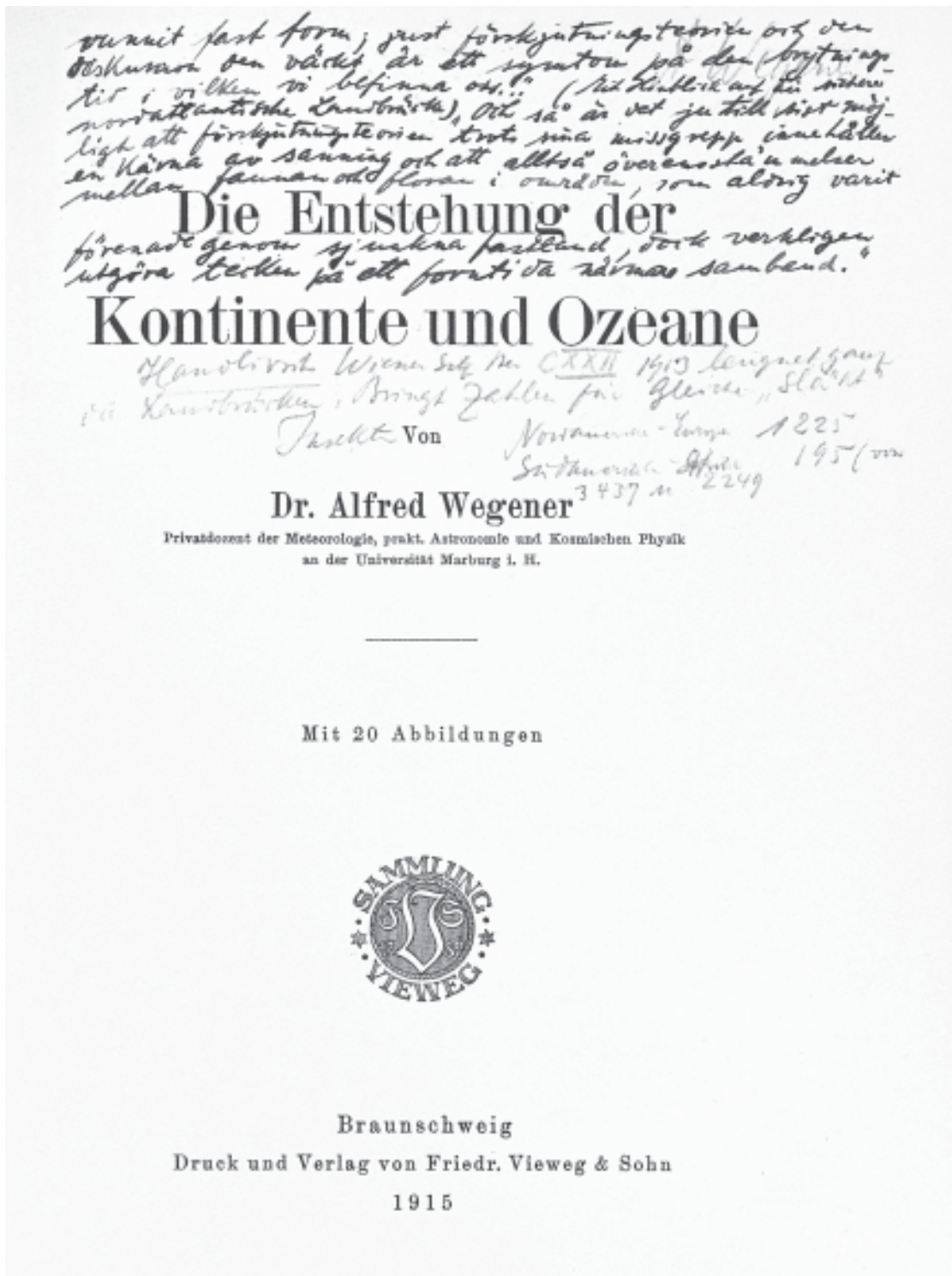


Fig. 7. Alfred Wegeners arbetsmåde er eksempel på en videnskabeligt forsvarlig anvendelse af den abduktive erkendelsesmåde. Her ses Wegeners eget eksemplar af førsteudgaven fra 1915 af 'Die Entstehung der Kontinente und Ozeane', hvori han side op og side ned og med talrige indlagte sider refererer andre forskeres synspunkter og tilføjer sine egne nye data, vurderinger og hypoteser. Med andre ord: han afprøvede og reviderede løbende sine synspunkter. Ikke mindst arbejdede han iterativt, dvs. gentog og reviderede erkendelsesprocesserne mange gange gennem en længere årrække. Her ses over for titelbladet et længere uddrag (på svensk) af Nils von Hofstens kommentarer og betæneligheder. Wegener var dansk gift, kom ofte i København, talte udmærket dansk og forstod svensk. (Fra Krause m.fl. 2005). En helt tilsvarende abduktiv og iterativ arbetsmåde ses af Alfred Wegeners dagbøger om 'Kontinentalverschiebungen' fra før 1915. Disse dagbøger er i uddrag og med kommentarer udgivet af Krause & Thiede (2005).

