

# Induktive forsøg stimulerer naturfagsundervisningen



Kurt Møller Pedersen, Institut for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet

*Kommentar til artiklen "Ude i verden har man heller ikke en brugsanvisning" i MONA, 2009(2).*

Det var en meget spændende oplevelse at læse artiklen "Ude i verden har man heller ikke en brugsanvisning" – erfaringer fra et eksperimentelt laboratorieforsøg i fysik i gymnasiet" skrevet af Lene Møller Madsen, Christine Holm og Lasse Seidelin Bendtsen i *Mona*, 2009(2), på baggrund af et såkaldt induktivt forsøg med en 2. g-klasse på Rysensteen Gymnasium. Jeg har kun for meget længe siden i en kortvarig periode undervist i gymnasiet som vikar og har derfor slet ingen praktisk erfaring med tilrettelæggelse af en moderne undervisning i gymnasiet, men jeg har undervist i mange år i videnskabsteori på universiteter for kommende gymnasielærere, og det er derfor interessant at se hvorledes videnskabsteoretiske overvejelser kan bringes i spil ved forsøg i gymnasiet.

Det eksperimentelle fysikforløb omfattede 6 moduler a 1½ time, og i artiklen følger vi fire elever der valgte at undersøge bungeejump og faldskærmsudspring. Det drejer sig for eleverne om at forklare fænomener der sikkert var velkendte for dem. Naturvidenskab drejer sig om at give en forklaring på fænomener der finder sted i verden omkring os, eller rettere: at give et svar på spørgsmål i forbindelse med et fænomen. I eksemplet fra Rysensteen Gymnasium er spørgsmålet: Hvorfor accelererer faldskærmsudspringeren ikke som en anden frit faldende sten, men får efter kort tid en konstant fart der gør at hun/han rammer jordoverfladen med en så tilpas lav hastighed at hun/han ikke går i stykker, men kan rejse sig og leve videre. Naturvidenskabsfolk har gennem årtusinder søgt at give forklaringer på spørgsmål der stilles til fænomener i naturen.

Lad mig give et eksempel. I oldtiden og middelalderen var astronomer af den opfattelse at planeterne bevægede sig med konstant fart på cirkler. I begyndelse af det 17. århundrede konstaterede Johannes Kepler at planeterne bevægede sig på ellipser. Hvorfor gjorde de nu det? Isaac Newton gav i 1687 svaret: Ellipsebanerne kunne deduceres ud fra den generelle massetiltrækningslov og nogle enkelte andre antagelser. Schematisk ser det således ud:



Der er således tale om at forklare fænomenet ved en deduktion fra generelle love. Denne deduktive tilgang til viden kan bruges også i den elementære undervisning. Det betyder at læreren fremlægger de grundlæggende lovmæssigheder, og eleverne skal så ud fra begyndelsesbetingelserne slutte sig til (deducere sig frem til) viden om fænomenet: Ud fra massetiltrækningsloven og det faktum at en sten befinder sig 10 meter over jordoverfladen, skal man beregne (deducere sig frem til) hvor lang tid der går inden stenen rammer jordoverfladen. Hvad lærer eleven her? Er det interessant? Er det nyttigt? Er det almindende? Professor Sløk sagde engang til mig at den slags problemer og arbejdet med at finde en løsning da måtte kunne afholde enhver fra at interessere sig for naturvidenskab. Lad os vende tilbage til det deduktive element i naturvidenskaberne senere.

Vi vender os nu mod undervisningsforløbet på Rysensteen Gymnasium. Et mål var at udvikle elevernes eksperimentelle kompetencer, og en forudsætning herfor var at *“give dem en forståelse for [Jeg tror forfatteren mener “af” i stedet for “for”] naturvidenskabelig metode og gøre dem i stand til at sætte ord på hvad de overordnet gør når de laver forsøg”*. Der var således tale om at eleverne skulle inddrage videnskabsteori. Undervisningen lagde vægt på de videnskabsteoretiske elementer der hedder den hypotetisk-deduktive metode og den induktive metode. Læreren havde udarbejdet et grundlag for en videnskabsteoretisk indsigt, nemlig *“Den naturvidenskabelige trekant”*. Her er den generelle naturvidenskabelige lov eller teori anbragt foroven, og det konkrete (forudsigelse, forsøg og observation, databehandling) forned, på trekantens grundlinje.

