Kan en fysiker undervise i pladetektonik?

Metodisk nødvendighed i naturgeografi i gymnasiet.

Af: Philip Kruse Jakobsen, Silkeborg Gymnasium

Forestil dig følgende scenarie. *Du underviser som naturgeografilærer i et NV-forløb sammen med en fysiklærer på din skole. I arbejder med tsunamikatastrofen i Japan. Som en del af dette har I talt om at arbejde bredere med pladetektonik sammen med eleverne. Desværre skal du være væk i længere tid og din fysikkollega må overtage arbejdet med pladetektonik sammen med eleverne. Udstyret med et par grundbøger i naturgeografi går din fysikkollega på med krum hals. Du føler dog alligevel at undervisningen kommer til at mangle noget faglighed - men hvilken?*

Denne artikel søger at indkredse svaret på ovenstående. Formuleret som et spørgsmål kan man spørge: Hvad kan vi i naturgeografi lære eleverne om naturvidenskabelige erkendeformer, som supplerer de øvrige naturvidenskabelige metod*er*. Denne artikels påstand er, at den manglende faglighed i vores tænkte situation ikke blot ligger i viden i form af kernefaglighed. Faglighed er jo mere end "noget om pladetektonik" som kan læses fra en given grundbog af fysiklæreren. Fagligheden ligger således også i måden vores fag går til genstandsfeltet, hvilket peger på metodiske og videnskabsteoretiske aspekter. En af artiklens pointer er, at undervisning i naturgeografi må synliggøre naturgeografiske metoder og videnskabsteori. Dette er tydeliggjort af 2005-reformen af gymnasiet. Det er nemlig en forudsætning for at kunne indgå aktivt i tværfaglige opgaver og forløb. I en tid hvor klassiske fagskel brydes ned udenfor gymnasiet er en metodisk og videnskabsteoretisk fagidentitet påkrævet. Det er med til at profilere, eller måske rettere bevidstgøre, forskelle mellem naturgeografi og de øvrige naturvidenskabelige fag.

Jeg håber med denne artikel at kunne medvirke til at synliggøre det metodisk særlige i naturgeografi. Jeg har haft god erfaring med at italesætte metodiske og videnskabsteoretiske aspekter i min egen undervisning og jeg har forsøgt at inddrage nogle eksempler fra min egen undervisning. Når jeg har valgt den lidt polemiske titel på min artikel, er det ikke fordi jeg har noget imod fysik. Jeg er selv fysiker, og det er netop derfor jeg mener at kunne se nogle forskelle imellem de to fags tilgange - forskelle som er frugtbare hvis de synliggøres.

Forskelle mellem fysik og naturgeografis tilgang til verden

Den naturvidenskabelige metode er en fællesbetegnelse, som alt for forenklet benyttes i mange sammenhænge - og ikke kun af elever til AT-eksamen. I forbindelse med rapporten "Fremtidens naturfaglige uddannelser"[1] blev de naturvidenskabelige kompetencer sat på fælles form. Dette giver fin mening, da der er store overlap mellem de kompetencer, der arbejdes med i de enkelte naturfag. Alligevel er der forskelle. Det ses i læreplanernes udspecificering af den såkaldte empirikompetence for henholdsvis fysik og naturgeografi gengivet herunder:

[1] Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 7, 2003

Naturgeografi C, Stx[2]:

- *"identificere, genkende og klassificere rumlige mønstre i geofaglige sammenhænge*
- *"udføre simple former for eksperimentelt arbejde, herunder systematiske feltobservationer og feltmålinger vedrørende geofaglige fænomener"*

Fysik C, Stx[3]:
"Eleverne skal kunne beskrive og udføre enkle kvalitative og kvantitative fysiske eksperimenter, herunder opstille og falsificere enkle hypoteser"

I fysik bliver elevernes empiriske kompetencer altså hovedsageligt trænet gennem eksperimenter, mens naturgeografi har en bredere empirisk tilgang som indbefatter feltarbejde og observationer. Forskellen mellem de to læreplaner er forankret i fagenes grundlæggende forskelle. Ret forenklet har jeg opstillet forskelle mellem naturgeografi og fysiks tilgang til verden i tabel 1.

Fysik som videnskabsfag	Naturgeografi som videnskabsfag
• Genstandsfeltets fænomener er ahistoriske. Generaliseringer i tid og rum. • Studiet af regulariteter, gentagne hændelser: nomotetisk videnskab • Eksperimentel tilgang til genstandsfeltet: variabelkontrol og idealiseringer. • Målet er en matematisk beskrivelse af undersøgte sammenhænge. • Reduktion til stadig finere skala. • Kausale forklaringer.	• Genstandsfeltets fænomener er 'historiske': Naturhistorie • Studiet af det 'unikke': Ideografisk videnskab • Bygger på observationer i højere grad end eksperimenter. • En matematisk beskrivelse er ikke altid mulig eller hensigtsmæssig. • Niveau-opfattelse af virkeligheden med inddragelse af emergens. Ikke-reduktionistisk tilgang. • Kausale, funktionelle og intentionelle forklaringer

Tabel 1: Skema over forskelle mellem fysik og naturgeografis tilgang til verden. Delvist baseret på Kjeld Rasmussen, Københavns Universitet, pers. kontakt. 2006

[2] Stx-bekendtgørelsen, Bilag 44, juni 2010
[3] Stx-bekendtgørelsen, Bilag 25, juni 2010

Et eksempel på fysiks tilgang

Den tilgang til verden som kendetegner fysik, fremstilles ofte som kanonisk for alle naturvidenskaber. Selv om denne tilgang, med rette, fremhæves som fantastisk frugtbar, er det ikke den eneste brugbare tilgang. Hvis alle naturfag skulle gøre som fysikken, var der vel heller ikke brug for forskellige fag! Lad os kort se på hvad der karakteriserer fysikkens tilgang og dernæst sammenligne med naturgeografi, som det fremgår af tabel 1.