I de senere år har forestillingen om 'intelligent design' (ID) fået en række tilhængere – især i USA's såkaldte 'bibelbælte' og i muslimske kredse, hvor fx et tyrkisk forlag har udsendt en række mammutværker i særdeles ekstravagant udstyr, bl.a. 'Atlas of Creation', der søger at vise, at Darwins evolutionsteori er et falsum.

ID er en kreationistisk idé, der går ud på at forstå 'skaberværket' i overensstemmelse med Det Gamle Testaments skabelsesberetning – altså at Gud har skabt verden, herunder planterne, dyrene og mennesket, præcis som de/vi er nu, og at der ligger en så storladet intelligens bag, at 'skaberværket' ikke kan tænkes opstået ved de spontane og naturlige processer, som Darwins teori bygger på.

I forhold til tidligere kreationistiske idéer adskiller ID sig ved at hævde, at der er tale om en *videnskabelig teori*, der er lige så velbegrunderet som evolutionsteorien. Men dette synspunkt harmonerer ikke med de filosofiske og videnskabssteoretiske principper, som videnskaberne bygger på – specielt ikke med princippet om, at en hypotese for at kunne kaldes frugtbar skal kunne anvise, hvordan den evt. kan afvises. ID forudsætter en guddommelig skaber eller en guddommeligt intelligent plan, som ligger uden for det menneskeligt sanselige og fatbare.

Tilhængerne af ID kan derfor ikke anvise, hvorledes *hypotesen* om ID eventuelt kan afvises, fx hvilke empiriske observationer man vil respektere som gyldige grunde til at afvise hypotesen. Også derfor er ID ikke en *frugtbar* hypotese i videnskabelig forstand. Tilsvarende kan ID hverken siges at være en videnskabeligt frugtbar eller kvalificeret teori. ID er derimod en *religiøs* teori på linie med andre kreationistiske teorier, fordi ID forudsætter det guddommeliges eksistens (Fig. 8).

tolkninger, hypoteser og teorier fejes helt eller delvist til side og erstattes af nye, der har større forklarings- eller forudsigelseskraft.

Et problem for den abduktive tænkemåde er, at den undertiden kun gennemfører de prøvende faser *på skråt* – eller *slet ikke afprøver hypoteserne*, men uden videre ophøjer et gæt til en sandhed. Det er en såre almindelig strategi i såvel religiøs og ideologisk argumentation som i dagligdags diskussioner. Bl.a. derfor brugte Peirce navnet 'abduktion' (der har mange betydninger fx afledning og bortførelse), idet tænkemåden ikke kun kan føre til sandsynlige teori-

På basis af disse betragtninger kan abduktionens former og faser sættes ind i nedenstående skema:

A. Intuitiv abduktion:

Den instinktivt programmerede fase:

0) **Være** (Handle instinktivt, ureflekteret, uvillet)

Abduktionens bevidstgørende fase:

1) **Sanse** (Bevidstgøre indtryk)

2) **Undre** (Reflektere over indtryk)

B. Analytisk abduktion:

Abduktionens søgende fase:

3) **Spørge** (Hvad er det? Har jeg set det før?)

3a) Homologierkendelse (Genkendelse)

3b) Heterologierkendelse (Forskellighedserkendelse)

3c) Analogierkendelse (Sammenlignelighedserkendelse)

4) **Gætte** (Hypotesedannelse)

Abduktionens prøvende fase:

5) **Prøve** (Er det, hvad jeg gætter på?)

5a) Bekræfte (Kan jeg forudsige data ved hjælp af hypotesen?)

Induktiv hypotesebekræftelse

Deduktiv hypotesebekræftelse

Sandsynlig hypotesebekræftelse

5b) Afkræfte (Kan kendte data afvise hypotesen?)

