

# “Ude i verden har man heller ikke en brugsanvisning” – erfaringer fra et eksperimentelt laboratorieforløb i fysik i gymnasiet



Lene Møller  
Madsen,  
Institut for  
Naturfagernes  
Didaktik



Christine Holm,  
Institut for  
Naturfagernes  
Didaktik



Lasse Seidelin  
Bendtsen,  
Rysensteen  
Gymnasium

**Abstract** I foråret 2008 gennemførte 2.x på Rysensteen Gymnasium et ugelangt eksperimentelt laboratorieforløb om mekanik. Som medlem af Danske Science Gymnasier – DASG – og deltager i DASG-projektet “Dataopsamling og Databehandling” har det været muligt for de deltagende lærere på Rysensteen at indkøbe forskelligt dataopsamlings- og databehandlingsudstyr til undervisningen i fysik. Det er elevernes anvendelse – og lærernes didaktiske overvejelser omkring anvendelsen – af dette udstyr der er omdrejningspunktet for denne artikel. Baseret på observationer, interviews og samtaler redegør artiklen for de undervisningsmæssige overvejelser før, under og efter det gennemførte undervisningsforløb. Samtidig gives der indsigt i hvordan eleverne anvender udstyret, og hvilke didaktiske udfordringer lærerne står over for i et eksperimentelt fysikforløb der skal øge elevernes naturfaglige kompetencer.

## Introduktion

I sidste nummer af MONA (2008(3)) er der en oversættelse af Derek Hodsons artikel fra 1990 om praktisk arbejde i naturfagene. Artiklen ledsages af en opfordring til at diskutere og videreudvikle det praktiske arbejde i en dansk sammenhæng. Nærværende artikel kan ses som et bidrag til denne diskussion og videreudvikling.

Rysensteen Gymnasium er et af p.t. 36 DASG-gymnasier (Danske Science Gymnasier). Disse gymnasier har via adgang for lærerne til at deltage i udviklingsprojekter særlige muligheder for at eksperimentere og udvikle undervisningen i de naturfaglige

fag. Lærere på Rysensteen Gymnasium er med i flere af DASG-udviklingsprojekterne, blandt andet projektet "Dataopsamling og Databehandling". Dette projekt har 20 deltagende gymnasier med i alt ca. 65 lærere (2007-tal). Idéen bag udviklingsprojektet er at undersøge de mange undervisningsmuligheder som adgang til fleksibel dataopsamling muliggør. Gennem projektet kan skolerne således få finansieret indkøb af udstyr, og de forpligter sig samtidig til at udvikle undervisningsmateriale og deltage i erfaringsudveksling med de øvrige deltagende skoler (Madsen et al., 2007, for information omkring science-gymnasierne se: [www.emu.dk/gym/tvaers/sciencegym/](http://www.emu.dk/gym/tvaers/sciencegym/)).

I efteråret 2007 blev det besluttet at igangsætte et følgeprojekt hvor Institut for Naturfagernes Didaktik gik i dialog med deltagende lærere om deres planlægning og gennemførelse af undervisningsforløb hvor det i udviklingsprojektet indkøbte udstyr blev anvendt. Det blev valgt at følge et fysikforløb på Rysensteen Gymnasium. Målet med følgeprojektet er at undersøge hvordan dataopsamling og databehandling med brug af LoggerPro og lignende udstyr integreres i elevernes eksperimentelle arbejde, og at undersøge mulighederne for og vanskelighederne ved at fleksibel dataopsamling kan understøtte en undersøgende og eksperimenterende undervisningsform. Denne artikel er et resultat af dette følgeprojekt. Artiklen er skrevet i samarbejde med gymnasielærer Lasse Seidelin Bendtsen der har tilrettelagt og gennemført forløbet i sin fysikklasse. Han har bidraget med den naturvidenskabelige trekant og diskussionen heraf (se figur 2), beskrivelse af formålet med forløbet samt værdifulde diskussioner af teksten i øvrigt. Derimod er analysen udarbejdet på baggrund af observationer og interviews alene udvalgt og analyseret af forskere fra Institut for Naturfagernes Didaktik.

## Metode

Empirisk undersøger projektet et mekanik-forløb i fysik i en 2. g-klasse på Rysensteen Gymnasium. Forløbet dokumenteres og diskuteres. Der er 27 elever i klassen der har fysik på B-niveau (hvoraf nogle fortsætter med fysik i 3. g). Forløbet blev gennemført i løbet af april måned 2008 hvor der var afsat 6 moduler (a 1½ time) til det eksperimentelle fysikforløb.

Det er artiklens overordnede mål at vise elevernes læreprocesser og herunder hvordan de anvender de fysiske begreber, hvordan vejledningen udfolder sig og på forskellig vis bidrager til læreprocessen, samt elevernes egne refleksioner over fysikken i forløbet og deres forståelse af læreprocessen. Artiklen bygger på følgende datagrundlag: en indledende samtale med læreren om forløbets indhold og målbeskrivelse, en afsluttende samtale med læreren efter karaktergivning af de afleverede rapporter om hans oplevelse af forløbet og refleksioner over elevernes arbejde, observationer af spørgsmål der stilles til underviseren af eleverne under forløbet, observationer af

en udvalgt gruppe og deres aktiviteter og samtaler gennem hele forløbet, interview med den udvalgte gruppe efter at de har afleveret rapporten, om deres oplevelse af forløbet, observation af alle gruppers supervisorsmøde med læreren midt i forløbet, adgang til afleverede rapporter og karaktergivningen.

I artiklen er det valgt at redegøre i dybden for en enkelt gruppes arbejde og refleksioner gennem det eksperimentelle fysikforløb og at anvende det øvrige datamateriale til at underbygge og udvide forståelsen af elevernes læreprocesser. Den udvalgte gruppe består af to piger og to drenge og blev af underviseren inden forløbet beskrevet som en god gruppe "lidt over middel". Gruppens medlemmer er anonymiseret med bogstaverne N, D, F og P mens læreren angives med L og hjælpelæreren med HL.

## Et eksperimentelt fysikforløb i 2.x

I det følgende følger vi gruppens arbejde med det fysikfaglige gennem det eksperimentelle forløb. Vi har valgt en kronologisk fremstilling med nedslag og uddrag af samtaler mellem eleverne og mellem elever og lærer. Indledningsvis gøres der rede for lærerens didaktiske overvejelser over forløbet og dets organisering.

### *Didaktiske overvejelser over forløbet – lærerens planlægning*

Der skal tilrettelægges mindst ét længerevarende forløb, hvor eleverne i mindre grupper arbejder med en selvvalgt, eksperimentel problemstilling (Læreplanen for Fysik B, afsnit 3.2).

Formålet med forløbet beskrives af læreren som:

At give eleverne erfaring med at lave og arbejde med en selvstændig problemformulering i eksperimentel sammenhæng. De vil få erfaring med at udtænke forsøg og lave den efterfølgende analyse af de indsamlede data. Da forsøgene omhandler forskellige dele af emnet mekanik vil de komme til at anvende og tilegne sig mere viden inden for dette emne. Da datafangststyret øjeblikkeligt giver resultatet i form af en graf vil meget af dataanalysen foregå ved at analysere grafer, og projektet kan derfor også ses som en træning inden for repræsentationskompetencen.

Her skal det nævnes at netop anvendelsen af LoggerPro giver eleverne mulighed for skift mellem forskellige repræsentationsformer da de umiddelbart kan aflæse deres eksperimentelle forsøg grafisk, eksempelvis et hop som en hastighed/tid-graf på computeren. At skifte mellem repræsentationsformer styrker læringspotentiallet.

I relation til læreplanen for fysik dækker forløbet over følgende tre faglige mål hvor eleverne skal:

- ud fra en given problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt.
- ud fra grundlæggende begreber og modeller kunne foretage beregninger af fysiske størrelser
- kunne behandle eksperimentelle data med henblik på at diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser.

