

# Naturvidenskabens væsen - og naturfagsundervisning i folkeskolen

Af Keld Conradsen

## Abstract

*Naturvidenskaben er en grundpille i den moderne civilisation. Borgere i et demokratisk, sekulariseret samfund bør gennem deres skolegang ikke kun stifte bekendtskab med de enkelte naturfag, men også dannes til en vis fortrolighed med "naturvidenskabens væsen". Artiklen viser, hvorfor en naturfagslærer i folkeskolen bliver en bedre lærer af at kende til naturvidenskabens væsen, herunder, hvordan man som lærer bør være opmærksom på, at man ikke videregiver et forkert billede af naturvidenskaben. Artiklen undersøger og diskuterer den rolle, spørgsmålet om naturvidenskabens væsen spiller i folkeskolen, og hvilken rolle den kommer til at spille i fremtiden (formentlig en større). Derefter præsenteres forskellige opfattelser af naturvidenskabens væsen i en historisk oversigt. Det munder ud i en gennemgang af nogle af forskellene mellem folkeskolens naturfag og den betydning, forskellene har for undervisningen. Endelig præsenteres typiske misforståelser om naturvidenskab, som en naturfagslærer bør være bevidst om og undgå.*

## Videnskabens væsen i skolen – hvorfor er det vigtigt?

Denne artikel er en indføring i naturvidenskabens væsen eller det, der på engelsk hedder *Nature of Science* (NOS). Specielt handler den om, hvilken rolle NOS spiller i folkeskolen i Danmark i dag, hvilken rolle den kan tænkes at komme til at spille i fremtiden, og hvilke fordele det giver en naturfagslærer at kende til NOS.

Jeg vil for nemheds skyld de fleste steder bruge den engelske forkortelse NOS for "naturvidenskabens væsen". Som vi skal se, er der ikke enighed blandt videnskabsteoretikere og videnskabsfolk om, hvad NOS er for noget, eller om, hvordan videnskabelig viden opstår. Derimod vil de fleste nok skrive under på, at den viden, som videnskaben leverer, i en eller anden forstand er *privilegeret* i forhold til andre former for viden. Det skal forstås på den måde, at selv om naturvidenskabelige teorier, næppe kan gøre krav på at være "sande" i en absolut forstand, som vi også skal se, har de trods alt gjort det

muligt for os at flyve til månen, helbrede infektionssygdomme, udvinde olie af undergrunden, navigere med gps og meget mere.

Som sådan udgør den videnskabelige viden noget vigtigt, vi som samfund bør værne om. I de senere år har der været stigende opmærksomhed om NOS i folkeskolen ikke mindst i den angloamerikanske verden. En enkelt henvisning kan tjene som eksempel: I en rapport til den almennyttige, engelske Nuffield-fond, der blandt andet støtter forskning i naturfagsundervisning, opstiller en række højttestimerede naturfagsdidaktikere syv anbefalinger til den fremtidige naturfagsundervisning i EU. I den allerførste anbefaling hedder det: "The primary goal of science education across the EU should be to educate students both about the major explanations of the material world that science offers *and about the way science works*" (Osborne & Dillon, 2008, s. 8, min fremhævelse).

Rapporten fremhæver altså, at det bør være et mål i folkeskolen at lære eleverne om, hvordan videnskaben fungerer (det svarer omtrent til NOS). Det uddybes i samme rapport (s. 5): "Science is an important component of our European cultural heritage. It provides the most important explanations we have of the material world. In addition, some understanding of the practices and processes of science is essential to engage with many of the issues confronting contemporary society."

Denne opfattelse, hvor videnskaben fremhæves som en vigtig del af vores kulturarv, udtrykker en form for dannelsesstærkning: Langt de fleste folkeskoleelever vil ikke komme til at arbejde professionelt med naturfag senere i livet. Hvad de derfor bør få ud af naturfagsundervisningen, ud over naturligvis et grundkendskab til de enkelte fag, er også et kendskab til den måde, fagenes viden er opnået på, altså til NOS. Alt sammen for at danne og ruste eleverne til aktiv deltagelse i samfundslivet. Specialisterne, de kommende biologer, fysikere, geografer og ingeniører, skal ifølge denne opfattelse nok få deres specialviden gennem anden undervisning.

Naturfagslærere i folkeskolen vil imidlertid kunne drage andre fordele af et NOS-kendskab end at kunne undervise i det (eksplicit eller implicit). Jeg vil hævde, at man ganske enkelt bliver en *bedre* naturfagslærer, fordi:

- man får en mere reflekteret opfattelse af sit fag.
- man vil være mindre tilbøjelig til at blive bærer og formidler af et videnskabssyn, som ikke holder vand. Det vil både forhindre, at man kommer til at misrepræsentere sit fag i undervisningen, og at man gør sig unødigt sårbar over for alternative, ikke-videnskabelige verdensanskuelser.

- man bedre vil kunne forstå de forskelle, der gør sig gældende, mellem de enkelte naturfag. Det vil igen have betydning for den undervisning, man gennemfører. Denne pointe vil jeg uddybe sidst i artiklen.

## NOS i den danske folkeskole – arbejds måder og tankegange

Idealer og hensigtserklæringer som i Nuffield-rapporten er én ting, skolepraksis er noget andet. Et interessant spørgsmål er naturligvis, hvordan det står til med NOS i den danske folkeskole. I hvilket omfang undervises der i NOS?