Induktiv hypoteseafkræftelse

Deduktiv hypoteseafkræftelse

Sandsynlig hypoteseafkræftelse

C. Konklusiv abduktion:

Abduktionens forklarende fase:

6) **Vurdere** (Bedømmelse af hypotesens sandsynlighed – teoridannelse)

7) **Erklære** (Generalisering (erklæring om at tro på teorien) og/eller iteration: tilbage til 2,3 eller 4)

Den teori-programmerede fase:

8) **Dømme** (at afvise eller tilslutte sig nye hypoteser alene på basis af den teori, man tror på).

Fig. 8. Forestillingen om Gud som den store arkitekt, ingeniør eller (intelligente) designer er ikke ny. I Middelalderen og Renæssancen blev Gud ofte fremstillet sådan. Her er Gud i færd med at konstruere Jorden og udmåle dens indre klipper, ild og vande. Billedet er fra Østrigs Nationalbibliotek.



er. Personer med *andre (måske ubevidste) motiver end at søge sandheden* kan også anvende metoden til forførelse, vildledning og bedrag, når hypoteserne ikke afprøves på redelig vis. I videnskaben er den *hypotesedefensive* argumentationsform den almindeligste måde at forhindre rimelig kritik og videnskabelig fremdrift på. Dette gælder også dansk geologi, bl.a. i 1900-tallets midte, hvor mange faglige diskussioner, der trykt i Dansk Geologisk Forenings annaler, kører efter modellen 'jeg har ret, fordi jeg har ret' og ikke forholder sig konkret til den fremførte kritik.

Abduktionens habilitet og spørgefrihedens nødvendighed

Det er naturligvis afgørende for en teoris troværdighed, hvordan vi håndterer den pragmatiske frihed, der findes i abduktionens prøvende, vurderende og konkluderende faser. Det vil sige, hvordan abduktionens *frie skøn* udøves. Friheden skal være ubundet af irrelevante forestillinger eller ubundet af forudgivne forestillinger om dét, abduktionen skal afprøve. Det primære er, om det enkelte, erkendende menneske selv er *frit stillet* til at kunne danne sig en hvilken som helst mening, der kun er styret af observati-

oner og friheden til at fortolke disse observationer (at skønne). Det betyder, at abduktionen forudsætter en personlig ubundethed, så den enkelte kan vælge frit mellem alle de foreliggende muligheder for at danne arbejdshypoteser og mere omfattende teorier, der kan forklare de observationer og 'tegn', der har vakt undren.

Det habile skøn er således abduktionens pragmatisk, uforudsigelige og uomgængelige bidrag til erkendelsen og er dermed den videnskabelige teori-dannelses egentlige grundlag. Men det habile skøns troværdighed beror ikke kun på den personlige ubundethed, dvs. fravalget eller fraværet af usaglige hensyn. Habiliteten kan ikke kun begrundes dobbelt negativt i *fravalget* af *inhabile* hensyn, men må nødvendigvis også begrundes i selve det at være habil – dvs. egnetheden til *positivt* at bedømme en situation. Og hvori består så denne positive egnethed? Her til vil man almindeligvis sige, at egnetheden består i en vis elementær indsigt i det område, der skal bedømmes. Man må eksempelvis være bekendt med en række relevante kendsgerninger og i det hele taget være bekendt med de væsentligste dele af erkendelsesgrundlaget for den videnskab, man hævder at tage udgangspunkt i.

Men er det nu rigtigt? Underkaster man sig ikke netop herved en tvangsprogrammering, der ligesom i fasen for instinktiv væren karakteriserer den teori-programmerede fase? Er habilitet i traditionel faglig forstand ikke netop derfor indbegrebet af inhabilitet i forhold til ny erkendelse? Jeg mener, at det vigtigste er, at man på forhånd erklærer, hvilke former for argumentation, man vil tillægge stor autoritet, og hvilke former, man vil tillægge ringe autoritet. Heri er der ikke noget frit valg, idet man netop ikke kan vælge kun at ville basere sig på de videnskabelige teorier, der skal afprøves eller afvejes mod hinanden. Der må således en habilitet til, som er begrundet i noget større og mere sikkert, nemlig *den kollektive arv* i form af sanserne, logikken og sproget, der har overlevet hhv. genetisk, kulturel og social konkurrence. Herved bliver habilitet ikke defineret som man almindeligvis gør – fx som en belæsthed, en eksamen eller en videnskabelig anerkendelse – men som *en alment menneskelig habilitet*. Det vil sige en habilitet, der besiddes af enhver, som 'har sine sansers fulde brug', som ikke lider af sindsforstyrrelser, og som i det hele taget reagerer normalt i enhver almindelig situation. Hvorledes skulle selv den mest belæste forsker kunne forsvare sin søgen efter sandheden, hvis han/hun fx hævder at ville tillægge natur- eller fornuftstridige forestillinger eller tillægge en bestemt teori højere autoritet end kendsgerninger, som enhver kan erkende med de kollektivt arvede sanser og evner til logisk tænkning?