Samtidig dækker forløbet det kernefaglige stof i mekanik og for den gruppe vi følger, mere specifikt: kraftbegrebet, herunder tyngdekraft og tryk. Eleverne har tidligere lært om Newtons love og bevægelsesligningerne, regnet på forskellige eksempler og lavet nogle små forsøg inden for emnet. De havde derimod fx ikke lært om luftmodstand eller begrebet arbejde.

Forløbet er opbygget med en indledende time (ligger i forbindelse med anden fysikundervisningsgang) hvor 9 forskellige emneområder som de kan vælge imellem, diskuteres. De 9 emner er tænkt af læreren som et idékatalog, og ved et af emnerne er der frit valg inden for emnet mekanik. Der er således ingen krav om hvad der skal undersøges inden for de enkelte emner. Her er det helt centralt at underviseren fortæller så lidt om emnerne som muligt. Eksempelvis nævnes det for emnet bungeejump og faldskærmsudspring at man her kan arbejde med begrebet luftmodstand, samt hvilke forsøg man kan arbejde med, dog uden at de konkretiseres. Eleverne får til opgave i starten af det eksperimentelle forløb at danne grupper og vælge emne (der blev valgt 5 af de 9 emner). I det første modul i det eksperimentelle forløb (se figur 1) formaliseres grupperne, og eleverne planlægger deres eksperimentelle forsøg. Der dannes i alt 7 grupper med 3-4 elever i hver, og følgende emner vælges: Newtons tre love i praksis, bungeejump og faldskærmsudspring, vægtløshed og hvordan man vejer sig på en rumstation, energiomdannelse samt opdrift og tryk – balloner og dykkere. Den gruppe vi har valgt at følge, vælger at arbejde med bungeejump og faldskærmsudspring.

For at udvikle elevernes eksperimentelle kompetencer er det nødvendigt at give dem en forståelse for naturvidenskabelig metode og gøre dem i stand til at sætte ord på hvad de overordnet gør når de laver forsøg. For at de kan have nytte af en vidensteoretisk viden, er det vigtigt at indføringen gøres simpelt og konkret. Til brug i undervisningen har læreren derfor udviklet en figur over hvad der her benævnes "Den naturvidenskabelige trekant". Idéen er at give eleverne en forståelsesramme for deres arbejde ved grafisk at illustrere den hypotetisk-deduktive metode og den induktive metode som er centrale aspekter af naturvidenskaben (se figur 2).

Plan over moduler		
1.	9/4	Grupper vælges, og første udkast til en problemformulering laves. Udstyr afprøves, og forsøg planlægges.
2.	14/4	1. forsøgsmodul
3.	14/4	2. forsøgsmodul
4.	15/4	Supervisionsmøde og mulighed for at skrive på rapporten
5.	16/4	3. forsøgsmodul
6.	17/4	Modul til databehandling og til at skrive
-	28/4	Aflevering af grupperapport og forsøgsvejledning (elevtid på 6 timer pr. elev)
7.	?	Klassen laver forsøg ud fra de forsøgsvejledninger der er lavet (blev ikke gennemført grundet tidsmangel).

Figur 1. Plan over undervisningsmoduler.

Selv om den naturvidenskabelige trekant ikke giver en udtømmende fremstilling af naturvidenskabelig metode, kan modellen med fordel anvendes igennem hele gymnasieforløbet. Eleverne kan fx allerede i NV eller på C-niveau blive sat til at teste teorier ved brug af den naturvidenskabelige trekant, eller de kan lave små induktive forsøg hvor resultatet ikke er kendt på forhånd. Anvendelsen af trekanten kan være med til at give eleverne en bevidsthed om hvilke metoder de bruger når de arbejder videnskabeligt. Dette kan støtte dem når de selv skal planlægge og udføre eksperimentelt arbejde ud fra mere åbne problemstillinger. Derudover kan den naturvidenskabelige trekant også støtte eleverne når de i AT skal diskutere brugen af naturvidenskabelige metoder.

Det er centralt at nævne at den eksperimentelle undervisning i 2.x før dette eksperimentelle forløb har haft en progression hen imod mere og mere åbne problemstillinger, og samtidig at eleverne har anvendt LoggerPro til dataopsamling og behandling i tidligere fysikøvelser. Læreren har gennem hele undervisningsforløbet i fysik anvendt den naturvidenskabelige trekant som model for naturvidenskabelig metode som vist i figur 2. Idéen med at anvende modellen er at eleverne kan relatere deres faktiske forsøg og samtale om fysik til hvor i figuren de befinder sig. De bliver hermed i stand til at sætte deres fysikviden ind i en forståelsesmæssig ramme. I dette eksperimentelle forløb tager de endnu et skridt idet det er første gang de har lejlighed til at sætte deres egen problemformulering i relation til en fysikfaglig problemstilling.

## Boks 1. Eksempel på brug af den naturvidenskabelige trekant.

En elev har fået til opgave at undersøge sammenhængen mellem temperaturen for en given mængde vand og det tidsrum en elkedel er tændt. Han skal altså lave et induktivt forsøg og begynder i feltet *forsøg*. Efter at han har lavet sit forsøg, begynder han at lave databehandling (*Observation og databehandling*). Han laver regression på sine måledata og finder at der er en lineær sammenhæng. Han har nu en matematisk teori der beskriver hvordan temperaturen af vandet stiger som funktion af tiden (*Teori*).

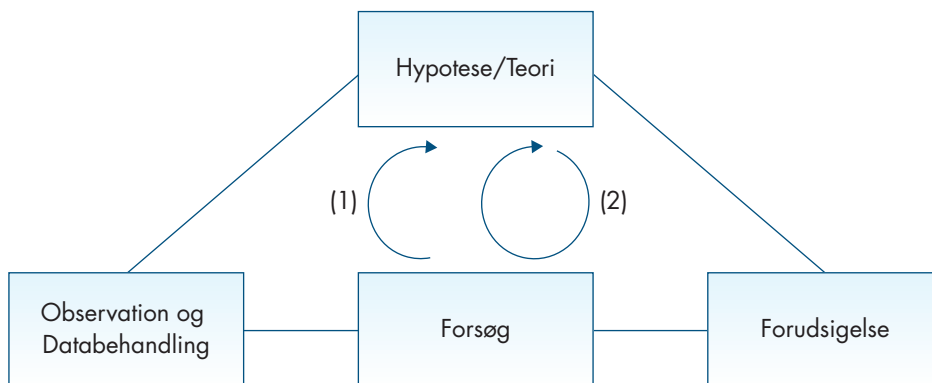
Han ønsker nu at teste sin nye teori og bruger derfor den hypotetisk-deduktive metode. Ud fra den fundne regressionsligning (*Teori*) udregner han hvilken temperatur vandet vil have efter en given tid (*Forudsigelse*). Derefter undersøger han om dette også er tilfældet (*Forsøg* samt *Observation og databehandling*). Hvis der er overensstemmelse mellem teorien og forudsigelsen, styrker det teorien, og forsøget er med til at verificere teorien.

Hvis vores elev vælger at udregne vandets temperatur efter fx 10 min. med elkogeren tændt, vil den teoretiske sluttemperatur blive over 100 °C hvilket ikke vil blive bekræftet ved det efterfølgende forsøg, og teorien er dermed blevet falsificeret. Eleven kan derefter vælge at kassere sin teori eller forbedre den. I dette tilfælde kan den forbedres ved at tilføje at den fundne sammenhæng kun gælder så længe vandet er under kogepunktet.