Det findes der ikke undersøgelser af. For at få et indtryk af traditionen i Danmark kan man gå en indirekte vej ved at kigge i Fælles Mål 2009 (Undervisningsministeriet, 2009a, 2009b, 2009c, 2009d), mere specifikt på delmålene under "arbejds måder og tankegange". Netop her ville man, hvis overhovedet, forvente at finde spor af NOS. En gennemgang af de fire naturfag (natur/teknik, geografi, biologi og fysik/kemi) viser imidlertid, at NOS kun spiller en lille rolle. Faktisk skal man gøre sig umage for at finde delmål, som kan siges at belyse aspekter af NOS. De nedenstående kan nævnes. "Undervisningen skal gøre eleverne i stand til at":

- "give eksempler på, hvordan biologisk viden bliver til gennem eksperimenter, systematiske undersøgelser og tolkning af data" (biologi, trinmål, 8. klasse).
- "opstille og afprøve naturfaglige hypoteser på baggrund af egne undersøgelser" (biologi, trinmål, 9. klasse).
- "formulere konklusioner på grundlag af egne og andres resultater" (biologi, trinmål, 9. klasse).
- "formulere spørgsmål og indsamle relevante data" (fysik/kemi, trinmål, 8. klasse).
- "formulere enkle problemstillinger, opstille og efterprøve hypoteser samt vurdere resultater" (fysik/kemi, trinmål, 9. klasse).
- "formulere relevante spørgsmål, opstille hypoteser og modeller som grundlag for både praktiske og teoretiske undersøgelser" (natur/teknik, slutmål, 6. klasse).

I geografi handler ingen trinmål om NOS. Med lidt god vilje kan man hævde, at to emner går igen i disse målbeskrivelser: indsamling af data og opstilling og afprøvning af hypoteser. Som vi skal se, indgår begge disse dele da også i den videnskabelige proces. Men som vi også skal se, er ingen af delene uproblematisk, og til sammen er de langt fra dækkende for, hvad videnskab er for noget.

Det betyder, at væsentlige aspekter af NOS ikke indgår i de gældende Fælles Mål. Af de ovennævnte grunde er det ikke en heldig situation. Flere ting tyder imidlertid på, at tingene vil ændre sig i fremtiden, at der altså vil komme flere krav til lærerens NOS-kompetencer:

- I den nye læreruddannelse fra 2013 (Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelser, 2013) opereres der i naturfagene med fire kompetenceområder. Heraf nævner kompetenceområde 2 ("Naturvidenskabens perspektiver") eksplicit videnskabsteori som et emne. Under vidensmål hedder det, at "Den studerende (skal have) viden om naturvidenskabernes historie og filosofi". Fremtidens nyuddannede lærere vil altså i højere grad skulle kende til NOS end tidligere lærere.
- Det har længe været diskuteret, om naturfagene i et eller andet omfang skal samles i et "science"-fag i folkeskolen (se f.eks. Akademiet for de Tekniske Videnskabers tænketank, 2010). Beslægtet hermed er diskussionen om en fælles naturfagsprøve efter 9. klasse, som ad flere omgange har været tæt på at blive indført. Jo mere de forskellige naturfag slås sammen i folkeskolen, jo mere vil læreren skulle kunne navigere mellem fagene, og jo større fordel vil et kendskab til NOS være.
- Fælles Mål vil blive revideret i fremtiden. Det er sandsynligt, at kommende fagmål i højere grad vil prioritere og inddrage NOS.

## Videnskabens væsen

Jeg vil nu give en indføring i NOS. Jeg vil gøre det ved at gennemgå hovedtrækkene i den videnskabsteoretiske udvikling de seneste 100 år. Det vil ikke efterlade et entydigt billede af NOS, men det vil vise, hvilke centrale spørgsmål videnskabsteoretikerne har kæmpet med gennem tiden, og hvordan opfattelsen af NOS kan siges at være lige nu. Fælles for alle opfattelser er erkendelsen af den afgørende rolle, som empirien spiller i naturvidenskaben.

Hovedtendensen har fra første halvdel af 1900-tallet været at forsøge at opstille normer for, hvordan videnskab *bør* fungere, til fra omkring 1960 at fokusere på videnskab som en *praksis*, det vil sige som en menneskelig aktivitet, som det var videnskabsteoriens opgave at beskrive og karakterisere.

Den sidste tendens udartede i visse tilfælde til stærkt radikale og videnskabskritiske positioner, der af mange videnskabsfolk blev anset for undergravende for videnskaben og så provokerende, at man i 1990'erne ligefrem talte om en "videnskabskrig". Siden har gemytterne dæmpet sig noget.

Det er på sin plads at anføre, at denne korte gennemgang nødvendigvis må blive forholdsvis generel og derfor ikke yder alle nuancer i de forskellige positioner retfærdighed. En anden enkel indføring i videnskabsteori findes hos Sjøberg (2009).

