

# Kropslige øvelser i fysikundervisning



Jesper Bruun,  
Institut for  
Naturfagenes  
Didaktik,  
Københavns  
Universitet

**Abstract** *Kropslige øvelser i fysikundervisningen kan give elever og studerende en anden måde at repræsentere og bearbejde viden på end dem fysikundervisningen traditionelt tilbyder. De kan virke motiverende på elever og studerende fordi de aktivt involverer dem i læringsprocessen. I denne artikel giver jeg to eksempler på kropslige øvelser der kan bruges i forbindelse med undervisning i fysik i gymnasiet. Den ene kan give en kropslig intuition for kraftbegrebet, mens den anden søger at illustrere og koble grundbegreberne bølgelængde, frekvens og bølgehastighed. Undervisere i fysik kan bruge den kropslige øvelse om kraftdiagrammer på A- og B-niveau, mens øvelsen om bølgebevægelse kan bruges fra C-niveau.*

## Indledning

I mit speciale (Bruun, 2008) udviklede og afprøvede jeg nogle undervisningsforløb på to gymnasieklasser der havde fysik. De indeholdt blandt andet en række kropslige øvelser som jeg udviklede til formålet. Forløbene indgik som en integreret del af klassernes undervisning, og den del af undervisningen hvor vi afviklede de kropslige øvelser, stod jeg for. Efterfølgende har jeg brugt kropslige øvelser i undervisning både i gymnasiet og på Københavns Universitet.

En kropslig øvelse i fysikundervisningen er som navnet antyder, noget der involverer deltagerens kroppe. Kropslige øvelser er en måde at repræsentere viden om fysik på (Dolin, 2002). Ligesom der findes for eksempel matematiske og visuelle modeller af fysiske begreber og processer, kan vi også lave kropslige modeller<sup>1</sup>.

---

1 Jens Dolin anvender begrebet "den kinæstetiske repræsentationsform". Jeg har i denne artikel valgt at bruge kropslig som synonym for kinæstetisk.

Disse modeller kan i princippet være enten kvalitative og måske fungere som en indgang til et emne, eller de kan være kvantitative således at eleverne ved hjælp af dem kan afdække fysiske sammenhænge.

Kropslige modeller i fysik lader eleverne agere de objekter og begreber som fysikken beskæftiger sig med. Eleverne kan for eksempel lege at de er konkrete ting som atomer, protoner og elektroner. De kan også simulere mere generelle begreber som flux, bølger og legemer.

Modeller der involverer elevernes kroppe på en aktiv måde, bliver brugt af nogle gymnasielærere, men der er ikke meget litteratur der beskæftiger sig med udviklingen og brugen af sådanne øvelser. Denne artikels mål er at præsentere et par af de øvelser jeg har udviklet og brugt i undervisningssammenhænge samt at videregive nogle af de erfaringer med med kropslige øvelser som jeg har opbygget. Dermed håber jeg at artiklen kan tjene dels som inspiration til at finde på flere øvelser, dels til at udvikle et sprog og en struktur der gør det muligt at diskutere kropslige øvelser.

Det kan være nyttigt at skelne mellem modeller og øvelser. Min egen skelnen går på at en kropslig øvelse er en konkretisering af en kropslig model. Det betyder at hvis du har en kropslig model, kan du lave mange forskellige øvelser hvor du anvender modellen. Jeg vil dog ikke komme videre ind på forholdet mellem modeller og øvelser her.

Artiklen er struktureret som følger. Først uddyber jeg nogle aspekter af kropslige øvelser ud fra de to tabeller herunder. Herefter gennemgår jeg nogle muligheder for hvordan eleverne kan arbejde med kropslige øvelser. Denne type undervisning indeholder erfaringsmæssigt nogle faldgruber, og dem forsøger jeg at skitsere. Endelig giver jeg nogle argumenter for at bruge disse øvelser som en integreret del af undervisningen. Data og undervisningsmateriale fra afholdte forløb er præsenteret i detalje andetsteds (Bruun, 2008).