Fysik benytter sig af reduktion og idealisering af virkeligheden. Relationen mellem to variable undersøges, mens alt andet søges holdt konstant. Den eksperimentelle kompetence består således i, at opretholde variabelkontrol og undgå skjulte variable - altså variable som varierer uden vi er klar over det. Derfor reduceres dele af virkeligheden til en modelsituation, som undersøges i et laboratorium eller på computer. Et eksempel på denne tilgang kunne være en undersøgelse af hvorvidt CO_2 er en drivhusgas. I 1896 gennemførte den fremragende forsker Svante Arrhenius netop laboratorieforsøg som viste at CO_2 ligesom H_2O på gasform var ikke-transparent overfor varmestråling. Arrhenius søgte en forklaring på hvorfor Jorden havde en varmere overfladetemperatur end fysikken forudsagde på daværende tidspunkt. Arrhenius undersøgte mange forskellige gasser og var selv overrasket over sine resultater. Han havde opstillet et modelsystem af Jorden - en idealisering som gjorde det muligt at undersøge kausale sammenhænge. Ud fra sit simple modelsystem var han i stand til at opstille en simplificeret matematisk model af virkeligheden. Fysikeren ved, at det er en idealisering og på den måde *a priori* ikke i fuldstændig overensstemmelse med virkeligheden. Men håbet er, at de sammenhænge der undersøges, er så lineære at det bliver muligt at undersøge dem én efter én. Hvis man forestillede sig at kuldioxids evne til at virke som en drivhusgas var betinget af tilstedeværelsen af eks. kvælstof ville det være langt vanskeligere at undersøge for Arrhenius. Da ville hans beholder med ren CO_2 jo ikke fremstå som drivhusgas. Der findes mange eksempler på denne slags betinget afhængighed. Arrhenius rammer imidlertid rigtigt med CO_2 og kan overføre modelresultaterne til det virkelige Jordsystem. Arrhenius noterede, nærmest som en kuriositet, i sin berømte artikel[4] at en fordobling af koncentrationen af CO_2 ville medføre en temperaturstigning på 2,1^oC. Dette var lang tid før man havde fantasi til forestille sig at CO_2-koncentrationen i atmosfæren kunne ændre sig. Man havde ingen observationer - ingen feltmålinger - så dette forblev et kuriosum i mange år[5].

Et eksempel på Naturgeografis tilgang

Naturgeografi undersøger ofte et konkret sted med en historie. Her vil virke flere samtidige processer som ikke nødvendigvis lader sig underkaste variabelkontrol. Vi må studere naturens processer på én gang. På baggrund af indsamlet empiri kan vi dernæst finde frem til sammenhænge og styrende processer. Naturgeografen indsamler først og fremmest empiri i form af observationer foretaget i det virkelige system og ikke i et modelsystem. Dette kan være i form af det blotte øje, fysiske målinger eller satellitbilleder. Observationer *klassificeres* med henblik på at finde frem til styrende processer. Eksempelvis bliver det muligt at klassificere de danske kyster efter deres udseende. Men vi kan jo ikke isolere variable som bølgeenergi, sedimenttransport, topografi, materialer osv. Men vi kan observere disse. Vi kan altså

[4] S. Arrhenius *"Die vermutliche Ursache der Klimaschwankungen"*, Meddelanden från K. Vetenskapsakademiens Nobelinstitut, bind 1, nr. 2, 1906

[5] En god fremstilling af dette findes i: *"Global Warming - understanding the forecast"* af David Archer, Blackwell Publishing, 2007

efterfølgende lave en slags "variabelkontrol" hvor vi klassificerer kyster efter bølgeenergi, topografi eller andet. Vi kan altså på baggrund af den indsamlede og fortolkede empiri i sidste ende forstå processer. Hvis vi skal kunne forstå udformningen af en konkret kystklint, er vi imidlertid nød til også at forstå det naturhistoriske aspekt. Altså at kysten kan have været udsat for processer som ikke kan observeres netop nu. Eksempelvis er glacialmorfologiske processer afgørende for udformningen mange steder, om end vi ikke kan se disse processer virke i Danmark i dag. Endelig er forskellen mellem kystlandskabet ved Thyborøn og København jo også et udtryk for intentionelle forklaringer som eksempelvis hvad mennesket "vil" med landskabet de givne steder.

I tilfældet med den globale opvarmning er opgaven således at kunne klassificere temperatur- og øvrige klimadata med henblik på at undersøge om Arrhenius' forudsigelse om forøget drivhuseffekt også er afgørende i det virkelige system. Da klimasystemet består af mange samtidige mekanismer handler det om at kunne vise en kobling mellem Arrhenius' kontrollerede forsøg og det virkelige klimasystem. Det er vanskeligt og udredningen kan kun ske med udgangspunkt i de indsamlede data[6]. Opstillingen af relevante variable ligger således forud for selve undersøgelsen i forbindelse med opstilling af hypoteser. Man skal jo vide hvad man skal måle. I forbindelse med denne pointe fortæller jeg ofte historien om opdagelsen af ozonhullet. Vi opdager nemlig først et ozonhul når vi begynder at måle tykkelsen af ozonlaget - ja faktisk først lidt senere[7].

Som det fremgår af det ovenstående er der forskelle i den metodiske tilgang for naturgeografi sammenlignet med fysik. Hvad er det så for metodiske begreber som bliver vigtige at lære eleverne i naturgeografi?