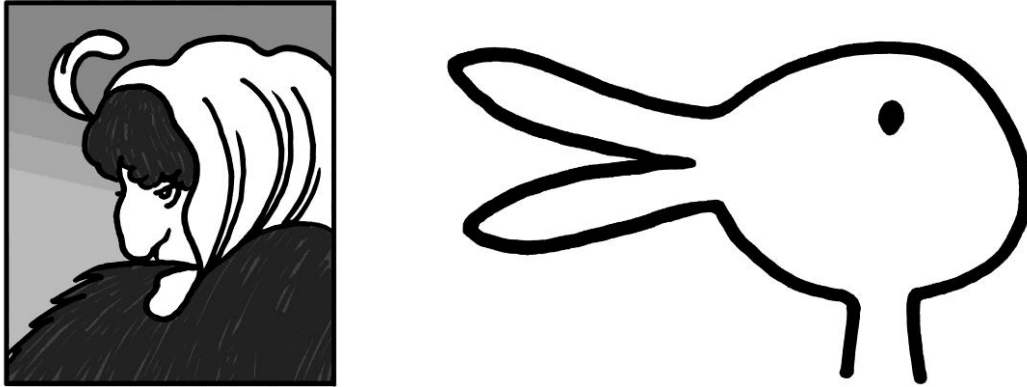
## Positivism

Positivismen er på en måde videnskabsteoriens "urmoder". Alle senere positioner har måttet forholde sig til den, og selv om positivism som videnskabsteori i dag stort set er forladt, slæber mange videnskabsfolk og naturfagslærere formentlig stadig rundt på en god del positivistisk tankegods (se f.eks. Ratcliffe & Reiss, 2006). Fordi der har været mange positivistiske videnskabsteoretikere på banen med til dels afvigende opfattelser (man kunne nævne Moritz Schlick (1882-1936) og Rudolf Carnap (1891-1970) og i Danmark Jørgen Jørgensen (1894-1969)), er en samlet fremstilling af positivismen ikke helt uproblematisk. Det nedenstående må opfattes som et forsøg herpå, for videre læsning kan man f.eks. se Chalmers (1998).

Historisk set findes positivismen i forskellige udgaver. Den positivism, vi her har fat i, havde sin storhedstid i første halvdel af 1900-tallet og betegnes ofte som logisk positivism eller logisk empirisme. "Empirisme" i den sidstnævnte betegnelse udtrykker et vigtigt forhold, nemlig at videnskaben ifølge denne opfattelse i sidste ende bygger på de sanseindtryk, forskerne udsættes for under deres indsamling af data (målinger og observationer). Sanseindtryk anses her som den yderste kilde til menneskelig erkendelse, og de er positivt givne for os (deraf navnet). Forskeren bør ifølge positivismen parkere alle sine fordomme, interesser, mentale og psykologiske særheder og kulturelle og miljømæssige påvirkninger uden for videnskaben og derefter objektivt og neutralt lade sig påvirke af de nøgne sanseindtryk og på den måde indsamle data. Det er her en vigtig pointe, at denne nøgne indsamling af data er *mulig*.

Man ser her, at det i positivismen er de videnskabelige data, der kommer først. Efter at have indsamlet data skal forskeren så slutte sig til generelle sammenhænge gennem *induktion*. Induktion er en slutningsform, hvor der sluttes fra enkelttilfælde til en generel regel. Disse regler svarer i videnskaben til *teorier*, som udtrykker den videnskabelige viden. Et eksempel: Efter at have observeret et stort antal hvide svaner (data), slutter biologen induktivt, at alle svaner er hvide (teorien). Et andet eksempel: Efter gentagne gange at have observeret, at metaller udvider sig under opvarmning, slutter fysikeren sig til teorien: Alle metaller udvider sig under opvarmning. Teorien kan så efterfølgende verificeres af nye observationer eller målinger. Sådan bør forskeren arbejde ifølge positivisten.

Den positivistiske opfattelse af videnskab kan virke overbevisende. Ikke desto mindre er den ikke holdbar, og vi skal se straks se hvorfor.



**Figur 1:** Ser man en ung eller en gammel kvinde (til venstre), og en kanin eller en and (til højre)? At det samme synsindtryk kan give forskellig billeddannelse i den menneskelige hjerne, er et problem for positivismen.

Kig på figur 1. De fleste vil opleve, at man til venstre skiftevis ser en gammel og en ung kvinde og til højre skiftevis en and og en kanin. Ikke desto mindre må det være det samme synsindtryk, der rammer øjets nethinde. Hvordan kan man så objektivt afgøre, om det er den ene eller den anden observation, der afspejler det "nøgne" synsindtryk?

Svaret er, at det kan man heller ikke. Man må konstatere, at det samme sanseindtryk kan give forskellige synsoplevelser (fænomenet kaldes "gestalt switch" på engelsk). Forklaringen er den overraskende, at der må være noget i min hjerne, som *former* synsindtrykket til enten det ene eller det andet billede. Dermed har jeg så at sige noget med i bagagen, som bestemmer, om jeg ser det ene eller det andet. Præcis det samme gør sig gældende ved videnskabelige data. Heller ikke videnskabelige målinger og observationer er nøgne, men tværtimod formede af det, forskerne har med sig i bagagen, heriblandt ikke mindst deres videnskabelige teorier. Et eksempel: En australsk botaniker på feltarbejde ville på en tilfældig plante ude i bushen observere kimblade, støvdragere, kronblade osv. (afhængigt af planten), en indfødt australier ville derimod se noget ganske andet, fordi han eller hun aldrig har hørt om kimblade, støvdragere og kronblade. Og måske endnu mere vigtigt: En moderne botaniker ville også se naturlig udvælgelse mellem planterne, tilpasning, evolutionært slægtsskab m.m., mens en botaniker fra før Darwins teori om naturlig udvælgelse ikke ville kunne se den slags, selv om også han/hun arbejdede videnskabeligt. Lidt populært sagt kan man sige, at det sete også i videnskaben afhænger af øjnene, der ser.

Positivismens skema, først data, så teorier, holder altså ikke. Et andet problem for positivismen har med det uobserverbare at gøre. Naturvidenskaben er fyldt med teorier om uobserverbare størrelser (elektroner, atomer, kemiske forbindelser, DNA etc.). Men hvordan skulle videnskaben overhovedet kunne komme frem til uobserverbare størrelser, hvis den arbejdede induktivt, sådan som positivismen foreskriver? Hvordan skulle f.eks. begrebet "elektron" komme ind i videnskaben?