Eleven vil hurtigt finde ud af at hans teori har en række begrænsninger. Bl.a. virker den kun for den anvendte elkedel og kun for vand med den starttemperatur som forsøget blev lavet under. Hvis teorien også skal være en brugbar teori, skal den gøres mere generel, og det er nu elevens opgave at gøre den mere almenlydig ved fx at tage effekten af elkedlen og vandets starttemperatur med i teorien. På denne måde kan teoriernes begrænsninger og nødvendigheden af almene love blive en naturlig del af elevernes eksperimentelle arbejde.

### 1. forsøgsmodul (mandag) – Faldskærmsforsøget

De første 20 minutter af første modul går med først meget kort at give beskeder og råbe navne op. Dernæst mindes eleverne om at de tirsdag, dagen efter, har supervisionsmøde, og at de der skal fremlægge grafer med forklaringer. Efterfølgende er der



**Figur 2.** Den Naturvidenskabelige Trekant.

Den Naturvidenskabelige Trekant er opbygget med det generelle (hypotese/teori) foroven og det konkrete (forudsigelse, forsøg og observation/databehandling) forned. Ved konkret menes der her en helt konkret forudsigelse af et forsøg med lige præcis det udstyr man anvender, og de omstændigheder der er til stede. Den induktive metode er kendetegnende ved at man går fra noget konkret til noget generelt (1). Man begynder med et forsøg, og ud fra sine måleresultater når man frem til en teori. Man laver en generalisering ud fra en række forsøg og kommer dermed frem til en eksperimentel sammenhæng, dvs. en teori. Teorien kan dernæst testes med en række nye forsøg hvor man bruger den hypotetisk-deduktive metode. Den hypotetisk-deduktive metode går omvendt fra noget generelt til noget konkret (2). Man tager udgangspunkt i en teori og afprøver den med en række forsøg. Hvis forsøgene stemmer overens med teorien, styrker det troen på at teorien er rigtig, og man siger at teorien er blevet verificeret. Hvis det derimod viser sig at teorien ikke stemmer overens med forsøgene, er teorien blevet falsificeret, og man må forkaste teorien. En teori der ikke er blevet testet, kaldes ofte for en hypotese. Først efter flere bekræftende forsøg kan hypotesen med rette kaldes en teori.

en præsentation af hjælpelæreren samt af det udstyr som de har til rådighed (blandt andet afstandsmåler, kraftplatform/kraftmåler, accelerationsmåler, videokamera og trykmåler). Herefter har grupperne 2 moduler a 1½ time til at lave fysik. Vi følger gruppen der arbejder med bungeejump og faldskærmsudspring. Gruppen samles og taler kort om deres idé fra opstartsmodul som var at undersøge hvordan ændringer i forskellige variable som masse, størrelse og materiale ville påvirke faldhastighed og luftmodstand. Dernæst samles de om en computer og finder papirkageforme frem som de vil bruge i deres eksperiment. De udfører nogle prøvekast med en kageform hvor de forsøger at få den til at falde med bunden opad, men opdager at den så vender

sig i luften og falder med bunden nedad. Følgende er uddrag fra deres efterfølgende samtale omkring forsøget efter at de har været i gang et minuts tid:

- F: "Men det er jo ikke en faldskærm, så er det jo bare sådan en ting der falder!"  
 N: "Skal vi ikke tilrettelægge et forsøg først?"  
 P: "Hvorfor vil I have den til at falde lige ned?"  
 D: "Fordi sådan falder en faldskærm jo ikke." [Viser kageformen med bunden nedad].  
 F: "Det er en faldskærm, P" [Viser kageformen med bunden opad].  
 P: "Jamen er det så vigtigt at det skal ligne en faldskærm, er det ikke bare en test på vindmodstanden?"

Flere af eleverne i gruppen mener dog fortsat at det er vigtigt for eksperimentet at kageformen falder som en faldskærm, dvs. med bunden opad. De diskuterer forskellige idéer og forsøger at få kageformen til at falde "rigtigt", men det er ikke så let:

- P: "Jeg tror ikke det kommer til at virke."  
 D: "Hvad gør vi så nu?"  
 F: "Skal vi så bare kaste med nogle kageforme?"  
 P: "Det er jo det I siger vi ikke skal."  
 D: "Nej, det er jo det vi siger vi skal. Vi skal bare ha' den til..."  
 P: "I vil bare gerne have man vender dem sådan her? [Bunden opad]. Det kan vi ikke. Så skal man ha' ..."  
 F: "Så skal man ha' ... så skal man sætte ... så skal man bore... så skal man have to huller her, og så skal man have en snor, og så skal man have et lod der hænger ned med noget."  
 D: "Gør vi ikke bare lige det?"

Det hele går lidt i opløsning; de går skiftevis over til andre grupper, kommer tilbage, afprøver forskellige opstillinger med snor, tape og klodser så det kan blive en rigtig faldskærm. De får også tilsluttet afstandsmåleren til deres computer og får lavet nogle indledende målinger af faldende kageforme som dog stadig ikke falder så pænt som de ønsker. Læreren kommer forbi gruppen efter at de har været i gang i 15 minutter, og de har følgende samtale:

- N: "L – det virker ikke rigtig."  
 D: "Vi kan ikke finde ud af noget som helst!"  
 L: "Nej, men prøv at se her." [Vender kageformen med bunden nedad].  
 N+D: "Men så er det jo ikke en faldskærm, den vender jo sådan her" [K og A i munden på hinanden].



L: "Nååå, ja, men altså det er rigtigt at den plejer at se sådan ud. Der plejer også at være en smølf hernede. [De griner]. Men altså, det er stadig en faldskærm, den ser bare lidt anderledes ud."

N: "Så lad os lave den her faldskærm."

Nu har gruppen accepteret at lade kageformene falde som de helst vil, og læreren spørger ind til deres idé med eksperimentet:

L: "Hvad vil I gøre nu?"

N: "Nu vil vi lave forsøg."

L: "Ja, og hvad vil I lave?"

N: "Vi vil bare tage [kan ikke høres] massen og så se de forskellige antal faldskærme – forme – og så se ..."

P: "Og så også lave det med størrelse."

N: "Ja, så vil vi lave det med størrelse, form ..."

P: "Størrelse."

N: "Nej, størrelse, masse og materiale."

Gruppen bliver enige om at starte med at variere på massen. Sammen med læreren ser de på skærmen resultatet af en af de indledende målinger. På skærmen ses både en graf for sammenhængen mellem position og tid og mellem hastighed og tid.

L: "Godt, og hvad vil I så gøre?"

N: "Så vil vi måle." [Viser skærbilledet til L].

L: "Og hvilket tal når I så frem til når I har lavet den måling der for én masse?"

N: "Hastighed."

L: "En hastighed, ja, og hvad vil I bruge den til? Til en graf fx, hvordan kunne den se ud?"

N: "Den kunne være noget med noget hastighed ... Den kunne blive ... accelerationen kunne blive nul."

L: "Ja."

F: "Og så kunne hastigheden ... den kunne så også blive, den kunne også jævne sig ud til et eller andet ..."

N: "Så den blev konstant stigende, nej, ikke stigende."

F: "Nej ikke stigende, nej, den flader ud så den bliver konstant."

Læreren får med sine spørgsmål gruppen til selv at anvende faglige begreber i deres analyse af grafen og til indbyrdes at diskutere og afstemme eventuelle begrebslige uklarheder og få fastlagt planen for det videre eksperiment.

L: "Okay, så. I laver en måling, og så finder I en hastighed. Så laver I en ny måling med en ny hvad?"

N: "Med en ny masse."

L: "Og så får I en ny hvad?"

N: "Ny hastighed."

L: "Og når vi har luret det, så vil vi lure hvordan vi skal bruge de her størrelser til noget."

N: "Præcis, nu går vi i gang."

L: "Men nu er det i hvert fald det det handler om, held og lykke."