Iagttagelse og beskrivelse

Naturgeografi arbejder i udgangspunktet ideografisk og altså i en ramme hvor konkret tid og sted er afgørende. Men samtidigt er flere processer på spil på én gang. Derfor er det ikke altid simpelt at indsamle data. Det kræver erfaring at se eller genkende det væsentlige fra det uvæsentlige. I første omgang skal man lære eleverne at "se ordenligt efter". De skal beskrive det de ser og derigennem undres. Hvorfor slynger åen sig her, når den ikke gør det længere fremme? Hvorfor ligger der store sten fint sorteret parallelt med standen? Hvorfor er der kun flintesten her? Hvorfor har denne sten en revne? Osv. osv. Det kan være svært at iagttage når man ikke ved hvad man går efter. Det er jo netop noget som kræver erfaring. Jeg husker selv fra studietiden, at min benovelse var stor, da en universitetslektor med usvigelig sikkerhed kunne spotte den geologisk set mest interessante sten blandt strandens tusinder af sten!

Når man beder elever beskrive det de ser, tvinger man dem til at forholde sig til det de skal beskrive. I denne proces vil elever nå dybere ned og gøre iagttagelser. De undres og får et ønske om at forstå. Elever opnår erfaring med at beskrive det de ser som et nødvendigt første skridt. En beskrivelse som er forudsætningen for en række relevante spørgsmål. I dette arbejde foregår der en dynamisk vekselvirkning mellem empirien og hypotesedannelsen. Dette er anderledes end den eksperimentelle tilgang, hvor man jo på forhånd har designet eksperimentet ud fra hypotesen. Hvis man undersøger temperaturens afhængig-

[6] Kørsler med såkaldte "General Circulation Models", som bliver brugt i scenariekørsler indenfor klimaforskning, er et grænsetilfælde. Her forsøger man at bygge en model som er lige så kompleks som virkeligheden.
[7] Tilstedeværelsen af "ozonhullet" over Antarktis blev erkendt med publiceringen af Joseph Famans jordbaserede målinger i 1985. På det tidspunkt havde man dog i flere år målt de samme lave værdier fra satellit. Men målingerne var fejlagtigt blevet fortolket som fejlmålinger!

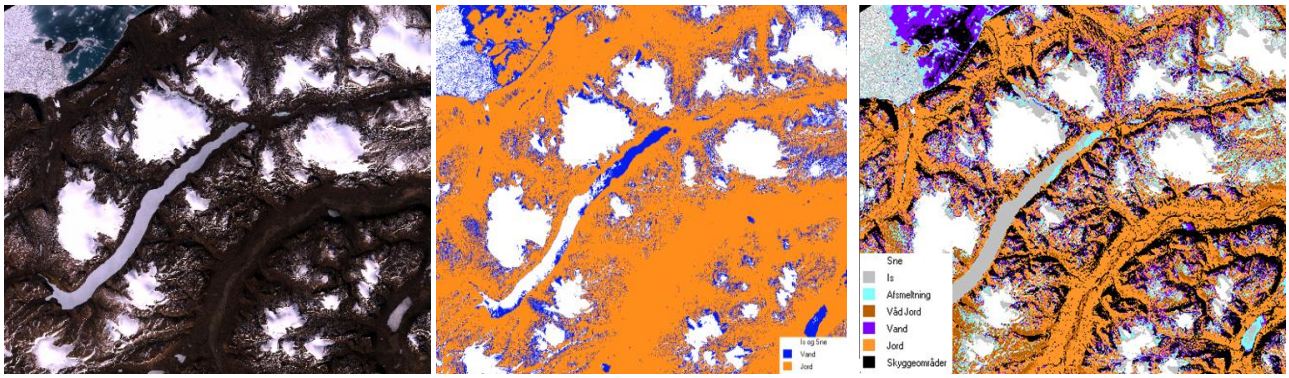
hed af tryk vil udfaldsrummet af eksperimentet være begrænset til denne sammenhæng - forudsat at man har lavet et fornuftigt forsøgsdesign. Der ligger et didaktisk potentiale i at arbejde med iagttagelser og beskrivelser, da dette åbner op for et møde mellem fagets og elevernes begrebsverden. Når iagttagelser konfronteres med geofaglige modeller og teorier skabes der en væsentlig arbejdsproces. Denne arbejdsproces kan man kalde abduktiv undervisning[8] idet eleverne er hypotesegenererende. Begrebet abduktion udfoldes nedenfor.

Observation

En observation er i modsætning til en iagttagelse rettet mod et på forhånd fastlagt fænomen. Her vil man oftest forsøge at teste en hypotese gennem dataindsamling. Rent induktive undersøgelser er i reglen sjældne. I min typologi adskiller observationer og iagttagelser sig således ved at iagttagelsen er hypotesedannende, mens observationer gennem dens systematik er rettet mod at være hypotesetestende. Man skal jo vide hvad man skal måle/observere. For at opnå pålidelighed og sammenlignelighed af de indsamlede data, må man anvende en aftalt systematik omkring observationen og efterfølgende dokumentation heraf. Når eleverne skal indsamle feltobservationer, er fokus rettet på mange af de samme kompetencer, som der arbejdes med indenfor fysik: Systematik, præcision, reproducerbarhed, fejlkilder osv. Det er væsentligt at man arbejder lige så seriøst med dette som i fysik, hvor der er en lang tradition for at vægte diskussion af empiriindsamlingen.