## Falsifikationisme – Karl Popper

En af den logiske positivismes største kritikere var den østrigsk-engelske videnskabsteoretiker Karl Popper (1902-1994). Popper er den kendteste fortaler for den type videnskabsteori, vi kalder falsifikationisme. En samling af hans centrale tekster findes på dansk i Popper (1996).

Ud over de ovennævnte problemer pegede Popper på endnu et problem i positivismen, nemlig at de induktive slutninger logisk set er *ugyldige*. Selv med nok så mange enkeltobservationer kan vi aldrig drage en logisk gyldig slutning om en generel sammenhæng (logisk set er der intet i vejen for, at den næste svane er sort, eller at det næste metal ikke udvider sig).

Men hvis man ikke med målinger og observationer kan vise, at en hypotese er sand, kan man til gengæld vise, at den er falsk. Bare en enkelt, negativ observation (den sorte svane) er nok til at vælte vores teori (alle svaner er hvide). Og netop sådan bør videnskaben arbejde ifølge Popper. For Popper består den videnskabelige proces består af to faser. I den første fase fremsætter forskeren hypoteser. Hypoteser er antagelser om sammenhænge i verden (f.eks. "alle metaller udvider sig ved opvarmning"). Denne fase er kreativ, fordi hypoteserne kan komme hvor som helst fra, man kan for den sags skyld have drømt dem, og dristige gæt er velkomne. Den videnskabelige proces går dog først rigtigt i gang i den anden fase, hvor forskeren forsøger at påvise, at hypotesen er falsk.

Popper er fortaler for, hvad man kalder den hypotetisk-deduktive metode. Forskeren skal arbejde sådan, at han eller hun skal slutte (deducere), at *hvis* hypotesen er sand ("alle metaller udvider sig under opvarmning"), *så* skal det og det være tilfældet i det og det eksperiment eller i den og den observation. Hvis det ikke forholder sig, som hypotesen siger (det pågældende metal udvidede sig ikke), må hypotesen opgives og en ny opstilles. Hvis det derimod viser sig, at hypotesens forudsigelse var sand (metallet udvidede sig faktisk), skal jeg udtænke en ny måde, hvorpå jeg kan forsøge at falsificere den (jeg kunne prøve med andre metaller).

De bedste hypoteser er ifølge Popper dem, der har modstået de fleste forsøg på falsifikation. Popper kalder dem befæstede. De vil efterhånden blive kaldt for teorier. Teorier/hypoteser er også bedre, jo større en del af verden de udtaler sig om. En hypotese som "alle metaller udvider sig ved opvarmning" er f.eks. en bedre hypotese end "jern udvider sig ved opvarmning", fordi "metaller" er et bredere begreb end "jern".

Bemærk, at man hos Popper begynder med hypotesen og først bagefter indsamler data. Hypotesen gør, at man fra begyndelsen ved, at man vil måle eller observere noget *bestemt*. Målingen eller observationen vil dermed altid være formet af hypotesen, ligesom synsindtrykket ovenfor var formet af min hjerne (og jf. at kun en person med forstand på botanik ville kunne observere "kimblade", "støvdragere" og "kronblade"). Det betyder blandt andet, at man må opgive forestillingen om "nøgne" data. Data er altid formede af hypotesen eller, om man vil, teorien. Den tekniske betegnelse for dette forhold, som de færreste videnskabsteoretikere i dag bestrider, er, at data er *teoriladede*.

Bemærk også, at hypotesetestning spiller en helt central rolle for Popper. Og bemærk endelig, at man hos Popper ikke har problemer med det uobserverbare, fordi det står enhver frit at fremsætte hypoteser om "elektroner", bare de efterfølgende kan blive forsøgt falsificeret.

Vi mangler en enkelt ting i vores billede af Popper. Popper var sig videnskabens særlige status meget bevidst. Han så, at det aldeles ikke er ligegyldigt, om en teori kan påberåbe sig videnskabelighed eller ej, og han fandt det stærkt problematisk, at f.eks. marxisme og psykoanalyse gjorde netop det. Han havde derfor brug for et kriterium til at *afgrænse* videnskab fra ikke-videnskab (han kaldte det selv et demarkationskriterium). Dette kriterium var for Popper falsificerbarhed. For at en hypotese skal være videnskabelig, skal den være falsificerbar. Det betyder blandt andet, at metafysiske og religiøse antagelser ("alt har en årsag", "gud findes" o.l.), kan være nok så mange ting, men videnskabelige er de for Popper i hvert fald ikke, netop fordi de ikke kan falsificeres.

Det er en pointe, som en naturfagslærer i folkeskolen med fordel kan have i baghovedet, når han eller hun støder på f.eks. religiøse verdensanskuelser i strid med videnskaben (f.eks. ideen om en "intelligent designer" bag livets udvikling, se nedenfor).

## **Videnskab som en aktivitet**

Poppers videnskabsteori kan virke besnærende. Logisk set har den en klar fordel i forhold til positivismen. Ikke desto mindre har også den alvorlige problemer. Ét problem er igen af



logisk art: Det er meget godt med den forestilling, at en enkelt måling kan falsificere en hypotese, men logisk set kan vi ved en falsifikation ikke vide, om der er noget galt med hypotesen eller den måling, vi har brugt til at falsificere den (og enhver, der har arbejdet med instrumenter eller har været i et laboratorium, ved, hvor nemt noget kan gå galt!).