Gruppen går nu i gang med systematiske målinger af fald med kageforme hvor massen varieres (se boks 2 med nærmere beskrivelse af faldskærmseksperimentet). For alle målinger vil de bestemme den maksimale hastighed som kageformen opnår. Dette tal skal eleverne selv bestemme ud fra de to grafer i LoggerPro ved at finde gennemsnitshastigheden i et interval hvor hastigheden for kageformen ser ud til at være blevet konstant, svarende til at positionsgrafen er tilnærmelsesvis lineær (se figur 3).

Det viser sig at være vanskeligt for eleverne at få bestemt den konstante hastighed da de generes af at grafen for hastigheden ikke synes at være så konstant som de forventer: "Det vi gerne ville se, var bare at den går mod konstant, ikke? At den går mod at blive konstant, den der hastighedsfunktion. Jeg ved ikke, det kan man ikke rigtig se, vel?"

N: "Næh."

F: "Den skal jo plane helt ud."

N: "Men vi vil jo også godt sige noget om hvordan massen ..."

D: "Men hvad er det for en af de her vi skal ..." [Henviser til graferne på skærmen for hhv. position og hastighed].

F: "Det er den nederste vi sådan set skal bruge." [Hastighedsgrafen].

D: "O.k."

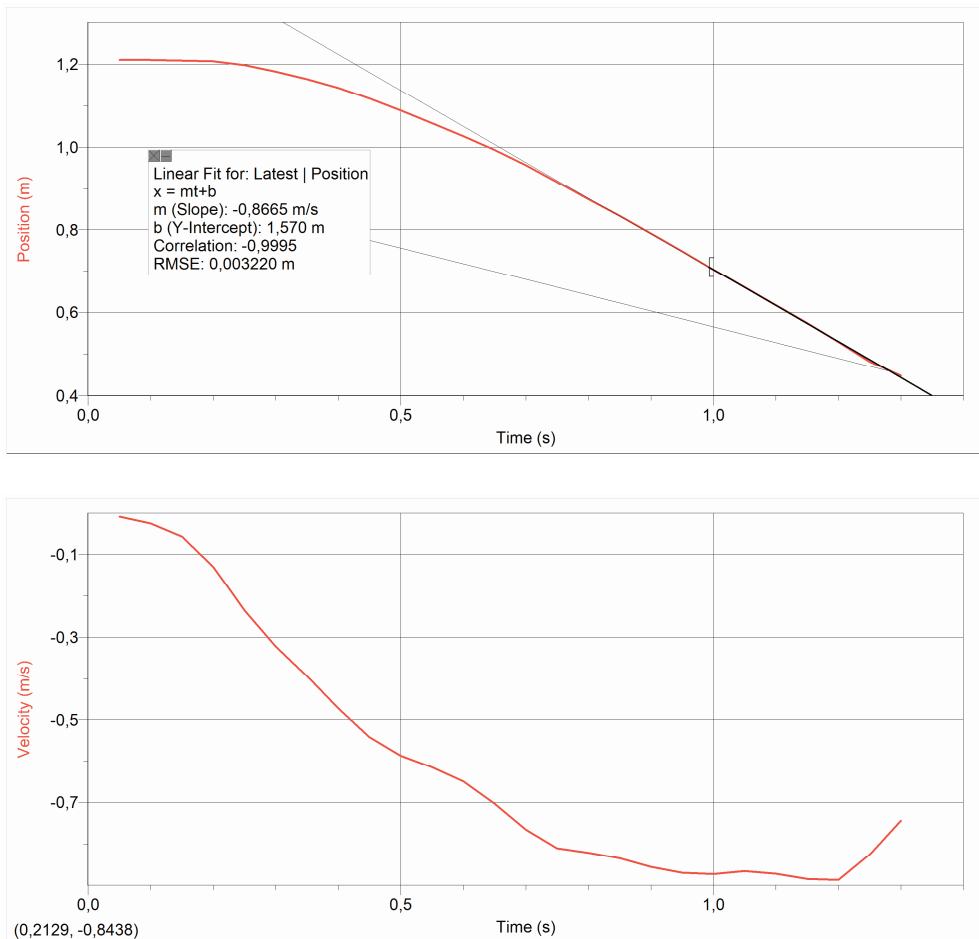
P: "Ja, begge to. Denne her skal bare blive lineær." [Peger på den øverste graf som viser stedfunktionen].

D: "Ja, den flader jo lidt ud her. Jeg tror bare man skal måle ..."

N: "Kan vi ikke bare lave den lineær på det sidste stykke og så se hvor tæt den er på det?"

P: "Jo, det kan vi godt."

Og så går de i gang med at lave lineær regression på den sidste del af positionsgrafen og bestemmer den maksimale hastighed som hælningskoefficienten på denne del af grafen. Grafisk ser det meget rimeligt ud; der er fin overensstemmelse med regressionslinjen og positionsgrafen. Det der generer, er hastighedsgrafen som de ikke rigtig synes ser konstant ud. En del af problemet er LoggerPros "autoscale"-funktionalitet som gør at akseinddelingen tilpasses automatisk efter data, dvs. at de relativt små



**Figur 3.** Grafer for position/tid og hastighed/tid for et af kageformseksperimenterne. Kageformen slippes fra en given højde og daler ned mod afstandsmåleren som løbende angiver kageformens afstand som positionen. Afstandsforskellen bliver således mindre med tiden, og dermed får hastigheden negativt fortegn da den angiver ændringen pr. tid i positionsmålingerne. Eleverne ser begge grafer på skærmen med det samme når eksperimentet foretages. De benytter graferne til at bestemme den numerisk største hastighed som kageformen opnår når luftmodstanden ophæver tyngdeaccelerationen. Den bestemmer de som hældningen til den linje som bedst passer med den sidste del af positionsgrafen, i dette tilfælde  $-0,8667 \text{ m/s}$ . De behøver ikke selv at foretage valg mht. akseinddelingerne da LoggerPros "autoscale-funktionalitet" automatisk tilpasser vinduerne efter de målte data. Den betyder dog også at variationerne i hastighedsgrafen synes større end de egentlig er.

forskelle i hastigheden grafisk synes meget store. Noget andet er at det måske nok ser ud til at hastigheden fortsat ændrer sig en smule frem til at kageformen rammer jorden, om end kun meget lidt.

## Boks 2. Faldskærmsforsøget

Faldskærmsforsøget er et induktivt forsøg hvor eleverne ikke kender resultaterne på forhånd. Gruppen vi følger, vælger at finde en sammenhæng mellem den maksimale faldhastighed og luftmodstanden for kageforme der falder. Den relevante teori siger at luftmodstanden er proportional med hastigheden i anden potens, dvs.  $F_{\text{luft}} = K \cdot v^2$  hvor  $v$  er den maksimale faldhastighed for kageformene, og  $K$  er en konstant. Den maksimale faldhastighed kan måles ved brug af dataopsamlingsudstyr, og luftmodstanden kan beregnes teoretisk.

## 2. forsøgsmodul (mandag) – Hvad er planen med det hele?

Gruppen har nu fået udført en hel del målinger, men dels er de ikke helt tilfredse med resultaterne fordi de synes det er vanskeligt at opnå en konstant faldhastighed, og dels bliver det klart at der er noget usikkerhed om det mere overordnede formål med forsøget. Kort inde i modulet kontakter gruppen læreren for at få bekræftelse af deres forsøg hos læreren. Indledende ser de i fællesskab på deres grafer og diskuterer hvad de har lavet. Det går dog hurtigt over i en samtale omkring hvad målet med deres forsøg er:

L: "Men hvad er jeres ... Har I lavet den graf vi snakkede om hvor I havde hastighed ud ad her?"

N: "Hastighed ud ad her?"

L: "Ja, for forskellige forme?"

D: "Nej, det har vi ikke lavet endnu."

L: "Nej?"

