

Forskningsprocessen

Af Finn Collin

Professor i filosofi

Institut for medier, erkendelse og formidling

Københavns Universitet

collin@hum.ku.dk

Det sjove ved forskning er at beskæftige sig med noget man synes er spændende, og føle at man på egen hånd finder ud af noget nyt. Processen er i udgangspunktet grundlæggende drevet af nysgerrigheden, lysten til at se hvad der er rundt om det næste hjørne. Men ikke al beskæftigelse med et emne kan med rette beskrives som forskning. Det afgørende, som adskiller forskning fra andre måder at være optaget af tingene på, er at man prøver at finde svar på spørgsmål som der hidtil ikke er fundet (gode nok) svar på - og vise hvorfor de svar man selv finder, er bedre end alternativerne.

Al forskning starter med et spørgsmål, eller et *problem*. Det kan være et praktisk problem, f.eks. hvordan man bedst kan behandle brandsår, hvordan man forbedrer ordblinde personers læsefærdighed, eller hvordan man kan udnytte verdens eksisterende olieforekomster på en mere effektiv måde. Forskning kan også starte med et rent "nysgerrigheds-problem", som når man f.eks prøver at finde ud af, hvorfor månen ser større ud når den står lavt over horisonten, eller hvordan regnbuer opstår.

Forskning kan også tage sit udgangspunkt i *teoretiske* problemer, dvs. problemer som opstår inden for den videnskabelige viden vi allerede har. Sådanne problemer opstår fordi videnskabelige teorier aldrig er komplette, de peger typisk på nye problemer samtidig med at de løser dem de oprindeligt blev udviklet for at løse. Undertiden er der åbenlyse huller i teorierne, som forskerne så kappes om at komme først med at fylde ud. For eksempel var der et "hul" i den Darwinistiske teori om menneskets oprindelse fra aberne, fordi man aldrig havde fundet fossiler af væsener der lå midt imellem abe og menneske, de såkaldte "missing links". Dette gik forskerne på jagt efter, og som bekendt lykkedes jagten: Man har man i løbet af det 20. århundrede fundet adskillige sådanne "missing links" i Afrika, fossiler af væsener der repræsenterer mange forskellige mellemformer imellem abe og menneske.

Det meste videnskabelig forskning, og især den der er på forskningens frontlinje, er typisk drevet af sine egne teoretiske problemstillinger. De praktiske problemer, der måske i sin tid startede den pågældende videnskabelige disciplin, er ikke længere den drivende kraft i forskningen. Det betyder dog ikke, at disse praktiske interesser ikke længere spiller en rolle i videnskaben. Hvordan de gør dette tages op igen nedenfor.

Når forskeren har besluttet hvilket problem der særligt interesserer ham eller hende, er den næste opgave at udvikle en *hypotese*, som måske kan løse problemet. Der findes ingen systematisk måde hvorpå man kan udvikle hypoteser, det afhænger til syvende og sidst af forskerens fantasi og kreativitet. Især findes der ingen systematisk metode til at udvikle *sande* eller blot *sandsynlige*

hypoteser; hvorvidt en videnskabelig hypotese er sandsynlig viser sig først ved den kritiske afprøvning, som man underkaster den efter at den er blevet fremsat.

Dette betyder selvfølgelig ikke, at der ikke kan gives gode råd og tommelfingerregler mht. hvordan man opstiller hypoteser. Da så meget af videnskaben er drevet af teorier - dvs. hypoteser som vi nu accepterer som sande og som etableret viden - siger et nyttigt råd f.eks., at man må kende til de eksisterende teorier inden for feltet, og til de tidligere løsningsforsøg. Ellers kan man næppe forstå problemstillingen overhovedet, og endnu mindre yde værdifulde bidrag til dens løsning.