Et andet problem opstår, når man giver sig til at studere den virkelige videnskab. Det viser sig nemlig, at videnskaben ikke arbejder som i Poppers model. Forskere tester ganske rigtigt hypoteser, men de gør også meget andet, og de forkaster ikke deres hypoteser ved den første den bedste falsifikation. De ved, at der kan være noget på spil, de ikke har taget højde for, og historisk set har der været rigtig gode grunde til denne forsigtighed. Der findes mange eksempler på hypoteser, som tilsyneladende er blevet modsagt af data i begyndelsen og først hen ad vejen er blevet empirisk underbygget og har fået det videnskabelige samfunds tilslutning.

Poppers billede af videnskaben er med andre ord for simpelt. Fra omkring 1960 begyndte mange videnskabsteoretikere at gå andre veje og interessere sig mere for den måde, den virkelige videnskab fungerer på. Den store pioner i denne sammenhæng var den amerikanske fysiker og videnskabshistoriker Thomas Kuhn (1922-1996).

Pladsen tillader ikke en fyldestgørende redegørelse for Kuhns teori. Det følgende bygger især på Kuhn (1970). I korthed gjorde Kuhn det, at han studerede fysikkens historie og på den baggrund hævdede, at naturvidenskab ikke udvikler sig kontinuert, men i spring. Kuhn kaldte springene videnskabelige revolutioner. Eksempler på revolutioner kunne være Einsteins relativitetsteori, der afløste Newtons mekanik, Darwins evolutionsteori, der afløste tidligere opfattelser af livets udvikling (eller mangel på samme), og pladetektonikken i geologien, som på sin vis var helt ny. Revolutioner er imidlertid sjældne. Det meste af tiden arbejder forskere ifølge Kuhn i såkaldte paradigmer. Paradigmer er forskerfællesskaber, hvor der gælder visse grundantagelser om verden og visse metodiske regler, og som nye udøvere af et paradigme så at sige socialiseres ind i på forskellige måder. Når der en sjælden gang indtræffer en revolution, opløser det gamle paradigme sig, og et nyt opstår.

Læg mærke til, at Kuhn er *beskrivende*. Han opstiller ikke regler for, hvordan videnskaben *bør* fungere. Et centralt element hos Kuhn er også, at paradigmer ikke er sammenlignelige. Forskere i et paradigme lever så at sige i deres egen verden og kan ikke sammenligne sig med andre paradigmer.

Kuhn fik enorm betydning langt ud over naturvidenskabens rækker. Det skyldes formentlig, at tiden var moden til nye tanker. Ikke desto mindre kan der rettes alvorlig kritik også mod ham. Jeg vil nøjes med at fremhæve to punkter:

- Usammenligneligheden mellem paradigmer betyder, at man i det store billede ikke kan tale om videnskabelige fremskridt. Vi kan ikke sige, at vi er blevet klogere siden de første paradigmer i 16-1700-tallet, for hvad skulle målestokken for "fremskridt" være, når paradigmerne er usammenlignelige? Det er en konklusion, de fleste naturfagsfolk ikke vil finde rimelig.
- Man kan hævde, at Kuhns paradigmer overhovedet ikke eksisterer. Kuhns billede af videnskaben er ikke det rigtige, forskere arbejder ikke i isolerede verdener, som han påstår, og der finder ikke "revolutioner" sted. Og hvis hans beskrivelser af videnskaben ikke er korrekt, hvad er der så tilbage af hans teori?

## Konstruktivisme og "videnskabskrig"

Selv hvis man mener, at Kuhns konkrete beskrivelse af den videnskabelige proces ikke er retvisende, kan man ikke komme uden om, at han gennem sit studium af videnskabshistorien gav startskuddet til en vigtig udvidelse af videnskabsteorien. I årtierne efter Kuhn opstod en hel sociologisk genre, der beskæftigede sig med at studere den videnskabelige proces med sociologiske metoder, og som i høj grad har beriget og nuanceret billedet af videnskaben.

En vigtig ting skal her fremhæves. Hos Kuhn *konstruerer* forskerne så at sige deres viden internt i paradigmerne. Det var en tanke, der overlevede hos de nye sociologer, som gav sig til at studere forskerne i deres daglige arbejde i laboratoriet og ude i naturen: Videnskaben konstruerer sin viden, inklusive de begreber, der indgår i den. En sådan konstruktivistisk opfattelse er en modsætning til den *realistiske* opfattelse af viden, som mange videnskabsfolk instinktivt bekender sig til, og som går ud på, at der i en eller anden forstand er en overensstemmelse mellem videnskabens begreber og de ting, der findes i verden.

Den konstruktivistiske tankegang førte visse steder til meget *videnskabskritiske* positioner. Hvor de fleste videnskabsfolk tidligere havde ment, at videnskaben var objektiv og neutral, kom det nu til at hedde sig, at den som alle andre menneskelige aktiviteter var formet af ting som værdier, interesser og magt (se f.eks. Collin (2003) for en enkel indføring i konstruktivisme på dansk). Forhold som personlige ambitioner, køn og kulturel baggrund kom pludselig til at spille en rolle i videnskaben. Et eksempel: Mange af de begreber, adfærdsbiologien benytter til at beskrive dyreadfærd (aggression, dominans m.m.), blev fra feministisk side udlagt som udtryk for en mandsdomineret videnskab.

I radikale versioner kom det til at hedde sig, at da den videnskabelige viden var en konstruktion som alle andre, kunne den ikke gøre krav på at være *privilegeret*. Disse opfattelser var en rød klud for mange naturvidenskabsfolk, som her så en helt uacceptabel nedgørelse af videnskaben i modstrid med, at videnskaben faktisk havde leveret enestående resultater. Diskussionen mellem på den ene side videnskabssociologer og på den anden side naturvidenskabsfolk (her noget forenklet sat op) kom i 1990'erne så langt op i det røde felt, at man ligefrem talte om en "videnskabskrig".