Klassifikation

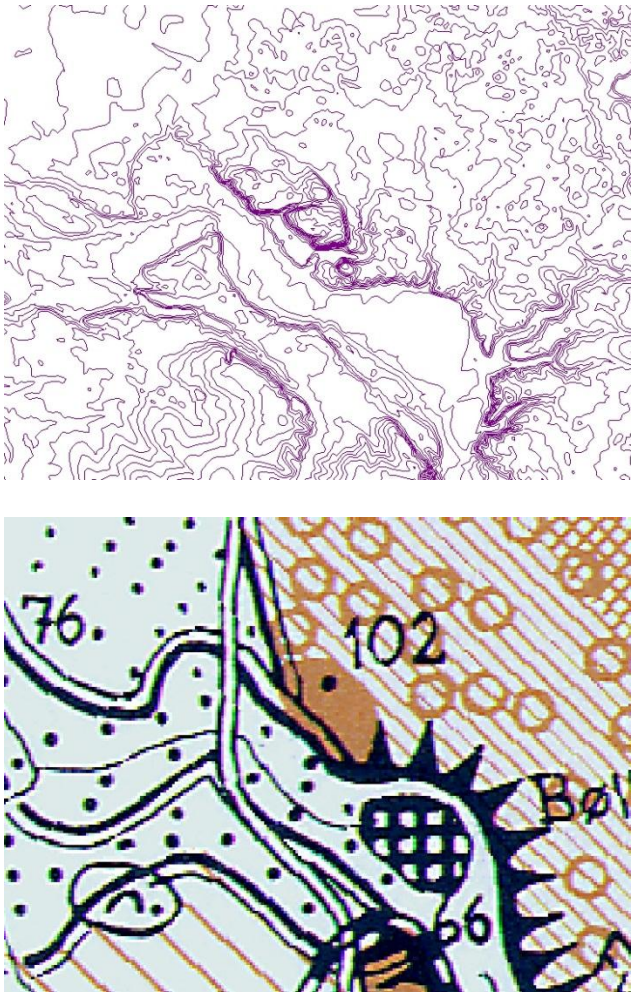
Klassifikation af observationer kender elever fra hverdagen. I en kultur lærer man eksempelvis at klassificere dyr i nyttedyr, skadedyr og kæledyr. Men i naturgeografi er det en central videnskabelig aktivitet. Det at klassificere data er forbundet med opstilling af hypoteser. Inddeling af data afhænger af formålet med undersøgelsen og kan være dynamisk. Men det er ikke en objektiv proces. "Verden" passer ikke altid ned i faste kategorier. Kaniner kan eksempelvis både være et nyttedyr og et skadedyr. På samme måde fremstår verden forskellig afhængigt af antallet af kategorier i eksemplet på figur 1. Figurerne er taget fra en satellitøvelse lavet med mine elever. Pointen er, at man må overveje valget af kategorier, da disse afgør hvorledes data fortolkes.



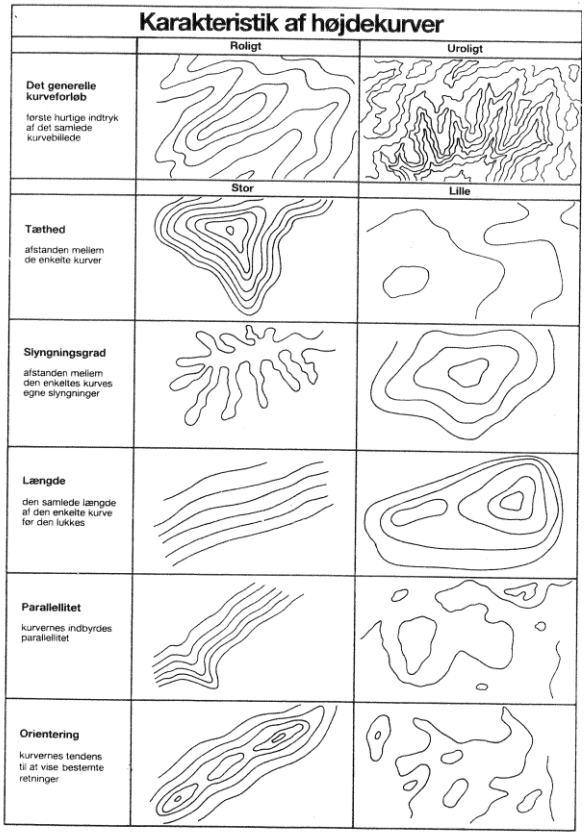
Figur 1: Eksempel på klassifikation fra øvelse med elever. A) Oprindeligt satellitbillede fra et udsnit af det nordlige Grønland. B) Tematisk kort baseret på inddeling i tre klasser. C) Tematisk kort baseret på inddeling i syv klasser.

[8] Se mere om abduktiv undervisning på Martin H. Laursens hjemmeside http://www.abduktiv.dk/

Et andet eksempel på klassifikation i undervisningen ses på figur 2 og 3. Her skal eleverne benytte en beskrivelsesnøgle til at opdele landskabet i delelementer ud fra morfologien. Hvis der samtidigt arbejdes med de glaciale landskabselementer bliver eleverne i stand til at sammenligne deres fortolkning med Per Smeds landskabskort for samme område (figur 2 nederst).



Figur 2: Øverst: Højdekurver (2,5 m) for et området omkring Bølling Sø i Midtjylland. Nederst: Samme udsnit fra Per Smeds: "Landskabskort Midtjylland", Geografforlaget, 1981



Figur 3: Nøgle til karakteristik af højdekurver. Gengivet fra Leif Christensens bog: "Naturgrundlag, menneske og miljø, Forlaget Mercator, 1992, s 161.

Abduktion

Udover induktion og deduktion findes der en tredje måde at slutte sig til noget - nemlig abduktion. Den blev i sin tid introduceret af den amerikanske filosof C.S. Peirce bl.a. efter at have studeret geovidenskaberne. Abduktion er ikke særlig omtalt, da denne slutningsform er omdiskuteret. Den kaldes undertiden "slutning til den bedste forklaring". Dette indikerer at den ikke har samme logiske strengens som deduktion og induktion, idet flere konkurrerende hypoteser kan eksistere side om side. Det er dog fejlagtigt, når man nogle steder hævder at abduktion derfor ikke kan føre til ny viden. Abduktion er ikke endepunktet, men starten, i videnskabelige processer. Udgangspunktet for abduktion er, at man står

overfor resultatet af en række kendte og ukendte processer. Der kan tænkes millioner af mulige forklaringer på et givent fænomen. Det er umuligt at falsificere alle de disse forklaringer én efter én. Nogle af de mulige hypoteser er usandsynlige og abduktion hjælper os med, at opstille de bedste hypoteser som så kan være genstand for en eventuel senere falsifikation. Dette illustreres bedst med et eksempel som er gengivet i tabel 2. Som det fremgår af eksemplet, er abduktion den proces, som kommer tættes på naturgeografens/geologens måde at arbejde på. Det er en væsentlig pointe, at alle tre processer i tabel 2 fører til erkendelsesmæssig fremdrift om end af forskellig karakter.