Under alle omstændigheder kan man ikke løse videnskabelige problemer uden at have en hypotese, f.eks. ved blot at lave "observationer", uanset hvor omhyggeligt man gør dette. For verden rummer en uoverskuelig mængde af "data", og den, som bare går ud og "observerer" verden, vil drukne i denne mængde af uorganiserede data. Det er kun i lyset af en hypotese - dvs. en antagelse om, hvordan tingene muligvis kunne hænge sammen - at man overhovedet kan lave videnskabeligt meningsfulde observationer. Et eksempel: i 1820 bemærkede astronomer, at de tabeller over planeten Uranus' bane igennem de foregående årtier, som man havde opstillet på dette tidspunkt, ikke stemte med de teoretiske beregninger på basis af Newtons love. Det blev allerede i 1830'erne foreslået, at dette kunne skyldes tyndepåvirkning fra en hidtil uopdaget planet uden for Uranus' bane. Den franske astronom Leverrier foretog i 1845-46 beregninger over, hvor denne hypotetiske planet måtte befinde sig for at give den observerede effekt. Resultatet meddelte han bl.a. til den tyske astronom Galle i Berlin, der rettede sit teleskop mod det pågældende sted på nattehimmelen og med det samme kunne konstatere en svag "stjerne", der bevægede sig i forhold til de omgivende stjerner; det var mao. en planet, hidtil ukendt, der fik navnet Neptun. Denne observation ville givetvis ikke være gjort hvis der ikke forelå en hypotese om, at der muligvis fandtes en planet netop her. For selv om en astronom ved et tilfælde skulle have fanget denne "stjerne" i sit teleskop, ville han næppe have gjort særligt meget ud af denne iagttagelse af endnu en stjerne blandt nattehimmelens myriader af (dengang ikke systematisk registrerede) stjerner; især ville han ikke være vendt tilbage til det samme sted på himmelen næste nat, som Galle gjorde, og konstatere at "stjernen" havde flyttet sig i forhold til de omkringliggende stjerner. Hypoteser fortæller os med andre ord, hvilke af de uendelig mange foreliggende data, der kunne være relevante for vores forsøg på at forstå verden videnskabeligt. Hypoteser er redskaber til at lave relevante observationer, i lige så høj grad som kikkerter og mikroskoper er det.

For at understrege dette, taler man ofte om "arbejdshypoteser", som styrer og strukturerer forskningsarbejdet. Men i en vis forstand er alle hypoteser "arbejdshypoteser", fordi de vedbliver med at være arbejdsredskaber som vi bruger til at iagttage virkeligheden på en systematisk måde, selv når vi er blevet overbeviste om deres holdbarhed og derfor ikke længere opfatter dem som *blotte* hypoteser, men som etablerede videnskabelige *teorier*.

Når man har opstillet sin (arbejds-)hypotese, er det næste skridt at afprøve denne. Det gør man typisk ved at udlede videre konsekvenser af hypotesen, som man så tester empirisk, dvs. man sammenholder konsekvenserne med virkeligheden for

at se om de to stemmer overens. Ofte er der imidlertid en forberedende proces som må til, for at man kan foretage en sådan sammenligning. Som regel følger der nemlig ikke umiddelbart empiriske konsekvenser af en (arbejds-)hypotese. Det skyldes at en hypotese ofte er så vag og ubestemt, at der ikke følger noget som helst fra den. Derfor er det første skridt at gøre hypotesen eksakt og entydig. Man kalder dette at "operationalisere" hypotesen. Men selv når dette er gennemført, skal hypotesen som regel kombineres med yderligere informationer, før der følger konsekvenser af den. Der følger f.eks. intet alene ud fra Newtons love om, hvordan solsystemets planeter bevæger sig. For at kunne udregne dette skal man bl.a. vide, hvor store solens og planeternes masser er, og hvad deres positioner og hastigheder er på et bestemt tidspunkt.

De data man holder sin hypotese op imod kan være af mange arter og kan indhentes på mange måder, og de varierer stærkt i forhold til problemstillingen og i forhold til det videnskabsområde, det drejer sig om. I naturvidenskaben og lægevidenskaben er data ofte *eksperimentelle*. Eksperimenter består i en aktiv indgriben i virkeligheden for at afsløre, hvordan den opfører sig under betingelser som ikke foreligger i naturen, men som forskerne frembringer og dermed har fuld kontrol over. Men i mange videnskabsgrene er sådanne indgreb ikke mulige, af praktiske og etiske grunde, især når de involverer mennesker. I så tilfælde må man ty til *observation* af processer, som udspiller sig uden menneskelig indgriben. I de humanistiske og samfundsvidenskabelige discipliner suppleres observation tillige med interviews og spørgeskemaundersøgelser. I de humanistiske discipliner består megen dataindsamling derudover i tekstlæsning, eftersporning af materiale i arkiver, etc.