**Tabel 1:** *En præsentation af en kropslig øvelse der illustrerer bølger.*

<b>Titel: Bølgeøvelsen</b>
<b>Fagligt indhold:</b> Amplitude, bølgelængde, frekvens, bølgehastighed
<b>Faglige mål:</b> Eleverne får en fornemmelse af grundbegreberne i bølgelæren. Eleverne udvikler en fornemmelse af grundlæggende mekanismer der kan frembringe bølgebevægelse. Endelig kan eleverne udvikle en forståelse for bølgeligningen.
<b>Materialer og logistik:</b> Et sted der har plads til at eleverne kan stå i rundkreds eller på linje. Eventuelt <ul style="list-style-type: none"> <li>• et videokamera</li> <li>• metronom</li> <li>• musik med et tydeligt og konstant beat</li> <li>• målebånd eller tilsvarende til at måle bølgelængde.</li> </ul>

**Opsætning:** Eleverne stiller sig side om side i en rundkreds eller på linje. En rundkreds gør at eleverne kan se hinanden, mens en linje vil gøre det nemmere at optage med et videokamera.

**Definitioner, regler og forløb:** Øvelsen går ud på at deltagerne laver "bølgen", kendt fra stadioner verden over. Det kan fx være ved at bevæge strakte arme fra en position hvor de er nede langs siden, til en position hvor de er oppe over hovedet.

Ad hoc-begreber:

- Op-ned-bevægelse. Den oscillerende bevægelse som deltagerne skal lave.
- Op-ned-hastighed. Den hastighed hvormed deltagerne bevæger armene op og ned.
- Reaktionsvinkel. Den vinkel en deltager skal bevæge armene til før næste deltager må begynde sin op-ned-bevægelse.
- Reaktionstid. Den tid der går inden en deltager må reagere og begynde sin op-ned-bevægelse.
- Deltagerafstand. Den afstand der er mellem deltagerne.

Der er to regler:

1. Den enkelte deltager skal time sin påbegyndelse af op-ned-bevægelsen med sidemandens. Enten reagerer de på en vinkel (reaktionsvinkel), eller også reagerer de på sidemandens påbegyndelse af bevægelsen (reaktionstid).
2. Alle deltagers arme skal holde den samme vinkelhastighed i op-ned-bevægelsen. Dette kan gøres ved at indføre en metronom eller musik med et tydeligt og konstant beat.

Øvelsen forløber ved at en deltager sætter bølgebevægelsen i gang. Derefter kører den en runde hvorefter den stopper. Læreren kan eventuelt stoppe eleverne midt i runden for at undersøge bølgelængden. Eller en deltager kan følge med rundt for at undersøge bølgehastigheden. Øvelsen varieres ved at fokusere på de forskellige ad hoc-begreber.

**Elevudvikling af øvelsen:** Eleverne kan her inddeles i grupper som diskuterer nedenstående ændringer. Hvordan hænger ad hoc-begreberne sammen med fagtermerne? Hvordan ændres bølgelængde, frekvens og bølgehastighed?

- Op-ned-hastighed ændres (frekvensændring).
- Reaktionsvinklen ændres (ændring af bølgelængde).
- Reaktionstid fastholdes, op-ned-hastighed ændres (svarer til at fastholde bølgehastigheden).
- Elevafstanden ændres (ændring i densitet).

Læreren kan bede eleverne komme med forudsigelser som testes ved at udføre øvelsen igen.

**Pointer til opsummering:**

- Op-ned-hastighed er det samme som frekvens.
- Ved højere frekvens skal eleverne bruge mere energi for at udføre bevægelsen ( $E = hf$ ).
- Reaktionsvinklen er omvendt proportional med bølgelængden.
- Læreren kan sammenligne med fjederlignende kræfter i faste materialer.
- At fastholde reaktionstiden svarer til at fastholde bølgehastigheden.
- Det vil sige at hvis de ændrer frekvensen, vil bølgelængden også ændres.
- Kobling til ligningen  $c = \lambda v$ .