Man kan imidlertid hævde, at "krigen" var ørkesløs. Det er i dag svært at forsvare, at den naturvidenskabelige viden *ikke* skulle være konstrueret (jf. at data er teoriladede). Men det siger på den anden side ikke ret meget. Det ændrer nemlig ikke på, at den videnskabelige viden er den *bedste* viden, vi har (jf. indledningen). Den har ikke kun tjent os umådelig godt, den er ganske enkelt en af de søjler, den moderne civilisation hviler på. Og selv om mange af dens kategoriseringer, klassifikationer og opdelinger af verden måske er kunstige eller, om man vil, konstruerede og altså ikke svarer til noget "virkeligt" i verden (i hver fald ikke dem alle ...), giver det næppe mening ikke at se dem som videnskabsmæssige fremskridt.

## Videnskabs væsen i en svagere version

Hvad kan vi så uddrage af alt dette? Af det ovenstående turde det fremgå, at spørgsmålet om videnskabs væsen ikke er et simpelt spørgsmål. Hvis vi ikke er kommet frem til et entydigt svar, viser gennemgangen i det mindste nogle af de centrale temaer, videnskabsteorien har beskæftiget sig med og stadig kæmper med, og som også en naturfagslærer vil skulle forholde sig til. Dertil kan man tilføje, at man i dag er forsigtig med at tale om videnskab i ental. Videnskaben er mangfoldig og udforsker mange forskellige dele af virkeligheden, og hvert fag anlægger sit perspektiv. Som følge heraf benytter den sig også af mange forskellige metoder.

Man kan vælge en anden strategi og karakterisere videnskab mere vagt, end det er gjort i det ovenstående. Det er der gjort adskillige forsøg på. Jeg vil her nøjes med at nævne to eksempler: Sjøberg (2009) opsummerer sin gennemgang af videnskabsteorien i 10 punkter, som han mener alle indeholder nogle helt grundlæggende pointer om videnskab, og som *alle lærere i naturfag bør kende til(!)*. Blandt hans pointer er, at naturvidenskab er empirisk baseret, at dens beskrivelse af virkeligheden hele tiden må afprøves, at observationer og eksperimenter må fortolkes og aldrig taler direkte til os, og at videnskaben er formet af den tid og kultur, den er opstået i. Man kan selv læse mere og sammenligne med nærværende tekst (visse andre af Sjøbergs punkter, f.eks. at "matematik er nærmest videnskabs sproget")

og påstanden om eksistensen af ”videnskabelige revolutioner”, er måske mere tvivlsomme ...).

I de senere år er der kommet en del litteratur om de enkelte fags videnskabsteori. Det skyldes, at videnskabsteori er blevet et obligatorisk fag på universiteterne (se f.eks. Andersen, Emmeche, Norup & Sandøe, 2006, om biologi; Hansen & Simonsen, 2004, om geografi; Kragh, 2004, om fysik, kemi og geologi). Ligesom Sjøberg går Andersen et al. (2006) forsigtigt til værks og vælger at fremhæve seks *dyder* i videnskabens søgen efter viden. Dyderne kan opfattes som en slags karakteristik af den ideelle videnskab. De er: testbarhed, offentlighed, nytænkning, forklaringskraft, konsistens/sammenhæng og objektivitet. Dyden ”testbarhed” kan opfattes som en svagere version af Poppers falsificerbarhed. Indholdet i de andre dyder kan vi ikke komme ind på her. Igen, man kan selv læse mere.

## **Naturfag er forskellige – naturfagslærere og naturfagsundervisning også**

Vi har efterhånden fået tegnet et billede af NOS. For nogle naturfagslærere vil det givetvis være en overraskelse, at det ikke er så klart, som man kunne drømme om. Her kunne man henvise til engelske undersøgelser, der har vist, at naturfagslærere i en vis udstrækning er bærere af et positivistisk videnskabssyn (Ratcliffe & Reiss, 2006), selv om vi har set, at positivismen ikke er en gangbar videnskabsteori. At det forholder sig sådan, viser netop, hvor vigtigt det er at have en reflekteret holdning til sit fag.

Jeg vil nu vende tilbage til en pointe, jeg nævnte i begyndelsen, og som en naturfagslærer bør være opmærksom på: At videnskab er mange ting, gælder også internt i naturvidenskaben. Fysik, kemi, biologi og geografi beskæftiger sig ikke kun med forskellige dele af verden (med overlap), de opererer også under forskellige vilkår og med forskellige mål.

For at se dette kan vi rette blikket mod den tyske filosof Wilhelm Windelband (1848-1915). Han indførte i slutningen af 1800-tallet en distinktion mellem *nomotetiske* og *idiografiske* videnskaber. Nomotetiske videnskaber er ude på at opstille almene *love* om verden. Paradeeksemplet på en nomotetisk videnskab er fysik. Idiografiske videnskaber derimod beskriver *enkelttilfælde*, hvorom der ikke kan generaliseres. Det klassiske eksempel på en idiografisk videnskab er historie (som hører hjemme i de humanistiske videnskaber). Historien har kun haft ét forløb, som det er faget histories opgave at beskrive og forstå.