Hvis observationerne strider imod det vi havde udledt af hypotesen, betragter vi denne som falsificeret. Hvis observationerne derimod stemmer overens med hypotesen, betragter vi den som underbygget - idet vi dog er opmærksomme på, at den kan blive falsificeret ved det næste forsøg. Forkastelsen af en gendrevet teori behøver i øvrigt ikke at være total, ofte nøjes man med at lave mindre modifikationer, så den falske konsekvens undgås. Denne strategi anvendes især hvis en teori i øvrigt har mange og tungtvejende observationer der taler til fordel for den.

I videnskaberne er der ofte flere forskellige konkurrerende hypoteser på spil, som alle er blevet udviklet for at løse et og det samme problem. I denne situation er det forskernes opgave at identificere den bedste af hypoteserne. Blandt de kriterier som man lægger til grund for dette valg er sådanne egenskaber som *simpelhed* og *frugtbarhed*: Man foretrækker alt andet lige en teori, der er simpel i sine teoretiske antagelser, fremfor en mere kompliceret. Og man foretrækker en teori, der er frugtbar i den forstand, at den peger på videre perspektiver der kan undersøges, yderligere eksperimenter der kan foretages, etc. Endelig lægger man vægt på, hvor strengt en teori er blevet testet: Ligesom man har mere tillid til en maskine, der er blevet testet lige til grænsen for sin ydeevne, har man mere tillid til en hypotese, der er testet omfattende og dybtgående, dvs. er blevet testet på en måde, hvor man aktivt har forsøgt at finde dens eventuelle svage punkter.

Den analyse af videnskabsprocessen, som er fremlagt overfor, kaldes gerne for den "hypotetisk-deduktive metode". Den understreger, at videnskabelig

erkendelse ikke kan opnås ved blot passiv iagttagelse af virkeligheden, men i stedet er en aktiv proces. Processen består i, at man udkaster hypoteser, dernæst udleder (deducerer) konsekvenser af dem, og sluttelig vurderer hypotesernes sandhedsværdi ud fra overensstemmelsen, eller mangel på samme, med data. Typisk vil der ikke være fuld overensstemmelse imellem hypotese og empiri, og man modificerer så hypotesen og tester den reviderede teori. Eller måske peger hypotesen på yderligere (teoretiske) problemer, som man så udvikler supplerende hypoteser for at løse. I begge tilfælde fortsætter den hypotetisk-deduktive proces som ovenfor beskrevet.

Vi kan sammenfatte sagen i følgende diagram af den videnskabelige proces ifølge den hypotetisk-deduktive analyse:

(Praktisk) problem → opstilling af hypotese → operationalisering af hypotese og valg af testmetode → testning af hypotese (evt. sammenlignende testning af flere hypoteser) → accept af hypotese, evt. med modifikationer, eller forkastelse af hypotese → udledning af nye (teoretiske) problemer af hypotesen → udvikling af ny hypotese til løsning af nye (teoretiske) problemer → testning af ny hypotese etc.

Der kan siges lidt mere om forholdet imellem en hypotese og de (teoretiske) problemer, som den løser. Forholdet består i, at hypotesen *forklarer*, hvorfor virkeligheden forholder sig som den gør på det pågældende punkt. At forklare et givet fænomen ud fra en hypotese består i at udlede en beskrivelse af fænomenet fra teorien, i kombination med konkrete beskrivelser af situationen. For eksempel: En forklaring på hvorfor tidevand opstår, ville bestå i at vise, at forekomsten af tidevand, tidevandets højde, tidspunkterne for højvande etc. kunne udledes af og forklares ud fra den hypotese, at månens tyngdekraft "trækker" i vandet i verdenshavene, og derved skaber en lokal forhøjelse af vandstanden der er knyttet til månens bevægelse - når hypotesen kombineres med oplysninger om kystens form, den lokale vanddybde, etc.

Strukturen af videnskabelig viden er således denne: Videnskaben (eller rettere den enkelte videnskabelige disciplin) rummer *teorier* (som er hypoteser der er bekræftet ved testninger, og som vi betragter som velbegrundede). Den rummer dertil en sum af data, som kan forklares ud fra disse teorier. Og endelig rummer den typisk et katalog af problemer, som endnu ikke er løst, men som man søger at løse ved at videreudvikle teorierne, eller evt. ved at finde på helt nye hypoteser.