Trekanten er en velkendt illustration af vekselspillet mellem de tre grundpiller i videnskabsteorien: eksperiment/observation, teori/hypotese og forudsigelse. Her kommer også de to slutningsmåder i spil. Fra eksperiment/observation, dvs. fra det konkrete, slutter man induktivt til det generelle, dvs. en hypotese eller teori der testes ved at man deducerer dens konsekvenser og undersøger om de passer med virkeligheden. Både induktion og deduktion er i spil, og jeg synes at lærerens beskrivelser

er enkle og på et passende niveau for studerende i gymnasiet. Der er dog et enkelt synspunkt i lærerens beskrivelse af trekanten der springer i øjnene: *“Man tager udgangspunkt i en teori [hypotese] og afprøver den med en række forsøg. Hvis forsøgene stemmer overens med teorien[s forudsigelser], styrker det troen på at teorien er rigtig, og man siger at teorien er blevet verificeret.”* Det sidste begreb, verificere, var noget de logiske positivister fandt på i begyndelsen af forrige århundrede.

Under referencer sidst i artiklen henviser forfatterne til Carl Winsløws *Didaktiske elementer* hvor der findes et kapitel om “Videnskabsteoretiske forudsætninger” for matematikkens og naturfagernes didaktik. Winsløw gennemgår her vigtige videnskabsteoretiske positioner, specielt Poppers falsifikationisme, Lakatos’ forskningsprogrammer og Kuhns normalvidenskab. Jeg er helt sikker på at det vil være en alt for stor mundfuld at medtage disse positioner som grundlag for et induktivt undervisningsforsøg i gymnasiet. Men nogle enkelte markante resultater af moderne videnskabsteori kunne man vel nok medtage. Hvis forsøgene stemmer overens med teoriens forudsigelser, styrker det troen på teorien, men det verificerer ikke teorien i den forstand at det gør den sand. Popper sagde at teorien hermed var befæstet [corroboreret]. Men der er stadigvæk en vis risiko for at den er forkert!

Er det en pointe det er vigtigt at inddrage i en gymnasial undervisning?

Det har jeg ikke selv erfaringer med, men Winsløw medtager den som et vigtigt videnskabsteoretisk synspunkt som kan finde anvendelse i uddannelse af lærere til såvel grundskoleniveau som gymnasium, så hvorfor ikke også inddrage det i gymnasieundervisningen? Hans konklusion af moderne videnskabsteoretisk forskning er hentet fra Popper, Lakatos og Kuhn: Vi må opgive troen på at respekten for visse grundlæggende videnskabelige principper kan føre til *absolut sandhed*. Bestræbelserne går ud på at opnå størst mulig indsigt. En af grundene til at vi må opgive sandheden, er at den induktive slutning er ugyldig. Vi kan ikke med sikkerhed slutte fra det partikulære til det generelle, fra udfaldet af et enkelt eksperiment til at det samme udfald finder sted til alle tider og alle steder. Vi kan kun nå frem til at befæste en hypotese der kan opfattes som en teori som indtil den eventuelt falsificeres, kan danne et uproblematisk grundlag for videre undersøgelser.

Det er klart at denne pointe ikke bør fylde meget i de studerendes induktive arbejde med et forsøg eller eksperiment, men det kan måske danne udgangspunkt for en tværfaglig undervisning hvor den naturvidenskabelige aktivitet sammenlignes med humanistiske eller fortolkningsmæssige undervisningsforløb. Den naturvidenskabelige aktivitet kræver fantasi, også når man vil finde en teori der forklarer et fænomen. Jeg er ikke lærer i gymnasiet, så jeg skal helt bestemt afholde mig fra at komme med konkrete forslag, men blot hermed antyde at arbejdet med forholdet mellem eksperiment, teori og forudsigelser er at nå frem til at formulere en indsigt og forståelse af et fænomen, og at der dermed er tale om meget mere end blot at aflæse data. At opstille

en hypotese på grundlag af eksperimentelle resultater involverer altid en fortolkning af resultaterne.

Karl Popper indledte engang en forelæsning for en forsamling af unge studerende med følgende anvisning: *“Tag blyant og papir; iagttag omhyggeligt, og skriv ned hvad I har iagttaget!”* De spurgte selvfølgelig hvad Popper ville have de skulle iagttage. *“Det er klart at beskeden “Iagttag” er absurd. [...] Iagttagelse er altid selektiv. Den behøver et udvalgt objekt, en bestemt opgave, en interesse, et synspunkt, et problem. Og beskrivelsen af den forudsætter et beskrivende sprog med ord for egenskaber; den forudsætter lighed og klassifikation som igen forudsætter interesser, synspunkter og problemer.”* Eller sagt på en anden måde: Enhver iagttagelse eller eksperiment er teoriladet.