**Tabel 2:** En præsentation af en kropslig øvelse om kraftdiagrammer.

<p><b>Titel: Kraftdiagram for en kasse på et underlag</b></p>
<p><b>Fagligt indhold:</b> Kræfter, kraftdiagrammer, hastighed, acceleration, dynamisk og statisk friktion</p>
<p><b>Faglige mål:</b> Eleverne skal få en fornemmelse af de kræfter der er involveret når de trækker et objekt hen over et underlag. Fysikbøger illustrerer gerne objektet med en kasse, men af praktiske årsager kan de i denne øvelse bruge en kontorstol.</p>
<p><b>Materialer og logistik:</b> Til hver gruppe af elever skal bruges:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En kontorstol</li> <li>• Et stykke reb</li> <li>• Musik med et tydeligt og konstant beat</li> <li>• En fjedervægt (til lystfiskerbrug)</li> <li>• Områder med forskellige typer underlag</li> <li>• Eventuelt store linealer og vinkelmålere</li> <li>• Videokameraer (evt.).</li> </ul>
<p><b>Opsætning:</b> Eleverne inddeles i grupper a 3-4 personer. Rebet monteres på kontorstolen, og fjedervægten monteres på rebet.</p>
<p><b>Definitioner, regler og forløb:</b> Der er ikke udviklet specielle definitioner til denne øvelse. De relevante fagbegreber forudsættes kendt; ellers bør de pointeres. Til gengæld lægger øvelsen op til at måle vinkler, hastighed og kraft. Her er idéer til hvordan deltagerne kan gøre dette:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hastighed. Lad deltagerne opnå konstant hastighed ved at gå til et beat med en konstant skridtlængde. Deltagerne opmåler skridtlængden og finder beats pr. minut. Herefter kan de beregne hastigheden.</li> <li>• Snorens vinkel. Snoren holdes i en nogenlunde ens højde under bevægelsen. Deltagerne kan nu måle snorens længde og højden så de kan beregne vinklen.</li> <li>• Kraftens størrelse. Fjedervægten viser et antal kilogram som eleverne kan aflæse.</li> </ul> <p>Øvelsen forløber ved at en elev sidder i stolen, en anden trækker i rebet, og de(n) sidste står for målinger. En øvelsesvejledning findes i <i>Krop og computer i fysikundervisningen</i> (Bruun, 2008). Her er øvelsen og elevreaktioner også diskuteret i detaljer.</p> <p>Reglerne for denne øvelse er kun af sikkerhedsmæssig karakter. Eleverne bør ikke bevæge sig for hurtigt da stolen kan kæntre, eller der kan ske sammenstød.</p>

**Elevudvikling af øvelsen:** Eleverne har mange muligheder for at arbejde med denne øvelse. De kan fx:

- teste den optimale trækvinkel for forskellige underlag
- teste forskellen på dynamisk og statisk friktion
- overveje oscillerende kræfter
- opstille kraftdiagrammer ud fra øvelsen
- tilføje objekter.

Øvelserne kan måske danne baggrund for en fysikrapport.

**Pointer til opsummering:** Opstil separate kraftdiagrammer for stol og personen der trækker. Diskuter gyldigheden af analogien mellem at trække en stol hen over et underlag og at trække en kasse hen over et underlag.

## Kropslige øvelser

I dette afsnit gennemgår jeg nogle erfaringer med og betragtninger om brugen af kropslige øvelser i fysikundervisningen. Disse erfaringer er konkretiseret i form og indhold i tabellerne. Nogle af erfaringerne er banale, men jeg har fundet det nyttigt at skrive dem ned alligevel.