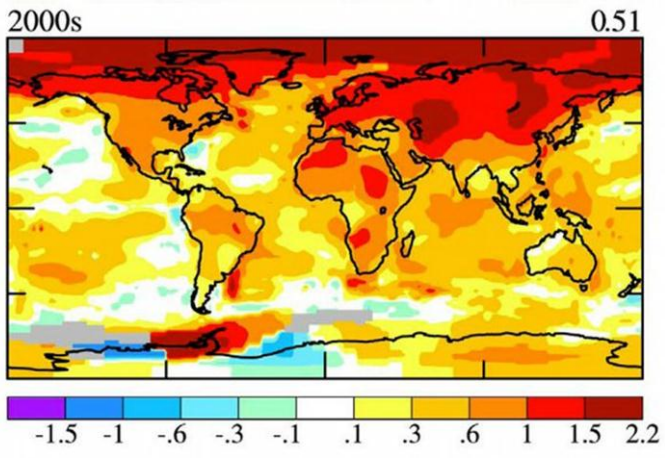
Induktion	Deduktion	Abduktion
Empiri: Disse sten er tilfældigt indsamlet fra Oslofeltet. + ***Iagttagelse:*** Alle disse sten er Rhombeporfyrer ↓ ***Regl:*** Alle bjergarter fra Oslofeltet er Rhombeporfyrer	***Regel:*** Alle bjergarter fra Oslofeltet er Rhombeporfyrer. + ***Empiri:*** Disse sten er fra Oslofeltet. ↓ ***Resultat:*** Disse sten må være Rhombeporfyrer.	***Iagttagelse:*** Disse sten, fundet i Danmark, er mærkelig nok Rhombeporfyrer. + ***Regel:*** Alle bjergarter fra Oslofeltet er Rhombeporfyrer. ↓ ***Empiri:*** Disse sten (fundet i DK) er fra Oslofeltet. ↓ Hidtil ukendte processer må have flyttet stenen. Medfører krav om ny model.

Erkendelsesproces

Tabel 2: Eksempel på hhv. induktion, deduktion og abduktion i forbindelse med ledeblokken Rhombeporfyr.

Identificere rumlige mønstre

På figur 4 ses de seneste 10 års anomalier i temperatur i forhold til referenceperioden. Hvis man som naturgeograf iagttager kortet får man straks øje på et eller flere interessante mønstre. Det kunne være at man fik øje på den særlige opvarmning i Arktis og koblede den til en hypotese om at denne skyldes is-albedo tilbagekoblingen. Det kunne være man noterede sig land-hav asymmetrien - altså den øgede opvarmning over land i forhold til hav. Det kunne



Figur 4: Global fordeling af temperatur anomalien for perioden 2000-2009 i forhold til referenceperioden 1951–1980. Kilde: National Climate Data Center

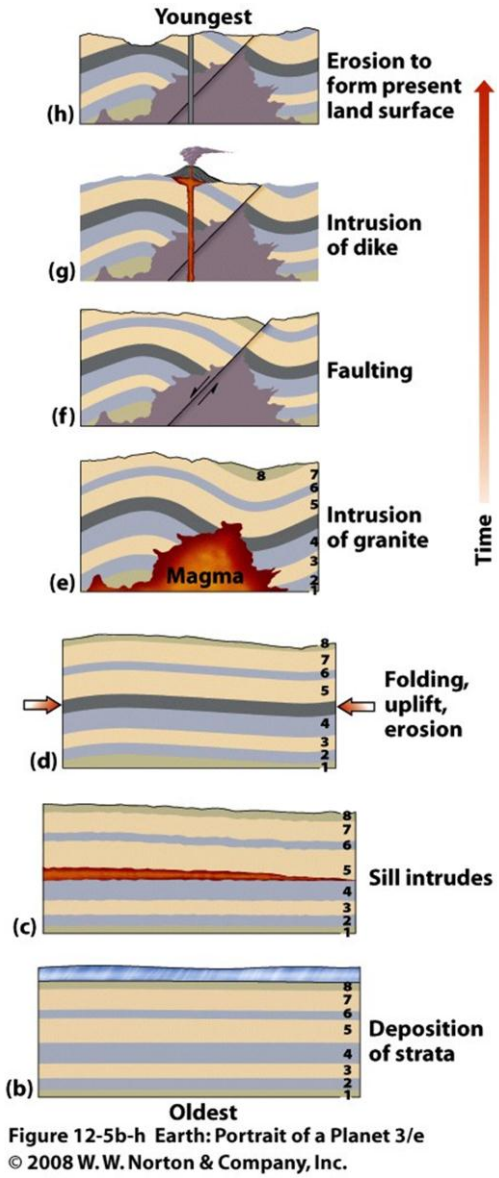
være man fik øje på det mærkelige mønster på Antarktis hvilket kan generere en række hypoteser forbundet med is og havstrømme. Man kan med andre ord ikke fastslå noget med sikkerhed ud fra analysen af kortet. Men det er muligt at generere en række hypoteser som efterfølgende må undersøges yderligere. Pointen er, at denne mønstergenkendelse er et centralt første skridt i en videnskabelig erkendelsesproces. Det er derfor et vigtigt element i undervisningen som det også fremgår af citatet fra lærerplanen i starten af denne artikel. Det er et særkende ved naturgeografi - men det kræver træning hos eleverne!