Mange naturfagsfolk har ment, at det er naturvidenskabens opgave at opstille love for naturen, at den altså er nomotetisk. Det er imidlertid misvisende. I geografi og biologi (og også visse grene af de andre naturfag, f.eks. i astronomi) benytter vi os rigtig nok af naturlovene, når vi studerer verden. Men meget ofte er vi ikke selv ude på at opstille love. I mange tilfælde studerer vi noget, som kun optræder én gang, og som vi ønsker at beskrive og forklare. Det er nemt at finde eksempler: Det er en helt legitim forskningsopgave at forsøge at finde ud af, hvad der skete i Danmark under sidste istid. Vi kan generalisere om gletsjerfremrykninger og -tilbagesmeltninger i almindelighed, men vi hverken kan eller vil generalisere om lige præcis sidste istid. Det samme gælder for biologis vedkommende, f.eks. ved udviklingen af en sø. Forskningen benytter sig her af generelle sammenhænge i naturen (effekten af lys, næringsstoffer etc.), men målet er ikke at opstille love, men at forklare netop denne søs økologi hvert enkelt år.

Konklusionen er klar: Geografi og biologi er langt hen ad vejen idiografiske videnskaber. Det kommer også til udtryk i metodikken. I fysik kan man i mange tilfælde gentage et forsøg. Det er muligt at genskabe en forsøgsopstilling i et laboratorium og gentage sine målinger (også i folkeskolen). Faktisk vil man kunne støde på den opfattelse, at det at kunne gentage et forsøg er selve essensen af naturvidenskab. Det kan imidlertid ikke lade sig gøre, hvis man er ude på at kortlægge et tidsmæssigt forløb som en istid eller udviklingen i en sø. Prøver taget ude i naturen kan i sagens natur kun tages én gang, hvilket netop afspejler det idiografiske.

Denne forskel mellem fagene har også betydning for naturfagsundervisningen. Det gælder i udpræget grad, hvis man benytter sig af en undersøgende tilgang som f.eks. IBSE (Inquiry Based Science Education, se f.eks. Østergaard, Sillasen, Hagelskær & Bavnhøj, 2010; Kruse, 2013). En didaktisk metode er ganske vist noget andet end en videnskabelig praksis, men fælles for dem er her, at man er ude i et undersøgende ærinde. I en undervisningssituation må man stille sig spørgsmålet, hvad målet med undervisningen egentlig er. Er det at afdække en lovmæssighed? Eller er det at beskrive og forklare noget enkeltstående? Og hvis man sætter eleverne til at formulere og teste hypoteser, hvilken slags hypoteser er der tale om? Er det en hypotese, der udtrykker en lovmæssighed ("metaller udvider sig ved opvarmning"), eller er det en hypotese, der kun gælder i et enkelttilfælde ("under forrige istid dækkede gletsjerne hele Danmark")?

Disse forskelle mellem fagene er et grundvilkår ved dem. De skyldes ikke, at nogle er mere videnskabelige end andre, men at de har forskellige muligheder og mål. Det kan være en vigtig indsigt for en naturfagslærer.

## Faldgruber. Misforståelser om naturvidenskab

Som jeg skrev i indledningen, hævder jeg i denne artikel, at en lærer i folkeskolen på en række områder bliver en bedre lærer af at kende til NOS: Man får et mere reflekteret forhold til sit fag, man undgår at misrepræsentere sit fag, og man får øjnene op for forskellene mellem de enkelte naturfag. Alt sammen af betydning for den undervisning, man står for. Jeg vil slutte med at nævne et par af de faldgruber, man som naturfagslærer kan falde i.

- *Nøgne data findes ikke.* Det er allerede nævnt et par gange. Vildfarelsen om nøgne data lever formentlig blandt naturfagslærere, selv om den døde med positivismen. Det rokker imidlertid ikke ved, at naturvidenskab uden empiri, det vil sige uden eksperimenter, målinger og observationer, er utænkelig.
- *Naturvidenskab kan ikke bevise noget.* Selv om man ofte støder på udsagn af typen "videnskaben har bevist, at ...", bygger det på en misforståelse. Videnskab kan ikke bevise noget. Et bevis er en logisk manøvre, som hører hjemme i matematikken og logikken og ikke i empirisk videnskab. Hævder man, at noget er videnskabeligt bevist, gør man sig unødigt sårbar, fordi en modstander vil kunne pille i ens "bevisførelse". Man må nøjes med at sige, at der er særdeles gode grunde til at mene, at noget forholder sig, som videnskaben siger. Videnskabens styrke i forhold til ikke-videnskabelige udsagn er blandt andet, at dens teorier er grundigt afprøvet i test.
- *Nogle gange må man nøjes med at påpege, at noget ikke er videnskab.* Det kan måske være skuffende, men møder man en påstand, der er i modstrid med videnskaben, kan man nogle gange ikke gøre andet end at påpege, at den ikke er videnskabelig. Det gælder f.eks. "teorien" om "intelligent design". Det er en påstand om, at fordi naturen er så komplekst indrettet, må der stå en intelligent designer bag dens tilblivelse (gud). Den teori kan ikke understøttes af empiriske test (Popper ville sige, at den ikke er falsificerbar). At påvise påstandens uvidenskabelighed er imidlertid *langtfra* det samme som at sige, at den er lige så god som evolutionsteorien (som den påstås at konkurrere med). Evolutionsteorien er netop underbygget af et bjerg af empiriske data og derfor en særdeles velunderbygget, videnskabelig teori.
- *Naturvidenskab kan ikke forklare alt.* Det burde være indlysende. Ikke desto mindre er det et stort og vanskeligt spørgsmål, hvilke dele af verden naturvidenskaben rent faktisk kan sige noget om. Nogle videnskabsfolk vil strække de naturvidenskabelige forklaringer meget langt. Visse fysikere har f.eks. ment, at fysik principielt kan forklare alt. Visse biologer har ment, at al dyre- og menneskeadfærd kan forklares ud fra bestemte teorier om videreførelse af gener. Disse positioner er udtryk for stærk reduktionisme og er næppe holdbare. Med deres forsimplinger af verden stiller de

naturvidenskaben i et uheldigt lys og gør den igen sårbar over for alternative, modstridende opfattelser.