### *Fagligt indhold og faglige mål*

Det er nødvendigt for alle undervisningsforløb at forholde sig til læreplaner og pensum ligesom det er en fordel for både lærer(e) og elever at være helt klar over hvad de faglige mål er. Derfor er det ikke nogen overraskelse at hver øvelse kræver en klargøring af hvad de faglige indhold og mål er.

Øvelserne kan meget vel have pædagogiske og sociale mål i tilgift ligesom det at arbejde med og udvikle disse øvelser kan bidrage til deltagernes kompetencer. Jeg vil ikke komme videre ind på kompetence- og sociale aspekter da jeg ikke mener at de er blevet undersøgt i tilstrækkelig grad. En undersøgelse fra USA (Slater, Cherilynn & Timothy, 2008) viser dog at elever med faglige og sociale problemer kan have udbytte af kropslige øvelser.

Den første reaktion på idéen om kropslige øvelser er gerne at de er for de fagligt svage, og at det er begrænset hvor svært fagligt stof sådanne øvelser kan formidle. Der synes dog ikke at være undersøgelser som bekræfter de to holdninger.

De to øvelser i denne artikel har fagligt indhold svarende til C-niveau (tabel 1) og A- eller B-niveau (tabel 2). Læg mærke til at bølgeøvelsen er tænkt så den kan integreres med den formelle, matematiske del af undervisningen, mens den anden øvelse kan fungere som udgangspunkt for en fysikrapport.

## *Materialer og logistik*

I forhold til traditionel fysikundervisning ligner kropslige øvelser gerne en mellemting mellem en idrætstime og eksperimentelt arbejde i fysik. Begge aktiviteter kræver planlægning af hvor eleverne skal være, hvordan de skal inddeles, hvilke materialer de skal have adgang til og så videre.

Hvis du som lærer bruger kropslige øvelser som en integreret del af undervisningen – for eksempel efter en klassesdiskussion – skal du afsætte tid til at klassen kan begynde opsætningen af øvelsen. Det kan være at bordene skal rykkes rundt, eller at eleverne skal ned i en gymnastiksal. Materialerne bør være klar til brug så undervisningen ikke bliver afbrudt unødigt.

I de to øvelser i denne artikel har jeg inkluderet videokameraer som en mulighed. De er ikke nødvendige, men de kan bruges både til at behandle data og i pædagogisk øjemed. En lærergruppe kan fx kigge materialet igennem og se hvordan eleverne reagerer på at lave sådanne øvelser.

Ligesom fysiklaboratoriet har sine klassikere (fx multimetret og strømforsyningen), er der formentlig nogle materialer som viser sig specielt nyttige. For eksempel har eleverne brugt musik med et tydeligt og konstant beat til at opnå konstante hastigheder selv om det har været med varierende succes. Det er muligt at en metronom er bedre til at opnå denne effekt, men min oplevelse er at eleverne synes det er en sjov måde at bruge musik på.

## *Opsætning*

Opsætningen af øvelsen svarer til en forsøgsopstilling i fysiklaboratoriet. Alle har deres bestemte pladser at tage udgangspunkt i, og elever og lærer(e) kan undersøge om alt udstyret er til stede og virker. Nogle øvelser vil kræve at eleverne i denne fase deles i grupper. I bølgeøvelsen er det ikke nødvendigt, mens kasseøvelsen kræver grupper a 3-4 deltagere.

## *Definitioner*

I bølgeøvelsen har jeg indført nogle begreber der beskriver den enkelte deltagers bevægelse. Tanken er at sådanne ad hoc-begreber er mindre abstrakte end fysikkens begreber. De lægger sig forhåbentlig mere op ad elevernes umiddelbare forståelse af hvad der foregår. I bølgeøvelsen er de meget konkrete, og det står selvfølgelig læreren frit for at finde på navne som passer til elevernes forforståelse. Det er meningen at eleverne i løbet af øvelsen skal kunne relatere ad hoc-begreberne til de fysikfaglige begreber som øvelsen skal give indsigt i.