Den naturhistoriske metode

En metodisk hjørnesten i naturgeografi er den såkaldte naturhistoriske metode. Denne metode bygger på nogle grundlæggende principper, som kort bliver skitseret nedenfor. Når metoden skal fremhæves i denne sammenhæng, er det fordi den er et vigtigt supplement til de øvrige naturvidenskabelige tilgange. Når den kaldes *naturhistorisk* er det for at understrege at tid og dermed kronologi er en afgørende faktor. Dette er i modsætning til fysikkens genstandsfelt, hvor hypotetisk deduktion er fremherskende.

Al naturvidenskab beskæftiger sig med tingenes egenskaber såsom massefylde, temperatur, farve, reaktion osv. I en geologisk sammenhæng vil det svare til at kunne opstille nogle generelle regler for eksempelvis en rhombeporfyr set rent fysisk og kemisk. Den naturhistoriske metode handler derimod om at opnå ny viden ud fra fundet af en *konkret* rhombeporfyr et konkret sted. Metoden har visse træk tilfælles med drabsefterforskning af en mordsag. Ud fra resultatet - nemlig mordet og de indsamlede tekniske beviser - skal der rekonstrueres et hændelsesforløb. Hændelsesforløbet skal rekonstrueres så nøjagtigt, at det i en efterfølgende retssag kan bevises, at kun én af de mulige mistænkte (hypoteser) kan være sande. I naturhistorisk sammenhæng er vores udgangspunkt resultatet i form af et landskab eller geologisk profil, som skal forklares ved hjælp af *materialer, processer og tid*.

Et eksempel på hvordan en sådan rekonstruktion kan illustreres ses i figur 5, som er taget fra den amerikanske lærebog "Portrait of a Planet" af Steven Marshak. Det er min erfaring at eleverne ret hurtigt kan opstille en lignende tegneserie for lidt simplere systemer. Det tænder dem at lege en slags geologiske detektiver. Nedenfor har jeg gengivet de principper jeg finder



Figur 5: Eksempel på dannelsesmodel for et geologisk område opstillet på baggrund af naturhistorisk metode. Fra *"Earth: Portrait of a Planet"*, 3. udg. W.W.Norton & Company, 2008

bærende for den naturhistoriske metode. De er kraftigt inspireret af Jens Morten Hansens arbejde[9].

Udgangspunktet for en naturhistorisk tolkning er:

- ***Aktualitetsprincippet***, der siger at de geologiske processer man kan iagttage i dag, også var de processer der virkede i fortiden.
- ***Genkendelse:*** Det at kunne *klassificere* tings og levende arters dannelsesmæssige slægtskab eller oprindelige sammenhæng. Eksempelvis det at inddele et profil i forskellige lag, at erkende en bjergart som et fossil, eller ud fra former eller strukturer at kunne pege på processer der har virket.
- ***Kronologi:*** *Ud fra* simple regler kan vi fastslå fortidige begivenheders rækkefølge og dermed skelne mellem forandringer og deres mulige årsager. Her benyttes bl.a. *superpositionsprincippet* som siger at sedimentære bjergarter aflejres vandret med det nyeste øverst. Som det fremgår af figur 5 er det dog muligt at opbygge en kronologi som går langt videre.
- ***Bevaring:*** Vi kan fastslå om der mangler noget i den historie, som de to ovenstående kriterier fortæller. Når noget mangler fra lagserien fortæller det os noget - typisk at området var over havniveau i den pågældende periode. Når noget er bevaret og synligt for os i dag, kan vi naturligvis tolke på det. Men faktisk fortæller selve det faktum at det er bevaret også noget om den efterfølgende historie.

Den ovenstående metodiske nøgle til fortiden skal eleverne efter min opfattelse stifte bekendtskab med i undervisningen i en eller anden form. Det er et oplagt område at arbejde med i en AT-sammenhæng. I tabel 3 har jeg gengivet en del af introduktionen til et AT-forløb i samarbejde med religion.

[9] Se eksempelvis: Jens Morten Hansen: ”Hvad adskiller geologi fra anden naturvidenskab og metafysik?”, Geologisk Tidsskrift 2007, pp. 27–56

AT3: Hvordan forklares en forhistorisk katastrofisk oversvømmelse?

At-forløb i Religion og Naturgeografi med fokus på metode.

Det er en nødvendig del af menneskets selvforståelse at opstille forklaringer på hvordan verden hænger sammen. Karakteristisk er vores behov for at forklare også det som går forud for vores egen tid. Hvis man skal forklare hvordan verden var *forhistorisk* står man overfor et valg mellem to grundlæggende syn.

1) **Nøglen til fortiden er givet os fra fortiden.** Verden var helt anderledes end i dag og styret af andre forhold og kræfter end nu. Det kunne eksempelvis være guddommelige kræfter som var på spil. Ifølge denne retning, giver det derfor ikke mening at studere nutidens forhold for at blive klogere på forhistoriske oversvømmelser. Her må man basere sig på myter og andre overleveringer som man tildeler en særlig vægtning. Centrale spørgsmål bliver her: Hvordan læses disse tekster på den *rigtige* måde. Er dette overholdet muligt og hvad er det egentlig for nogle svar man kan få fra sådanne religiøse tekster?

2) **Nutiden er nøglen til fortiden.** Dette princip som også kaldes *aktualitetsprincippet* bygger på en forestilling om at Verden i forhistorisk tid kan sammenlignes med Verden i dag. Således er de forhold, processer og kræfter, som virker i dag, de samme som i forhistorisk tid. Det bliver således muligt at sige noget om Verden i forhistorisk tid ved at studere Verden i dag. Centrale spørgsmål bliver her: Hvorledes er dette overhovedet muligt? Hvordan kan man vide at man ikke udelader vigtige spor som enten ikke er synlige for os eller som ikke er bevaret fra forhistorien?