N: "Hvordan laver du sådan en?"

L: "Ja, men hvad var jeres plan? Hvor vil I hen med jeres målinger? Hvad er ligesom planen med det hele?"

Læreren forsøger at få dem til at formulere sig om planen med forsøget og hvordan de vil få opstillet en sammenhæng mellem den maksimale faldhastighed og luft-

modstanden, jf. beskrivelsen i boks 2 om faldskærmsforsøget. Det viser sig også at de teoretiske argumenter for udregningen af luftmodstanden ikke stod klart for eleverne hvilket giver dem problemer når de selvstændigt skal gøre rede for hvordan de skal bruge deres måledata. Det er et klassisk eksempel på et af dilemmaerne ved en induktiv undervisningsform hvor læreren forsøger at få dem i retning af en teoretisk sammenhæng, og eleverne ikke rigtig kan se idéen.

Gruppen drøfter også kvaliteten af målingerne med læreren. De undrer sig sammen over at hastigheden ikke altid synes at blive konstant i de målinger de har foretaget, men læreren bekræfter dem i at resultaterne er gode nok.

L: "I kan acceptere det her og sige det her er næsten ... eller det her er så godt som vi får det til at være en konstant hastighed."

P: "Det er jo forholdsvis fladt i og med at den kun varierer 0,25 m/s, det er ikke meget."

Som tidligere nævnt er det særligt de visuelt store udsving på hastighedsgrafen der har generet eleverne, formentligt fordi det intuitivt ikke stemte helt overens med positionsgrafens mere jævne udtryk. Ved at kigge nærmere på akseinddelingen for hastighedsgrafen bliver det klart at variationen i virkeligheden ikke er så stor, og at de to grafer stemmer fint overens.

### *Supervisionsmøde (tirsdag) – et nyt forsøg, kraftplatformsforsøget*

Næste gang vi møder gruppen, er til supervisionsmødet der varer omkring 10 minutter. De kommer ind og får fundet deres fil frem.

L: "Hvad vil I sige til mig?"

N: "Vi vil sige at her har vi en graf [viser en position/tid-graf og en hastighed/tid-graf fra en enkelt måling med fald af en kageform – som figur 3] som egentlig ikke rigtig skal bruges, men som viser hvordan vi har lavet målingerne som vi så bruger i den her til at komme i gang." [peger på en anden graf med sammenhæng mellem hastighed og luftmodstand]

L: "Okay."

N: "Som beskriver tyngdekraften, nej, hvad hedder sådan noget, vindmodstanden og hastigheden. Det viser hvordan hastighedsforskellen ændrer på luftmodstanden. Og mass... nej, der er ikke noget med massen, vel?"

L: "Nej, der er ikke noget med massen. Men det jeg egentlig – man kunne jo godt – nu har I knoklet så meget for denne her graf, så man kunne jo godt lave en der hed hastighed som funktion af masse for eksempel. Det kunne også være lidt sjovt at se på. Og måske en tredje udgave. Nu når I har arbejdet så hårdt for at få den her graf, så kunne det være sjovt at få noget mere ud af de her måledata. Ja. Og hvad har I så mere?"

Læreren forsøger her at få gruppen til at arbejde videre i retning mod den teoretiske sammenhæng  $F_{\text{luft}} = \text{konstant} \cdot v^2$  (se evt. boks 2).

Inden supervisionsmødet – mens de andre grupper har talt med læreren – har gruppen lavet et forsøg med en kraftplatform (se boks 3). Gruppen viser grafen for dette forsøg, og de taler videre om dette uden at vende tilbage til faldskærmsforsøget.

L: “Den her fyr!”

D: “Det er ‘hoppy F’.”

L: “Det er F vi ser her.”

N: “Jeg tror at hvis du går lidt længere ned, så er der sådan billeder.”

L: “Han er her også, okay. Så har I integreret også eller hvad?”

N: “Ja.”

### Boks 3. Kraftplatformsforsøget

Gruppen udfører et simpelt forsøg: En person står på en kraftplatform som er tilsluttet en computer, han hopper og lander igen. Dette giver en tid/kraft-graf. Ud fra dette forsøg vælger eleverne at beregne hvor højt vedkommende hopper, hvilken maksimal effekt personen hopper med, hvilke energiomdannelser der sker under hoppet, og hvad accelerationen er under det frie fald. Ud af de forskellige målinger som de laver, vælger de at fokusere på accelerationen under det frie fald da det bedst kan relateres til forsøget med kageformene. Nogle af de andre ting vælger de at medtage i bilaget.

Accelerationen under det frie fald kan ud fra forsøget findes ved først at finde hvilken kraft personen påvirker pladen med når han står stille på pladen, og så lave en ny tid/kraft-graf hvor denne værdi er trukket fra. Derefter kan man lave en tid/acceleration-graf ved at dividere kraften med massen af den der hopper. Her bruger man Newtons 2. lov der siger at kraft er lig masse gange acceleration. På tid/acceleration-grafen kan det nu aflæses hvad accelerationen er under det frie fald, og denne værdi vil netop være tyngdeaccelerationen som ifølge teorien er på  $9,82 \text{ m/s}^2$ . Eleverne vælger dog at finde tyngdeaccelerationen ud fra hældningen på en tid/hastighed-graf i stedet for. Denne graf er de kommet frem til ved at integrere tid/acceleration-grafen.

L: "I er pivfrække, ej, hvor flot!" [Ser billederne som er sat ind på grafen af F i forskellige stadier i sit hop på kraftmåleren].

N: "Så er der sådan illustrationer på hvornår han ... hvad han gør hvornår."

L: "Godt, glimrende."

N: "Og så skal den forklare sådan hvorfor grafen ser sådan her ud."

L: "Okay. Hvorfor har I integreret?"

N: "Det var egentlig sådan at vi tænkte lidt på at så kunne vi se hvor meget energi han startede med sådan at hive fra jorden, og så ..."

F: "Vi havde en eller anden forestilling om at den energi jeg sætter fra med, det må være den samme jeg kommer tilbage med når jeg lander."

Samtalen fortsætter, og det er tydeligt at gruppen er meget optaget af dette forsøg. Lærerens idé med supervisionsmødet er at eleverne skal præsentere deres grafer og forklare hvordan de kan bruge dem i deres arbejde med deres problemformulering, således at han er sikker på at de får diskuteret deres empiri, samtidig med at han får samlet op på alle grupperne. I dette tilfælde bruger gruppen lang tid på at diskutere kraftplatformsforsøget og er afklarede omkring hvad de videre skal, da de går derfra. Dette er et eksempel på at tilrettelæggelsesformen af forløbet sikrer at eleverne tvinges til at formulere sig omkring fysik både med hinanden og med læreren.

### *3. forsøgsmodul (onsdag) – Det afsluttende arbejde*

Gruppen starter 3. forsøgsmodel med kort at tale om dagens opgaver mens de sidder foran computeren (C har det dårligt, henter morgenmad og deltager derfor ikke i første del af modulet). De diskuterer hvilke målinger de mangler at få lavet, og berører hvordan de vil anvende dem. Eksempelvis:

N: "Og så er der en 'jumper'." [Kraftplatformsforsøget].

D: "Der kan vi jo sige rigtig meget."

N: "F i forhold til P." [Læser hvad hun skriver på papiret, F og P er to elever, hvis grafer der skal sammenlignes].

P: "Og så beregner vi bare effekten, ikke?"

N: "Ja." [Skriver effekt].

D: "Der har vi grafer og alt muligt."

N: "Så kan vi lave sådan nogle sjove ting og sager med acceleration, accelerations... nej, en hastighedsfunktion, ikke? Det lavede vi sidste gang, tror jeg."

P: "Ja, ja."

D: "Men ku' vi integrere den der." [Peger på grafen].

N: "Ja, det ku' man godt."