Ikke desto mindre vælger vi ikke altid at følge denne naturlige rangordning af argumenters autoritet. Vi er ofte uegnede til at erkende vores egen inhabilitet og iboende ønske om, at vore overvejelser vil føre til netop dét resultat, som giver vores arbejdshypotese eller andre postulater den største umiddelbare autoritet eller de mindste umiddelbare vanskeligheder. Habiliteten kan derfor ikke begrundes i den specifikke tankeverden, sociale ramme eller professionskultur, som den enkelte befinder sig i, men må begrundes i det almene, der er fælles for alle, dvs. i den kollektive arv.

Det enkelte menneskes mulighed for at udøve et habilt, frit skøn – uden at lade sig forvirre af friheden til at skønne forkert eller uden at lade sig tvinge af en eller anden mening, overbevisning eller tro – kan formuleres således: Det enkelte, erkendende menneske skal være *habilt* – dvs. have kollektivt arvede evner, som sætter det i stand til at sanse og ræsonnere og til at undre sig og til at stille spørgsmål. Derigennem kan vi gætte på, danne og afprøve relevante hypoteser, der har forklaringskraft i forhold til de observationer og ræsonnementer, der har vakt vores undren. Da det enkelte, erkendende menneske således ikke må være *inhabil*, men aldrig kan sige sig fri for at være bundet af ønsketænkning, irrelevante forestillinger, egoistiske eller altruistiske hensyn og andre bindinger, der sætter den frie søgen efter sandheden ud af kraft, er det enhvers ret at stille et hvilket som helst spørgsmål og en pligt for enhver, der fremsætter en hypotese, at svare efter bedste evne på ethvert spørgsmål.

Den videnskabelige fremdrift er derfor afhængig af, at *spørgefriheden* er ubegrænset. Vi kan ikke svare uden at der stilles spørgsmål. Og vi kan ikke nærme os sandheden ved spørgsmål, der ikke må stilles, eller ved svar, der ikke må gives. Spørgefriheden går forud for meningsfriheden, og evnen til at formulere relevante spørgsmål er videnskabelighedens egentlige væsen snarere end evnen til at danne en mening.

Litteraturhenvisninger

Digte, der ikke er anført med kildeangivelse i teksten, kan alle findes i højskolesangbogen (Folkehøjskolens Sangbog, udgivet af Foreningen af Folkehøjskoler i Danmark, 17. udgave, 1997)

Baggesen, S. 1994: Thøger Larsen. En kritisk monografi, 216 pp. Odense Universitetsforlag.

Baker, V. 2005: Picturing a recently active Mars: Nature 434, 280–283.