De to ovenstående strategier repræsenterer to forskellige faglige tilgange som de eksempelvis repræsenteres gennem religion og naturgeografi. I den første tilgang skal undersøgelsesmetoderne hentes idenfor *humaniora* mens den sidste tilgang bygger på *naturvidenskabelige metoder.*

Tabel 3: Eksempel på hvordan man kan bringe den naturhistoriske metode i spil i et AT-forløb mellem Naturgeografi og Religion. Uddrag fra en skriftlig introduktion til eleverne.

Modeller i naturgeografi

Naturgeografi benytter, som andre naturvidenskabelige fag, modeller som et centralt element. Modeller bliver brugt på så forskellig vis, at jeg vil knytte nogle kommentarer til dets anvendelse i naturgeografi. Af læreplanen for naturgeografi kan man hurtigt finde brugen af modeller blandt de faglige mål. Eleverne skal kunne:

"forstå og kritisk anvende komplekse geofaglige modeller som repræsentationer af virkeligheden"[10]

Der findes imidlertid mange forskellige typer geofaglige modeller, som kan kategoriseres på forskellig måde: kvalitative vs. kvantitative, teoretiske vs. empiriske osv. Jeg har imidlertid valgt at inddele gruppen af

[10] Stx-bekendtgørelsen, Bilag 43, juni 2010

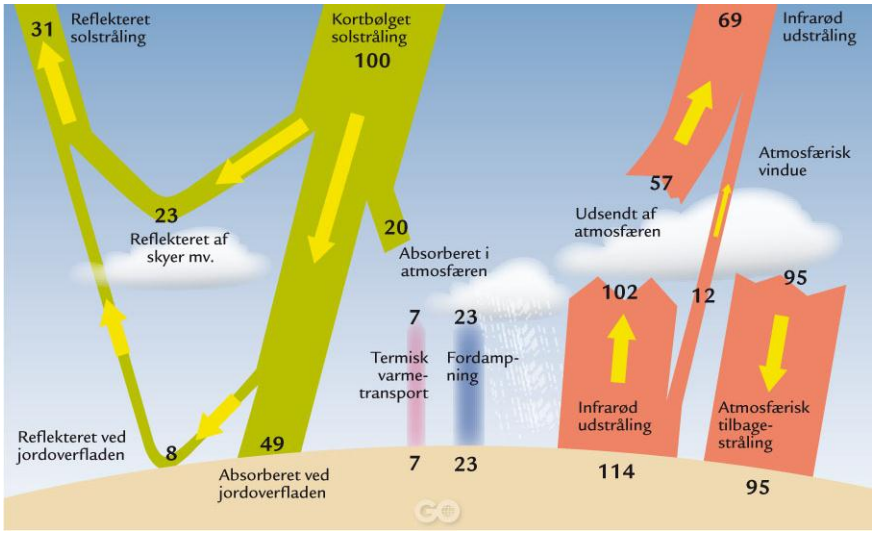
modeller efter de kompetencer som sættes i spil hos eleverne. Samtidigt har jeg helt subjektiv forsøgt at rangordne dem efter hvor hyppigt de indgår i undervisningen i naturgeografi.

1. **Begrebsmodeller**: Dette er langt den mest udbredte indenfor undervisningen i naturgeografi. Et eksempel på denne model kunne være strålingsbalancemodellen som ses på figur 6. Det kunne også være en tegning af det geologiske kredsløb, ressource/reserve-modellen…tænk selv på flere. Målet med disse modeller er at illustrere sammenhænge af begrebsmæssig karakter (kvalitativ) mere end kvantitative betragtninger. I arbejdet med denne type model skal eleven være i stand til at tænke om virkeligheden ved hjælp af de begreber og sammenhænge som modellen tilbyder. Denne modeltype har form som et diagram en tegning eller lignende. Aflæsning af modellen kræver således abstrakt tænkning. For at illustrere dette har jeg gengivet en elevtegning fra en øvelse på figur 7. Opgaven var at tegne strålingsbalancen på baggrund af elevernes egne målinger foretaget af henholdsvis kort- og langbølget stråling. Forventningen var, at de tegnede noget i stil med figur 6, som de tidligere var blevet præsenteret for. Men tegningen viser i min fortolkning, at eleven har forsøgt at holde tænkningen i en konkretoperationel ramme. Dette viser efter min opfattelse at man bevidst skal arbejde med elevernes evne til at arbejde med disse abstrakte begrebsmodeller[11].
2. **Kortet som model**: ”*Kortet er for geografen, hvad noderne er for musikeren*” - siger jeg ofte til mine elever. Kortet er en repræsentation af virkeligheden gennem nedskallering, udvælgelse og idealisering. Her er det centralt at kunne aflæse ”kortets sprog”. Ved fremstilling eller fortolkning af disse modelrepræsentationer af virkeligheden tilbydes eleven ikke begreber, men data. Når jeg alligevel kalder det en modelsituation, er det netop fordi der er sket en udvælgelse og idealisering på samme måde, som hvis man i enhver anden modelsituation ser bort fra luftmodstand, urbaniseringseffekter eller andet. Eleverne skal som det er beskrevet ovenfor lære at identificere rumlige mønstre.
3. **Dannelsesmodeller (Genese)**. Geologi og morfologi er to hovedområder hvor dannelsesmodeller er meget brugt enten gennem en beskrivelse eller tegneserie som vist på figur 5. Her skal elever koble processer, materialer, geologisk tid og kronologi som beskrevet under den naturhistoriske metode. Jeg får indimellem mine elever til at lave en tegneserie, hvilket er en god måde at forsøge at konkretisere dette arbejde. At opstille en dannelsesmodel kræver stor abstraktion, da der både sker en rumlig og tidslig modelskabelse.
4. **Fysisk materielle modeller**: Et eksempel på en fysisk model kan ses på figur 8 som viser et billede af en demonstration af den termohaline cirkulation i havet (Grønlandspumpen). Der er tale om en materiel model - altså en model som har en fysisk fremtoning. Når jeg ikke kalder det et demonstrationsforsøg, er det fordi målet med modellen, er at vise hvad der foregår i oceanerne og ikke i et strømningskar. Modellen tilbyder således nogle processer til eleverne, men disse skal opskaleres af eleverne.
5. **Matematiske modeller**: Bruges relativt sjældent i undervisningssammenhæng i naturgeografi. Ofte bruges matematiske modeller kun kvalitativt eksempelvis i forbindelse med befolkningsligningen eller vandbalanceligningen. De benyttes til at illustrere en balancetankegang hos eleverne frem for at blive udfoldet som et aktuelt prognoseberegningsredskab.