D: "Det var da egentlig rimelig vildt."

N: "Men det er jo fordi man kan få LoggerPro til at gøre det." [De griner].

D: "Nå, okay."

N: "Ja, okay, er det ikke det?"

Det er tydeligt at denne arbejdsform – hvor de inden dagens øvelse sætter sig og diskuterer i gruppen hvad det er de skal – er en de har prøvet før. Diskussionen sætter rammerne for dagenes arbejde og sikrer at gruppens medlemmer er klar over hvad de skal i gang med, og hvordan det hænger sammen med deres overordnede plan. Dette illustrerer formålet med at læreren gradvist gennem hele fysikundervisningen har dygtiggjort dem i selvstændigt at kunne tilrettelægge og gennemføre mere og mere åbne øvelser.

De rejser sig fra computeren, finder kraftmåleren og lader M lave et hop som de så også vil analysere, og de har nogle problemer med at få det til at stemme med målingen fra C's hop så de kan sammenligne de to grafer. Da deres vægt er forskellig, giver det en forskellig belastning af kraftmåleren inden hoppet hvilket der skal tages højde for. Hjælpelæreren i modulet kommer forbi og vejleder dem til at få kalibreret graferne:

N: "Vi havde en idé om at de skulle være ens."

HL: "Ja, det skal de også. Men det første I skal gøre, det er at sige, fx det der, hvis I kigger på den graf, den har I regnet ud fra det der. Så ser det ud som om han accelererer med  $10 \text{ m/s}^2$ ."

N: "Så vi skal lige have trukket det fra."

HL: "Det skal man trække fra. Men i virkeligheden er det smartest at starte herhenne. Hvis I trækker det der fra så vi siger at kraften skal være 0. Vi måler kun på afsættet. Så I skal føre denne her graf ned til 0. Og det gør vi ved lige at markere et område her."

[De arbejder lidt ved computeren].

HL: "Gennemsnittet her er 631 newton. Så trækker I fra, I laver en ny søjle der hedder Kraft eller et eller andet, og så trækker I 631 fra."

N: "Så passer det!"

HL: "Så for at regne accelerationen ud, så skal I tage dén graf og så dividere med massen."

Citatet er et eksempel på hvordan vejledningsteknikken har betydning for hvilken aktivitet eleverne involveres i. HL vælger her at demonstrere nogle tekniske detaljer som er en hindring i elevernes arbejde, så de kan komme videre. Han inspirerer muligvis til senere refleksioner hos eleverne, men eleverne udfordres ikke i undervisningssituationen til selv at formulere sig om det faglige stof. Spørgeteknikken må i det enkelte tilfælde afhænge af hvad der er målet med vejledningen.

Eleverne arbejder videre med henholdsvis hop-eksperimentet og kageformsmålingerne. Hop-eksperimentet udvider de til også at bestemme højden på hoppet ud



fra kraftmålingen og så sammenligne med en direkte måling af hvor højt de hopper. Det har ikke nogen direkte relevans for faldskærmsprojektet hvor de blot vil benytte kraftmålingen til eksperimentelt at bestemme et udtryk for tyngdeaccelerationen, men de bliver inspireret til at gå videre og afprøve hvad de ellers kan få ud af at analysere kraftmålingsgrafen i LoggerPro, selv om det så blot bliver et bilag til rapporten.

Senere i modulet kommer læreren med en bog om stråling som C skal bruge til et andet projekt. Både N og F skal skrive en opgave inden for samme emnekreds, og der udspringer sig en kort ordveksling mellem dem:

N: "Hvordan gør du med den naturvidenskabelige metode?"

F: "Jeg prøver at skrive den – jeg ved ikke hvordan de har gjort – og sammenligne det med den naturvidenskabelige metode."

N: "Hvordan ... står der hvordan de har gjort det? Det er jo sjældent man skriver 'Dengang vi gjorde denne opdagelse da gjorde jeg ...'"

F: "Nej, men man kan jo se, hvordan man regner med de har lavet forsøg."

Her relaterer eleverne på eget initiativ deres arbejde til begrebet "den naturvidenskabelige metode". Samtalen viser at eleverne anvender og relaterer deres arbejde til modellen for den naturvidenskabelige metode som læreren har anvendt i undervisningen, og at de derigennem er i stand til at kommunikere omkring et fysikfagligt emne.

Hen mod slutningen af modulet kommer gruppen i forlængelse af de mange hop-eksperimenter ud i en diskussion om hvordan man egentlig med fysiske begreber forklarer underlagets betydning for kraftudveksling i hoppet som de jo kender fra deres dagligliv, fx når man hopper på en trampolin og dermed kan komme højere op. Diskussionen har ingen direkte tilknytning til deres eget projekt, men de er nysgerrige efter at finde sammenhænge mellem fysiske fagbegreber og deres hverdagsoplevelser. De overvejer kort at inddrage læreren i diskussionen, men kommer i tanke om at nabogruppen jo arbejder med emnet "fjedre":

F: "Fjedergruppe, vi vil lige høre ..."

N: "Hvordan virker en trampolin?"

Og så snakkes der fysik igen ... og kort efter ringer det til frikvarter. Denne lille samtale viser at den fysikfaglige samtale også findes frit mellem grupperne og således ikke kun eksisterer i kraft af samtale mellem lærere og elever. Den sidste del af forsøgsmodul 3 og det efterfølgende modul anvendes af grupperne til databehandling og rapportskrivning. Den udvalgte gruppe bruger megen tid på databehandlingen af kraftplatformen og har mange fysikfaglige diskussioner.

### *Efter det eksperimentelle forsøg*

Efter at gruppen har afleveret deres rapport, reflekterer de over forløbet. De har en meget klar forståelse af at de gennem forløbet har skiftet fokus. De ville oprindeligt gerne undersøge hvordan forskellige variable påvirker faldhastigheden, og de havde tre forskellige forsøg de gerne ville lave: "noget med at justere på faldskærmens størrelse, se på faldskærmens materiale og noget med at ændre på faldskærmens masse". Undervejs fandt de ud af at det ikke var så let at variere på de forskellige variable, og samtidig blev de grebet af databehandlingen af kraftplatformsforsøget. På baggrund af dette forsøg kunne de bestemme tyngdeaccelerationen eksperimentelt hvilket de så kædede sammen med deres oprindelige idé. De blev netop fascineret af det som LoggerPro muliggør, nemlig en direkte grafisk repræsentation af et eksperimentelt setup der samtidig kan kobles til et teoretisk begreb. Gruppens skift fra faldskærmsforsøget til kraftplatformsforsøget relaterer de til den induktive arbejdsform.

"Der var meget mere lagt op til at vi selv skulle finde ud af hvad vi ville lave, og det blev så begrænset af at det kunne vi så ikke rigtig alligevel, hvorimod tidligere, så har vi jo fået nogle opgaveformuleringer der er ret klare, og her har vi så også mulighed for at man kan lave forsøgene ... efter opgaveformuleringen, det er der selvfølgelig tænkt over. Men det havde vi ikke rigtig mulighed for at tænke med ind. Her tænkte vi bare 'hvad vil vi gerne lave?', men det kunne vi så ikke alligevel". (P)

Samtidig vurderer de deres udbytte af forsøget som højt netop fordi de fik lov til selv at sidde og "rode med det":

"Jeg har fået meget ud af det her projekt, men jeg fik måske bare ikke det ud af det som jeg oprindeligt troede, men jeg fik noget andet som jeg synes kan være lige så brugbart og lige så interessant". (P)

"Jeg fik meget ud af det i form af at man fandt en anden arbejdsmetode end jeg måske ville have brugt før. Jeg ville nok ikke i så høj grad være begyndt at sidde og rode med alt det her data i LoggerPro ... jeg ville nok ikke i lige så høj grad have fundet ud af de her ting med LoggerPro som vi kom frem til her til sidst, det synes jeg var meget sjovt". (F)

Eleverne har fået en sides skriftlig feedback samt karakteren 10 for deres rapport. I rapporten har gruppen lagt vægt på kraftplatformsforsøget, og faldskærmsforsøget beskrives mere kortfattet. Det er tydeligt at deres analyse af kraftplatformsforsøget (boks 3) er den bedste del som de også belønnes for karaktermæssigt. De får demonstreret et højt niveau af fysikfaglig viden gennem deres databehandling af eksperimentet med teoretiske forklaringer til de forskellige grafiske repræsentationer og forbindel-

sen mellem dem. Det er tydeligt at de selv er blevet meget optaget af de muligheder LoggerPro giver for at analysere eksperimentet med blot et enkelt hop, som de blandt andet anvender til at finde tyngdeaccelerationen eksperimentelt. Samtidig kan det ses at de teoretiske argumenter for udregningen af luftmodstanden ikke står helt klart for eleverne, og at det giver dem problemer i forbindelse med hvordan de skal bruge deres måledata fra faldskærmsforsøget (boks 2) hvilket også afspejles i karakteren.