- Bradshaw, R., Hansen, J.M. & Møller, P.F. 1998: Om begrebet natur. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Årsberetning for 1997, 88–97.
- Berthelsen, A. 1978: The methodology of kineto-stratigraphy as applied to glacial geology. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 27 (special issue), 25–38.
- Bundgaard-Nielsen, M., Jacobsen, O. & Kampmann, J. 1982: Ytringsfrihed og beslutningsproces. *Politikens kronik* den 12. januar 1982.
- Christiansen, L. 1997: *Metafysikkens historie*, 164 pp. København: Museum Tusulanums Forlag.
- Cutler, A. 2003: *The seashell on the mountain top: a story of sainthood, and the humble genius who discovered a new history of the earth*, 228 pp. New York: Dutton.
- Danielsen, O. 2006: *Atomkraften under pres. Dansk debat om atomkraft 1974–85*, 1063 pp. Roskilde: Roskilde Universitetsforlag.
- Ebbensgaard, L. 2006: *Thøger Larsen. Et udvalg*, 48 pp. Lemvig: Lemvig Gymnasium.
- Etting, V. (red.) 1995: *På opdagelse i kulturlandskabet*, 301 pp. København: Gyldendal (se specielt artiklerne af Vivian Etting, Kenneth R. Olwig og Claus Helweg Ovesen i kapitel 3, *Landskabet i billedkunst og litteratur*, 213–246).
- Fritzbøger, B. 1995: *Skovene. I: Vivian Etting (red.): På opdagelse i kulturlandskabet*, 68–87. København: Gyldendal.
- Frodeman, R. 1995: *Geological reasoning: geology as an interpretive and historical science*. *Geological Society of America Bulletin* 107, 980–968.
- Gelsted, O., Larsen, T. & Mortensen, H. 1923: *Tyge Brahe: Den ny Stjerne (1572). Oversættelse af og efterskrift og noter til: (på latin) "Danskeren Tyge Brahe's matematiske betragtning over den ny og aldrig før sete Stjerne, nylig for første Gang observeret i November Anno 1572 e. Kr. (København 1573)"*, 56 pp. Lemvig: Atlantis' Forlag (genudgivet 2007 af Lars Ebbensgaard, Lemvig Gymnasium, Lemvig Bogtrykkeri).
- Haaning, A. 2003: *Religion og natur. I: Agger, P., Reenberg, A., Læssøe, J. & Hansen, H.P. (red.): Naturens værdi. Vinkler på danskernes forhold til naturen*, 55–66. København: Gads Forlag.
- Hallam, A. 1988: *Great geological controversies*, 2nd edition, 244 pp. Oxford: Oxford Science Publications.
- Hansen, J.M. 1982: *Ytringsfrihed og ledelsesformer*. *Politikens kronik* den 12. februar 1982.
- Hansen, J.M. 1993: *Det misantropiske natursyn*. *Brundtlandske tankebaner*. *Tidsskriftet SALT* februar 1993, 12–13.
- Hansen, J.M. 1995: *En ø's opståen, kystdannelse og vegetationsudvikling: Naturlige og menneskeskabte landskaber på Læsø*. *Geologisk Tidsskrift* 1995/2, 70 pp.
- Hansen, J.M. 1997: *Geologiens fundament: overprægningsprincippet. Om Stenos fundamentale bidrag til erkendelsen. I: Agger, P. & Land, B. (red.): Råstofefaringer*, 51–89. Roskilde: Roskilde Universitetsforlag.
- Hansen, J.M. 2000: *Stregen i sandet, bølgen på vandet. Stenos teori om naturens sprog og erkendelsens grænser*, 440 pp. København: Fremad.
- Hansen, J.M. 2002: *Den menneskenære natur. I: Heer, G., Dolin, J., Czeskleba-Dupont, S. & Jakobsen, L. (red.): Geografididaktik – bidrag til debat*, 44–49. Odense: Geografforlaget.
- Hansen, J.M. 2003: *Videnskabens naturopfattelse. I: Agger, P., Reenberg, A., Læssøe, J. & Hansen, H.P. (red.): Naturens værdi. Vinkler på danskernes forhold til naturen*, 69–83. København: Gads Forlag.
- Hansen, J.M. 2007: *Forskeres ytringsfrihed og ansvar*. *Politikens kronik* den 2. februar 2007.
- Hansen, J.M. (i trykken): *Steno's forgotten, but modern philosophy of science*. *Geological Society of America Bulletin*.
- Hansen, J.M., Håkansson, E. & Andersen, C. 1979: *A-affaldets veje*. *Politikens kronik* den 29 december 1979.
- Heany, S. 1996: *Den indre Grauballemand*. *Politikens kronik* den 11. august 1996.
- Iversen, J. 1967: *Naturens udvikling siden sidste istid. I: Nørrevang, A. & Meyer, T. (red.): Danmarks natur. Bind I: Landskabernes opståen*, 345–445. København: Politikens Forlag.
- Kardel, T. 1994: *Steno. Life, science, philosophy (with Niels Stensen's proemium or preface to a demonstration in the Copenhagen anatomical theater in the year 1673, and Holger Jacobæus: Niels Stensen's anatomical demonstration no. XVI, and other texts translated from Latin)*. *Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium*, 42, 159 pp.
- Krause, R., Schönharting, G. & Thiede, J. (red.) 2005: *Alfred Wegener: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Nachdruck der ersten Auflage (1915) und der vierten Auflage (1929)*, 481 pp. Berlin: Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung.
- Krause, R. & Thiede, J. (red.) 2005: *Alfred Wegener: Kontinentalverschiebungen. Originalnotizen und Literaturauszüge. Berichte zur Polar- und Meeresforschung* 516, 421 pp.
- Larsen, S.E. 1996: *Naturen er ligeglad. Naturopfattelser i kulturel sammenhæng*, 229 pp. København: Munksgaard/Rosinante.
- Lakatos, I. 1971: *History of science and its rational reconstruction*. *Boston Studies in the Philosophy of Science* 8, 91–136.
- Monod, J. 1971: *Tilfældigheden og nødvendigheden. Et essay om den moderne biologis naturfilosofi*, 191 pp. København: Fremad.
- Morello, N. 2003: *The birth of stratigraphy in Italy and Europe. I: Vai, G.B. & Cavazza, W. (red.): Four centuries of the word geology. Ulisse Aldrovandi in 1603 in Bologna*, 251–264. Bologna: Minerva Edizione.
- Møller Kristensen, T. & Larsen, S.E. 1995: *Hvem producerer naturen? I: Møller Christensen, T. & Larsen, S.E. (red.): Mennesket og naturen. Essays om natursyn og naturbrug*, 7–10. Odense: Odense Universitetsforlag.
- Olwig, K. R. 1986: *Hedens natur. Om natursyn og naturanvendelse igennem tiderne*, 168 pp. København: Teknisk Forlag.
- Pedersen, S.A.S. 2006: *Rubjerg Knude Glacialtektoniske Kompleks*. *Geologisk Tidsskrift* 2006/1, 46 pp.
- Popper, K.R. 1963: *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge*, 688 pp. London: Routledge.
- Prigogine, I. 1980: *From being to becoming. Time and the complexity in the physical sciences*, 272 pp. San Francisco: W.H. Freeman & Co.
- Prigogine, I. 1998: *The end of certainty. Time, chaos, and the laws of nature*, 228 pp. New York: The Free Press.
- Prigogine, I. & Stengers, I. 1985: *Den nye pagt mellem mennesket og universet (oversat af Johannes Witt-Hansen og Laurits Lauritsen med forord af Johannes Witt-Hansen)*, 414 pp. Århus: Forlaget ASK.
- Sand-Jensen, K. 2006: *Den sidste naturhistoriker: Naturforkæmperen og videnskabsmanden Carl Wesenberg-Lund*, 239 pp. København: Gad.
- Scherz, G. 1969: *Steno: geological papers (translation also by*