## Litteratur

- Andersen, H., Emmeche, C., Norup, M. & Sandøe, P. (2006). *Videnskabsteori for de biologiske fag* (1. udg.). Frederiksberg: Biofolia.
- Akademiet for de Tekniske Videnskabers tænketank (2010). *Visioner for den tekniske og naturfaglige undervisning i skolen*. Lyngby: Akademiet for de Tekniske Videnskaber. ([www.atv.dk/publikationer/rapporter?download=45](http://www.atv.dk/publikationer/rapporter?download=45))
- Chalmers, A.F. (1998). *Hvad er videnskab?* (1. udg.). København: Gyldendal.
- Collin, F. (2003). *Konstruktivisme* (1. udg.). Frederiksberg: Roskilde Universitetsforlag.
- Hansen, F. & Simonsen, K. (2004). *Geografiens videnskabsteori* (1. udg.). Frederiksberg: Roskilde Universitetsforlag.
- Kragh, H. (2004). *Naturerkendelse og videnskabsteori. De uorganiske videnskabers filosofi og historie* (1. udg.). Aarhus: Aarhus Universitetsforlag.
- Kruse, S. (2013). Hvor effektive er undersøgelsesbaserede strategier i naturfagsundervisningen? *MONA*, 2, s. 24-47.
- Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions* (2. ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelser (2013). *Bekendtgørelse om uddannelsen til professionsbachelor som lærer i folkeskolen*. København: Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående Uddannelser. (<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=145748>)
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: Nuffield Foundation.
- Popper, K.R. (1996). *Kritisk rationalisme*. København: Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck.
- Ratcliffe, M. & Reiss, M. (2006). Værdier og etik i naturfaglig undervisning. *MONA*, 4, s. 56-65. ([http://www.ind.ku.dk/mona/2005-2006/MONA-2006-4-V\\_rdierOgEtikINaturfagligUndervisning.pdf/](http://www.ind.ku.dk/mona/2005-2006/MONA-2006-4-V_rdierOgEtikINaturfagligUndervisning.pdf/))
- Sjøberg, S. (2009). Videnskabsteori – noget for skolens naturfag? I S. Tougaard & L.H. Kofod (red.) *Metoder i naturfag – en antologi* (1. udgave). Hellerup: Experimentarium. ([http://www.metodelab.dk/fileadmin/pdf/kap2\\_.pdf](http://www.metodelab.dk/fileadmin/pdf/kap2_.pdf))
- Undervisningsministeriet (2009a). *Fælles Mål 2009 – Biologi. Undervisningsministeriets håndbogsserie nr. 17 – 2009*. København: Undervisningsministeriet.

<http://www.uvm.dk/Service/Publikationer/Publikationer/Folkeskolen/2009/Faelles-Maal-2009-Biologi>)

- Undervisningsministeriet (2009b). *Fælles Mål 2009 – Fysik/kemi. Undervisningsministeriets håndbogsserie nr. 18 – 2009*. København: Undervisningsministeriet.  
<http://www.uvm.dk/Service/Publikationer/Publikationer/Folkeskolen/2009/Faelles-Maal-2009-Fysik-Kemi>)
- Undervisningsministeriet (2009c). *Fælles Mål 2009 – Geografi. Undervisningsministeriets håndbogsserie nr. 16 – 2009*. København: Undervisningsministeriet.  
<http://www.uvm.dk/Service/Publikationer/Publikationer/Folkeskolen/2009/Faelles-Maal-2009-Geografi>)
- Undervisningsministeriet (2009d). *Fælles Mål 2009 – Natur/teknik. Undervisningsministeriets håndbogsserie nr. 15 – 2009*. København: Undervisningsministeriet.  
<http://www.uvm.dk/Service/Publikationer/Publikationer/Folkeskolen/2009/Faelles-Maal-2009-Natur-teknik>)
- Østergaard, L.D., Sillasen, M., Hagelskær, J. & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education – har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *MONA*, 4, s. 25-43.



## Diskussions- og refleksionsspørgsmål

Hvilke dele af den naturvidenskabelige proces skal eleverne i folkeskolen lære om? Hvorfor? Hvordan kan man i naturfagsundervisningen arbejde med disse læringsmål?

Hvordan skal en lærer forholde sig til religiøse opfattelser hos elever og forældre, der er i modstrid med naturvidenskabens erkendelser?

Giv eksempler på målinger/observationer ("data"). Prøv derefter at vise, at disse observationer/målinger ikke er "nøgne", men at de er formede af vores teorier (jf. eksemplet i teksten med botanikeren) eller måske endda af vores hjerner eller kultur.

Hvad er en hypotese? Giv eksempler på falsificerbare og ikke-falsificerbare hypoteser. Hvad ville Popper kalde de sidstnævnte? Giv eksempler på hypoteser, som elever kan teste i folkeskolen, både hypoteser, der udtrykker en lovmæssighed, og hypoteser, der siger noget om enkelttilfælde.

Diskuter følgende udsagn: "Visse dele af geografi og biologi er ikke nomotetiske, derfor hører de ikke hjemme i naturvidenskaben."