Teorier kan være af mange forskellige typer, og ligge på vidt forskellige abstraktionsniveauer. De klassiske naturvidenskabelige teorier, som kendes fra fysikken, er uhyre abstrakte, de omhandler størrelser (såsom quarker, superstrengte, "sorte huller", etc.) som ligger meget fjernt fra dagligdags erfaring. De er tillige helt generelle, idet de i princippet omfatter størrelser der kan forekomme overalt i universet, og til alle tider. Andre, lige så betydningsfulde, teorier er mindre abstrakte og generelle, det gælder f.eks. Darwins evolutionsteori, der handler om et bestemt udviklingsforløb på et bestemt sted, nemlig de levende væseners udviklingshistorie på jorden. Teorier inden for samfundsvidenskab og humaniora er ofte endnu mere tids- og stedsbundne, de

kan f.eks. handle om udviklingen af industrialismen i Europa i 1700-tallet, eller om kønsforskelle i dansk talesprog i 1970'erne.

Som tidligere nævnt er den videnskabelige forskning især bestemt af teoretiske problemstillinger og ikke af praktiske, i hvert fald i de etablerede videnskabelige discipliner. Dette betyder imidlertid ikke, at det praktiske aspekt af videnskaben er faldet bort. Det typiske forløb i videnskaben er, at resultater, der er opnået i den teoretiske grundforskning, langsomt siver op igennem de forskellige lag af erkendelse, der følger af de teoretiske indsigter, og til sidst kommer i berøring med helt dagligdags, praktiske problemstillinger. Man taler her om *anvendt* videnskab. Teoretiske indsigter i cellers stofskifte leder f.eks. til metoder til at hæmme bakteriers stofskifte, og til syvende og sidst til lægemidler der kan bekæmpe de store folkesygdomme. Atter andre videnskabelige resultater har ikke løst eksisterende praktiske problemer for menneskeheden, men har radikalt udvidet vores livs- og handlemuligheder. Videnskabelige fremskridt inden for elektrodynamikken har f.eks. muliggjort produkter som radio, fjernsyn, telefon, computere osv. som spiller en enorm rolle i det moderne menneskes hverdag.

Videnskaben er essentielt en *kollektiv* proces. Det er afgørende for lodig videnskab, at den enkelte forskers resultater kan efterprøves af andre, herunder at videnskabelige eksperimenter kan gentages af andre forskere med samme resultat. Videnskabelige data skal fremlægges åbent for det videnskabelige samfund, således at eventuelle fejl i data og svagheder i metode og hypotesekonstruktion kan afsløres. Lødheden af videnskabelig resultater afhænger af, at forskeren kan overbevise sine fagfæller om at resultatet er korrekt.

Forskning er også en kollektiv proces i den forstand, at det til syvende og sidst ikke så meget er den enkelte forsker, der vælger sit forskningsemne, som det er forskerfællesskabet, der gør det. De fleste forskningsspørgsmål kræver et team af forskere hvis man skal komme nogen vegne med dem, og derfor må den enkelte forsker knytte sig til et sådant fællesskab. I det mindste må han eller hun finde fagkyndige kolleger, som de kan diskutere deres resultater med, og som kan vejlede dem mens de endnu er unge, spirende forskertalenter.

Den sidstnævnte betragtning peger på det forhold, at forskning ikke bare er et spørgsmål om at forfølge en privat interesse. Forskning er tillige et arbejde og en karrierevej, og videnskab er tilsvarende også en økonomisk aktivitet og en vigtig del af samfundets værdiskabelse. Dette er en væsentlig grund til, at samfundet finansierer forskning på universiteter og andre offentlige institutioner, og til at private virksomheder investerer massivt i forskning, både grundforskning og anvendt forskning. Forskningsviden spiller en afgørende rolle i den fremtidige "vidensøkonomi". Derfor er den unge forskers fremtid ikke bare bestemt af hans eller hendes videnskabelige talent, men også af den politik, som offentlige myndigheder og private virksomheder anlægger mht. forskningens rolle i samfundet, mht. hvad der skal forskes i, og mht. hvor mange ressourcer de vil afsætte til dette formål.