[11] Denne problematik er velkendt indenfor fysik og er eksempelvis beskrevet i bogen ”Videnskaben, verden og vi” af Kirsten Paludan

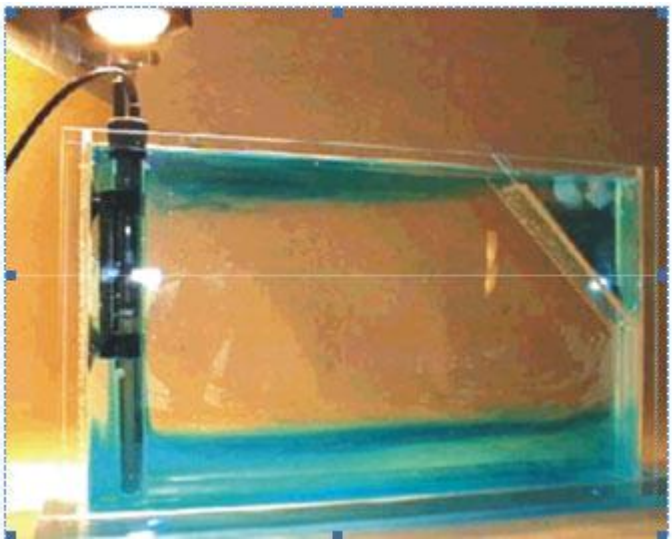
Måske er det synd at matematiske modeller ikke udnyttes mere i undervisningen. Fra fysik, hvor matematiske modeller bruges indgående, ved jeg at der hos eleverne ligger en motivation i at "kunne regne det ud" - hvilket jo kræver pædagogisk velvalgte emner. I naturgeografi er dette svært på grund af multivariable sammenhænge - men ikke umuligt. En pointe med brug af matematiske modeller i naturgeografi kunne også være at skulle forholde sig kritisk. Blot fordi man sætter sammenhænge på matematisk formel bliver de ikke nødvendigvis rigtige.

6. **Computermodeller (numeriske modeller)**: I naturgeografi som videnskabsfag gøres der udtrakt brug af computermodeller. Indtil nu har dette dog ikke rigtigt fundet vej til undervisningsfaget. En ambition kunne være, at eleverne skal være i stand til at forstå princippet bag at lade en computer foretage beregninger eksempelvis på et gitter. Der findes en række muligheder for at arbejde med computermodeller på nettet. Eksempelvis tilbyder http://www.chooseclimate.org/ en klimamodel som der kan arbejdes med online. En måde at igangsætte et arbejde omkring dette kan være at sætte eleverne til at bygge en begrebsmæssig klimamodel ved at opliste alle de faktorer som påvirker Jordens temperatur.



Figur 6: Strålingsbalancemodel fra grundbogen "Naturgeografi - Jorden og mennesket", af Agergaard m.fl. GO-forlaget, 2008

Figur 7: En 2.g'ers tegning af strålingsbalancen i forbindelse med en øvelse.



Figur 8: Fysisk model som skal illustrere den thermohaline cirkulation i havet (Grønlandspumpen).

Afsluttende kommentar

Så kan en fysiker undervise i pladetektonik? Naturligvis giver det mening at beskæftige sig med kernestof fra jordskælv og den pladetektoniske teori som fysiker. Eksempelvis kan hele området omkring seismik kvalificeres af et arbejde med fysiks tilgange og teorier. Ligeledes kan teorier om varmeproduktion, konvektionsstrømme og andre aspekter kvalificeres gennem et sådant arbejde. Jeg mener dog, at jeg i det ovenstående peger på en række centrale metodiske begreber og tilgange som er specielle for naturgeografi. Derfor ville vigtige aspekter gå tabt, hvis en fysiktilgang var den eneste. Det er ikke kun fordi naturgeografi inddrager perspektiver af forholdet mellem menneske og natur. Det er også på det rent erkendelsesmæssige eller videnskabsteoretiske plan. Vi ville ikke vide så meget om pladetektonik, som vi gør i dag, hvis vi ikke brugte naturhistorisk metode og abduktion. Dette faktum er væsentligt at vise eleverne. Som lærere skal vi italesætte de metodiske begreber og tilgange, så de bringes ind i undervisningen direkte. Min egen erfaring er, at eleverne tager godt imod det.

Litteratur

David Archer: ”Global Warming - understanding the forecast”, Blackwell Publishing, 2007

Pernille Ehlers og Glen Volkers: ”Iagttagelse og geofaglig viden”. s. 37-52 i bogen *Geofaglighed som kompetencer*, Tunet, 2008

Jens Morten Hansen: ”Hvad adskiller geologi fra anden naturvidenskab og metafysik?”, *Geologisk Tidsskrift* s. 27–56, 2007

Jens Morten Hansen: ”Geologi – historien om de levende tegn i de døde ting”. s. 63-87 i bogen *Geofaglighed som kompetencer*, Tunet, 2008

Steven Marshark: “Earth: Portrait of a Planet”, 3. udg. W.W.Norton & Company, 2008

Kirsten Paludan: ”Videnskaben, verden og vi”, Århus Universitetsforlag, 2000