Ad hoc-begreber kan også være præfaglige udtryk – det vil sige elevernes egne ord for fysikfaglige begreber (Dolin, 2002). I så fald kan en del af øvelsen gå ud på at eleverne får oversat præfaglige udtryk til korrekte fysikfaglige begreber.

## *Regler og forløb*

Nogle kropslige øvelser tager udgangspunkt i at eleverne mærker fysikbegreberne på egen krop. Øvelsen om kraftdiagrammer (kasseøvelsen) er et eksempel på en sådan øvelse. Her skal de (be)mærke de kræfter der er involveret, eventuelt i form af en acceleration eller en konstant hastighed. Den slags øvelser har ikke nogen egentlige regler ud over sikkerhedsregler.

Bølgeøvelsen er anderledes. Den virker nemlig kun efter hensigten hvis den enkelte deltager følger de to regler der er givet. Reglerne kan minde om regler for leg eller sport. I bølgeøvelsen giver disse to lokale regler en global opførsel, nemlig bølger.

Kasseøvelsen er en illustration af fagligt svære begreber. Baggrunden for denne type øvelse er at elever gerne har forforståelser i mekanik som de henter fra en personlig kropslig forståelse (Reiner, 2000). Det er ikke sikkert at deres kropslige forståelse er rigtig, og øvelsen er et forsøg på at bringe deres kropslige forståelse af kraft mere i overensstemmelse med mekanikkens forståelse af kraft. Bølgeøvelsen er i kontrast hertil en illustration af et naturligt forekommende fænomen som involverer mange samarbejdende dele. Da mennesker ikke normalt samarbejder på denne måde, kræver øvelsen at deltagerne følger reglerne for at opleve fænomenet.

## *Elevudvikling af øvelsen*

Det er muligt for eleverne at arbejde selvstændigt med kropslige modeller. Hvor meget ansvar læreren vil give eleverne for selv at udvikle og uddrage faglige pointer af øvelserne, er selvfølgelig op til den enkelte. I de to tabeller har jeg skitseret nogle muligheder for elevernes selvstændige arbejde med øvelserne.

Hvis ikke eleverne har arbejdet med kropslige øvelser før, kan det være en udfordring for dem overhovedet at forstå formatet. Derfor kan det være en overvejelse værd at lave ret udførlige hjælpebeskrivelser i starten for senere at udfordre eleverne lidt mere.

De gange jeg selv har arbejdet med elevudvikling af kropslige øvelser, har jeg lagt vægt på dels en legende tilgang og dels at gå meget rundt mellem grupperne og hele tiden spørge til hvad de kan vise. De har jo netop noget helt konkret de kan vise fordi de bare skal bruge deres egne kroppe.

## *Opsummering af essentielle pointer*

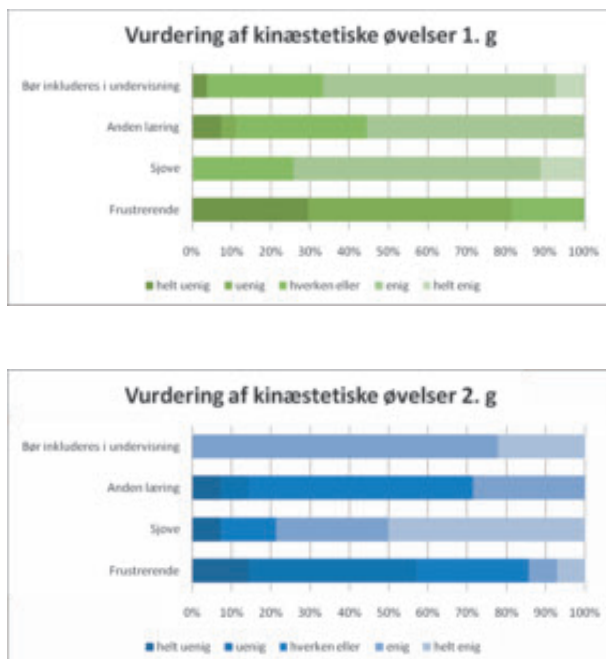
Som regel kan gruppearbejde afsluttes med en klassediskussion hvor læreren kan arbejde med elevernes faglige forståelse. Bølgeøvelsen er et eksempel på en øvelse hvor læreren med fordel kan opsummere faglige pointer lige når øvelsen er afsluttet. Det er nemlig ikke givet at eleverne nødvendigvis har fået den ønskede helhedsoplevelse af øvelsen. Det kan for eksempel være at de har været opmærksomme på at overholde