- Alex J. Pollock). *Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinaium*. Editi Bibliotheca Universitatis Hauniensis 20, 370 pp.
- [Steno 1665]: *Discours de Monsieur Stenon sur l'Anatomie du Cerveau a Messieurs de l'assemblée, qui se fait chez Monsieur Thevenot*. (Udgivet på dansk i 1997 af Troels Kardel med forord af Kjeld Møllgård og efterord af Troels Kardel med titlen: *Foredrag og Hjernens Anatomi*. Holdt i Paris i 1665 og udgivet samme sted i 1669. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck, 71 pp.)
- [Steno 1667] Nicolai Stenonis: *Elementorum Myologiae Specimen seu 'Musculi Descriptio Geometrica' cui accedunt 'Canis Carchariae Dissectum Caput' et 'Dissectus Piscis ex Canum Genere'*. Ad Serenissimum Ferdinandum II, Magnum Etruriae Ducem.- Florentiae, Ex Pypographiae sub signo Stella. MDCLXVII (1667). [For oversættelse fra latin til engelsk af alle tre afhandlinger, se Kardel (1994) og af 'Canis Carchariae' se Scherz (1969)].
- [Steno 1669] Nicolaus Stenonis: *De solido intra solidum naturaliter contento prodromus*. Udgivet i Firenze 1669. (Oversættelse til dansk ved August Krøgh og Vilhelm Maar: Nicolaus Steno: Foreløbig Meddelelse til en Afhandling om faste Legemer, der findes naturligt indesluttet i andre faste Legemer, 106 pp. København: Gyldendalske Boghandels Forlag, 1902).
- Voetman Christiansen, P. 1996: Oversættelse, indledning og noter til: Charles Sanders Peirce: *Kosmologi og metafysik*. Fem artikler fra tidsskriftet *The Monist*, 1891–93, 196 pp. København: Samlerens Forlag.
- Wittendorff, A. 1994: *Tyge Brahe*, 334 pp. København C.E.C. Gad.
- Worster, D. 1995: *Kaos og ligevægt i økologien*. I: Møller Christensen, T. & Larsen, S.E. (red.): *Mennesket og naturen*. Essays om natursyn og naturbrug, 159–169. Odense: Odense Universitetsforlag.