Forsøg i gymnasiet er vigtige. De kan være lærerstyrede. Et induktivt forsøg – med vægt på induktivt – skal være et forsøg hvor eleverne føler sig alene på herrens mark. Her er vi vel ved kernen af det induktive forsøg, og det viser sig tydeligt på Rysensteen Gymnasium. Gruppen har en masse måleudstyr til rådighed, blandt andet afstandsmålere, kraftplatform eller kraftmålere, accelerationsmålere, videokamera og trykmålere. Men hvad skal de måle? Gruppen er hurtigt klar over at man kun kan forklare det fænomen at faldskærmsudspringeren ikke går i stykker, med den teori at udspringeren på kort tid får en passende, konstant fart. Den teori kan så testes. Gruppen vælger at finde en sammenhæng mellem den maksimale faldhastighed og luftmodstanden for papirkageforme der falder. Det er meget interessant i artiklen at følge gruppens diskussioner for at nå frem til den teori der skal testes, og de målinger der er relevante. På et tidspunkt i forløbet må læreren gribe ind *“fordi de teoretiske argumenter for udregningen af luftmodstanden ikke stod klart for eleverne”*, men især fordi de ikke anede hvad det hele gik ud på, og læreren udbryder: *“Ja, men hvad var jeres plan? Hvor vil I hen med jeres målinger? Hvad er ligesom planen med det hele?”* Her står vi ved de induktive forsøgs problemfyldte kerne, som netop påpeget af Popper: Man skal “ligesom” vide hvad planen er med det hele. Hvad er det man vil teste? Ingen test uden teori.

Er det en pointe det er værd at diskutere i en gymnasieklasse når den skal lave forsøg?

En tredje og sidste pointe handler om forklaringer i naturvidenskaberne. Hvad vil det sige at et fænomen er forklaret? Det kan der være mange bud på. Et er givet af den amerikanske videnskabsfilosof Carl Hempel. Han hævdede at en videnskabelig forklaring havde karakter af et argument hvor en række præmisser blev efterfulgt af en konklusion, sådan som vi så det med eksemplet på Newtons forklaring på at planeter bevæger sig i ellipsebaner. En af præmisserne skal altid, hævder Hempel, være en generel lov. I tilfældet med planetbevægelser er den generelle lov massetiltrækningsloven.

Eleverne på Rysensteen Gymnasium bruger deres eksperimentelle udstyr til at vise at kageformene når en maksimal fart. De har udstyr der let og overskueligt viser hvorledes farten ændrer sig. Det får forfatterne til at konkludere: *“I det store og hele viser undersøgelsen at i dette forløb har alle eleverne brugt LoggerPro kompetent og uden større vanskeligheder og med en god portion nysgerrighed og fascination over programmets muligheder. Den nemme adgang til grafer giver gode muligheder for at eleverne kan diskutere fysik med anvendelse af fysikfaglige og matematiske begreber.”*

Artiklen igennem får man prøver på de studerendes diskussionslyst, og gentagne gange vender de tilbage til at diskutere formålet med eksperimenterne og hvad det er de vil undersøge.

Kan eller skal man her hjælpe dem på vej ved at stille spørgsmålet om de har forklaret noget?

Det har de jo ifølge Hempel fordi de kan bruge den generelle lov at modstanden er proportional med kvadratet på hastigheden. Kan man nu forklare at det ikke er godt for ens helbred hvis man kaster sig ud fra stor højde alene med en udspændt paraply? Gælder loven også på Månen?

Jeg skal ikke reflektere over de mere didaktiske elementer i undersøgelsen selv om jeg med stor interesse har læst Hodsons oversatte artikel fra 1990 og den deraf følgende debat om eksperimenter og spildtid i undervisningen. Jeg har alene villet trække nogle videnskabssteoretiske pointer frem som muligvis kunne indgå i fysikundervisningen i gymnasiet. Det er meget opmuntrende at læse om fysikforsøget på Rysensteen Gymnasium, om elevernes optagethed af problemstillinger og deres leg med fysikbegreber og at videnskabssteoretiske overvejelser også indgår i lærerens vejledning. Hvis det fører til at eleverne, som på Rysensteen Gymnasium, ikke alene reflekterer over fysik, men også over hvad det egentlig er man gør når man laver forsøg, læser om love og forklarer, så har man fået liv i gymnasiets naturfagsundervisning.