reglerne hvilket ofte sker i bølgeøvelsen. I en diskussion efter øvelsen kan eventuelle observatører (læreren, en gruppe) gøre opmærksom på hvad de så.

## Fordele og faldgruber

Kropslige øvelser indeholder stor mulighed for at gøre eleverne aktive. Det kan give en række positive effekter – for eksempel at øvelsen bliver autentisk for eleverne. Så opfatter eleverne øvelsen som relevant for dem enten i deres hverdag eller fordi den kan sættes i en større sammenhæng (Dolin, 2002). Det kan give nogle solstrålehistorier fordi eleverne føler ejerskab over for øvelsen. I en af afviklingerne af bølgeøvelsen foreslog en elev for eksempel at en måde at ændre bølgelængden på simpelthen var at øge afstanden mellem deltagerne.

I “Krop og computer i fysikundervisningen” har jeg blandt andet arbejdet med elevernes oplevelse af kropslige øvelser. Eleverne arbejdede også med traditionel klasseundervisning, og jeg testede desuden nogle computerøvelser. Lærerne og jeg kunne observere at der var en meget høj grad af elevaktivitet under både computerøvelser og kropslige øvelser, og eleverne syntes også at de kropslige øvelser var både sjove og givende (figur 1).



**Figur 1.** Elevernes vurdering af kinæstetiske (kropslige) øvelser. Feltet “anden læring” går på om de mente at de lærte noget de ellers ikke ville have lært.



I en af de to klasser jeg arbejdede med, var emnet kraftdiagrammer, og der er udviklet velafprøvede test af elevernes forståelse af kræfter, for eksempel multiple-choice-testen Force Concept Inventory der også er oversat til dansk (Center for Naturfagernes Didaktik, 1999). Testen indeholder nogle spørgsmål som er næsten identiske set ud fra en fysikers synspunkt. For eksempel går et af spørgsmålene på at angive kræfter for et barn på en gyng. Et andet af spørgsmålene hidrører en kugle der kører igennem et glat, cirkulært rør. Eleverne skal nu vælge hvilke kræfter der virker på objektet. Spørgsmålene har præcis samme svarmuligheder hvoraf kun én er rigtig. Fysisk set er der faktisk tale om samme situation, så det er kun konteksten der er ændret.

Nedenstående figur viser en kanal/rende af form som et cirkeludsnit, med centrum i O. Du ser kanalen ovenfra, mens den ligger på et vandret bord. Kanalen kan betragtes som gnidningsfri, lige som man kan se bort fra kræfter forårsaget af luften. En kugle skydes med høj fart ind i kanalen ved P, og den forlader kanalen ved R.



Følgende figur viser en dreng, der gynger. Han starter fra et punkt, som er højere beliggende end P.