Efterfølgende skinner det ligeledes tydeligt igennem i interviewet at eleverne undervejs blev meget fascineret af kraftforsøget. To af dem beskriver det således:

"Det er jo sjovt at se hvordan ét forsøg kan åbne for alle mulige ting som vi ikke havde regnet med at vi kunne finde ud af. Alle de ting dér ud fra det ene hop vi lavede. Hvor vi så kunne finde ud af hvor hurtigt man hopper, og hvor højt man hopper. Det var meget interessant at finde ud af at man kunne bruge det til at finde ud af alle mulige ting som man ikke lige havde overvejet". (F)

"Det var ret sjovt for man kunne ud af de der målinger, ved hjælp af LoggerPro, transformere data til alle mulige forskellige grafer som man kan få ud ... og så lige pludselig finde en stedfunktion, hastigheds- og accelerationsfunktionen som man kan få ud af noget så simpelt som kraften på en plade. Det var ret vildt hvor meget det kunne åbne". (N)

Dette er med til at understøtte værdien af at eleverne får lejlighed til at arbejde induktivt i de eksperimentelle øvelser. Her kan de gennem nysgerrighed og vejledning – hvis det tilrettelægges og gennemføres med tanke på elevernes eget arbejde – opnå et højt fysikfagligt niveau.

## Diskussion

Vi har i denne artikel givet et eksempel på hvordan det eksperimentelle arbejde i gymnasiets fysikundervisning kan folde sig ud hos en bestemt gruppe elever i et givet undervisningsforløb. Vi har set på de aktiviteter som de har været involveret i, og de faglige diskussioner, erkendelser og vanskeligheder de har haft. Det er dermed en illustration af hvordan lærerens faglige mål med undervisningsforløbet er afgørende for de didaktiske valg han træffer, i forhold til tilrettelæggelsen og gennemførelsen af det eksperimentelle forløb. I forløb med andre faglige mål ville tilrettelæggelsen have været en anden. Som Hodson (2008) diskuterer det, er praktisk arbejde ikke et mål i sig selv, men de faglige mål med det praktiske arbejde er afgørende for dets tilrettelæggelse.

### *Det didaktiske valg – baggrund og konsekvenser*

Et hovedformål med dette længerevarende eksperimentelle forløb var at eleverne skulle opøve kompetence i selv at tilrettelægge og gennemføre en eksperimentel undersøgelse med induktiv tilgang ud fra en faglig problemstilling de selv har formuleret. De skulle således trænes i at anvende relevante metoder og faglige begreber inden for mekanik til at opstille et problem, tilrettelægge og gennemføre fysiske forsøg, indsamle og behandle måledata og i sidste ende selv kunne formulere teorier og hypoteser på baggrund af disse data. En didaktisk konsekvens af dette formål er at så må eleverne involveres i netop sådanne aktiviteter. Undervisningen skal så skabe rammer og tilbyde vejledning som kan støtte eleverne i processen, således at de selv får lejlighed til at afprøve metoder og begreber. Med et sådant fagligt formål må undervisningen nødvendigvis være elevcentreret, eksperimenterne skal være åbne med mange frihedsgrader, og samtidig må det eksperimentelle udstyr give eleverne muligheder for at arbejde induktivt.

Fysikfaglige begreber om mekanik ville muligvis også kunne komme i spil gennem et lukket eksperiment med en kugebogsvejledning, men det ville ikke tilgodese de faglige mål i det i artiklen beskrevne undervisningsforløb. Lærerens bevidste arbejde med formålet for de eksperimentelle øvelser har stor betydning for vejledningen og samtalerne lærer/elev imellem. Når læreren så konsekvent stiller spørgsmål til eleverne, er det for at få eleverne til selv at formulere sig med de faglige begreber og for at få dem til at reflektere over deres forsøg, hvordan de har tilrettelagt det, og hvad de vil vise – netop sådanne aktiviteter som kan bidrage til opnåelsen af de faglige mål. Det kræver megen indlevelse og stor faglig indsigt at fastholde at eleverne skal arbejde med den induktive tilgang.

I den sammenhæng er modellen for den naturvidenskabelige trekant et redskab som er nyttigt i dialogen mellem læreren og eleverne til at støtte kommunikationen og såvel den faglige som den meta-faglige forståelsesproces. Lærerens konkrete brug af den naturvidenskabelige trekant som ramme for gradvist at lave friere øvelser med eleverne viser at den kan fungere som pejlemærke for elevernes forståelse af deres praktiske arbejde, og at eleverne anvender den selvstændigt i dialog om fysikfaglige emner.

Den induktive tilgang tjener i forløbet til at eleverne opnår en progression i deres fysikfaglige kompetencer både med hensyn til at arbejde eksperimentelt og at udvikle deres begrebsforståelse inden for mekanik fordi de har skullet anvende de faglige begreber i nye sammenhænge med henblik på at opnå svar på et fagligt spørgsmål. Hvis læreren i denne proces i for høj grad havde givet eleverne forklaringer og svar frem for spørgsmål, ville meget af den læringsmæssige pointe falde til jorden, jf. den epistemologiske hypotese som siger:

al menneskelig viden kan (re)formuleres som svar på fundamentale problemer om en klasse af situationer og at viden kan tilegnes af en målgruppe, netop når sådanne situationer og problemer er tilgængelige for målgruppen (Winsløw, 2006, s. 38)

Det vil sige at for at opnå viden må læringssituationen tilrettelægges således at eleverne kan tilegne sig viden som svar på deres egne spørgsmål. Eksempelvis er  $F_{\text{luft}} = \text{konstant} \cdot v^2$  hvor  $v$  er den maksimale faldhastighed, svar på spørgsmålet om hvordan sammenhængen er mellem luftmodstand og faldhastighed. Den abstrakte form i hvilken den tilsigtede viden er fremstillet i lærebøgerne, kan til nød læres udenad, men er så ofte meningsløs og uanvendelig. Hvis den skal forstås og tilegnes, er det nødvendigt at lære dem som svar på spørgsmål (Winsløw, 2006).

Eksemplet i denne artikel viser også nogle af de udfordringer som både lærere og elever står over for i den induktive undervisning. Fx når eleverne bruger meget lang tid på at diskutere hvilken vej kageformen skal vende (fordi det kræver fysikfaglig viden at afgøre). Eller når de gentagne gange vender tilbage til at diskutere formålet med eksperimenterne og hvad det er de vil undersøge. Det kan opleves som spildtid i forhold til at de skal i gang med det egentlige fysikfaglige stof. Men pointen er at de netop *er* i gang med deres faglige læreproces, og at deres egne refleksioner over fx mål med øvelsen og hvilke fysiske egenskaber ved kageformene der er væsentlige i sammenhængen, er centrale i denne proces. Derfor skal der afsættes tid så eleverne selv kan komme igennem sådanne overvejelser – samtidig med at det naturligvis er lærerens ansvar at sikre at de kommer videre i erkendelsesprocessen.

At de faglige mål og de frie øvelser så også opleves som relevante, lærerige og motiverende for de elever vi har talt med, er naturligvis også nok så væsentligt. I det afsluttende interview spurgte vi eleverne om deres vurdering af den måde læreren havde tilrettelagt undervisningen i forløbet på, hvilket gav anledning til følgende svar:

"Man arbejder jo heller ikke ude i verden ved at få en brugsanvisning – det er meget mere reelt at arbejde på denne her måde – det at man ikke får at vide hvad man skal gøre i starten, det gør jo at man bliver tvunget ud i en masse overvejelser – hvordan kan vi bedst belyse det, og hvordan vil det bedst komme til at hænge sammen ... Ofte får man jo meget mere ud af det når man selv tænker sig frem til sammenhængene, og det er også meget tit meget sjovere."

### *Induktiv tilgang og ny begrebstilegnelse*

Den induktive og selvstændige arbejdsform er som nævnt afgørende for de faglige mål i dette forløb, men det er også vigtigt at gøre sig klart at der ikke er nogen sikkerhed for at selvstændige eksperimenter og refleksioner i sig selv får eleverne til at tilegne

sig nye teoretiske begreber (Hodson, 2008). Det er muligt at eleverne gennem processen kan gribe en ny begrebslig udfordring og selv sætte sig ind i et nyt teoretisk emne hvis det er relevant for deres faglige problemstilling, men det følger ikke automatisk af arbejdet med eksperimenterne, og eleverne vil ikke kunne arbejde selvstændigt med teori som de ikke forstår. Ofte vil en mere lærerstyret undervisning her være nyttig, men det ville på den anden side som nævnt nemt kunne ødelægge andre dele af læringspotentialet ved forløbet hvis læreren griber forstyrrende ind undervejs. Det er oftest en vanskelig balancegang for læreren at finde grænsen for hvor langt han skal forsøge at påvirke eleverne til at bringe ny teori i spil inden for rammerne af det induktive forløb, da det i situationen vil afhænge af hvordan eleverne reagerer. Den gruppe vi fulgte, nåede en grænse i deres arbejde med faldskærmsforsøget idet de teoretiske argumenter for udregningen af luftmodstanden som  $F_{\text{luft}} = K \cdot v^2$  aldrig kom til at stå klart for dem. Læreren forsøgte på forskellig vis at lede dem på vej. Han kunne vælge at holde sig endnu mere i baggrunden hvilket muligvis ville have betydet at eleverne i højere grad havde holdt sig inden for teoretisk stof som de var helt trygge ved. Men det vil som sagt altid være en svær balancegang.

### *Dataindsamling og Databehandling – hvad betyder det tekniske udstyr?*

Denne undersøgelse er gennemført som led i udviklingsprojektet “Dataopsamling og Databehandling” under Danske Science Gymnasier. I dette projekt er en lang række skoler, lærere og elever involveret i at anvende nyt udstyr som skal gøre det lettere og hurtigere at indsamle og præsentere data og give mere tid til databehandling og diskussion af resultaterne i undervisningen. En del af vores interesse i undersøgelsen var at se i praksis hvordan eleverne så arbejder med det nye udstyr, hvilke muligheder det giver dem, og hvilke didaktiske udfordringer der fremkommer når eleverne skal håndtere det tekniske udstyre, skifte mellem hensigtsmæssige repræsentationsformer og forstå resultaterne.

Vores klasse har arbejdet med udstyret LoggerPro løbende gennem deres fysikundervisning så de var nogenlunde fortrolige med programmet og de vigtigste funktionaliteter inden det eksperimentelle forløb. Erfaringer fra dette tidligere arbejde med LoggerPro var gode, og både elever og lærer finder udstyret nemt anvendeligt. Det viste sig også at eleverne havde meget få problemer med den tekniske side af udstyret i det eksperimentelle forløb – der kunne i enkelte tilfælde være en funktionalitet de ikke lige kunne huske, men det var nemt for dem at hjælpe hinanden eller prøve sig frem. Der var ikke tekniske problemer som hindrede dem i at komme videre. Faktisk er det slående at vi stort set ikke har kunnet finde eksempler på dialog der omhandler LoggerPro-tekniske spørgsmål – det gælder ikke blot for den gruppe vi har fulgt tæt, men for klassen som helhed. Diskussionerne mellem lærer og elever og mellem eleverne indbyrdes har konsekvent handlet om fysikfaglige spørgsmål, og det har

været tydeligt at den umiddelbare adgang til grafiske repræsentationer af måledata og mulighederne for let at behandle disse data yderligere for mange har været et meget vigtigt udgangspunkt for disse diskussioner.

Som oftest er det en stor fordel at eleverne ikke skal bruge tid og kræfter på at beslutte hvilken akseinddeling der er mest hensigtsmæssig. LoggerPros "autoscale"-funktionalitet er meget effektiv og tilpasser grafvinduet så det netop dækker de måledata der skal vises. Man kan let ændre disse indstillinger, men ofte er det ikke nødvendigt for at få et fornuftigt indtryk af måledata. Men en gang imellem kan den effektive datarepræsentation i sig selv give anledning til problemer. Et problem som vi registrerede hos flere af grupperne, var at "autoscale" kunne skabe usikkerhed hos eleverne når de igennem et eksperiment ønskede at vise at en række målinger var tilnærmelsesvis konstante, for så vil "autoscale" blot tilpasse vinduet så selv nok så små variationer i datamaterialet grafisk kommer til at synes meget store. Grafen svarer ikke til elevernes forestillinger om en konstant funktion, og det gav en del af eleverne nogle problemer. Det så vi illustreret hos vores gruppe da de skulle finde den maksimale hastighed for kageformene, og her blev generet af at variationerne i hastighederne grafisk syntes relativt store netop pga. "autoscale". I den konkrete situation kunne læreren have anbefalet eleverne at se bort fra grafen for hastigheden og alene bruge positionsgraf. Man kan også gøre spørgsmålet om akseinddelingerne betydning for grafens udseende og tolkning af data, herunder spørgsmålet om hvornår "autoscale" er hensigtsmæssig, til genstand for undervisning og diskussion. Det vil være en relevant faglig øvelse som nemt kan gennemføres vha. LoggerPro.

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.

## Referencer

- Hodson, D. (2008). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*, 2008(3)(7).
- Madsen, L.M., Holm, C. & Laursen, K.B. (2007). *Midtvejsevaluering af "Dataopsamling og Datatabehandling" under DASG*. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Lokaliseret den 3. november 2008 på [www.emu.dk/gym/tvaers/sciencegym/evaluer/dogd2007.pdf](http://www.emu.dk/gym/tvaers/sciencegym/evaluer/dogd2007.pdf).
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske Elementer. En indføring i matematikken og naturfagernes didaktik*. Frederiksberg: Biofolia.

## Abstract

In the spring of 2008 the students in 2.x at Rysensteen Gymnasium conducted a laboratory course in physics concerning experiments in mechanics. As a member of Danish Science Gymnasiums (DASG) and participant in the DASG-project “Datacollection and Dataprocessing” it has been possible for the participating teachers at Rysensteen to buy different data collection and data processing equipment for physics teaching. It is the students’ use of – and the teachers’ didactical considerations of the use of – this equipment that is the focus of this article. Based on observations, interviews and conversations the article outlines the teachers’ considerations before, during and after the laboratory exercise. The article further gives insights into the students’ use of the equipment and which didactical challenges the teachers face in an experimental course in physics intended to increase the students’ science competencies