Betragt følgende kræfter:

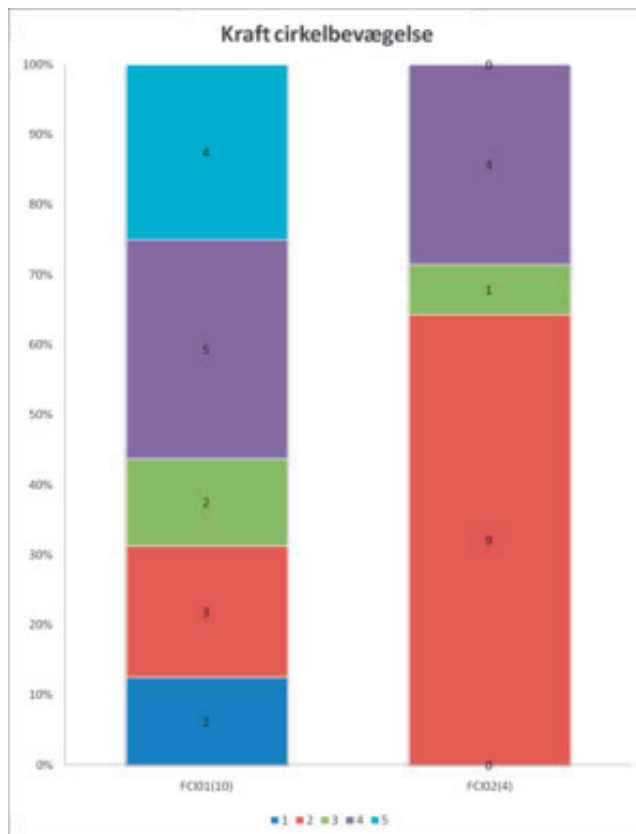
- A. en nedadrettet gravitationskraft.
- B. en kraft forårsaget af rebet, som peger fra P mod O.
- C. en kraft i retning af drengens bevægelse.
- D. en kraft, der peger fra O mod P.



**Figur 2.** To opgaver fra den danske oversættelse af Force Concept Inventory (FCI).

Svarmulighederne til begge opgaver var 1) kun A, 2) A og B, 3) A og C, 4) A, B og C og 5) A, C og D.

Det ene spørgsmål indgik i en minitest for klassen der havde om kraftdiagrammer, før undervisningsforløbene, og det andet spørgsmål i en minitest efter forløbene. Eleverne var blevet udsat for både traditionel undervisning, computerøvelser og kropslige øvelser, så det er ikke til at sige hvad der virkede, men som figur 3 viser, er der sket en mærkbar ændring i positiv retning.



**Figur 3.** Her ses elevernes svar før og efter undervisningsforløbene. Den korrekte svarmulighed er 2) A og B.

Et problem med kropslige øvelser kan være at de kræver meget tid. Det kræver tid at udvikle dem, forberede dem og afvikle dem. De to første problemer vil aftage hvis lærerne opbygger både øvelser og materiel til at udføre dem. Det er ikke sikkert at vi kan reducere den undervisningstid en klasse skal bruge på at arbejde med kropslige øvelser, betragteligt. En klasse vil nok opleve nogen reduktion i brugt undervisningstid hvis de vænner sig til at bruge denne repræsentationsform. Men for elever som er gode til at læse og forstå skreven tekst, kan det meget vel være mest effektivt at følge traditionelle undervisningsformer.

I min forståelse af kropslige øvelser lægger de op til at eleverne arbejder selvstændigt og selv tager ansvar for læringen. Det har selvfølgelig den mulige faldgrube at eleverne ikke arbejder selvstændigt og bare pjatter med hinanden. Dette problem er velkendt for alt selvstændigt arbejde, og en af løsningerne kan være at elevernes arbejde med disse modeller evalueres med karakterer.

## Kropslige øvelser i undervisningen

På trods af at kropslige øvelser kan tage lang tid at afvikle, mener jeg alligevel at de med fordel kan bruges i stedet for dele af det læste pensum. Mit argument er at hvis eleverne rent faktisk er aktive i store dele af fysikundervisningen, hvis de rent faktisk synes at fysik bliver håndterbart, så er det grund nok til at anvende øvelserne. Især hvis øvelserne ikke giver en ringere forståelse end eleverne ellers ville have fået. Der er noget der tyder på at eleverne synes at øvelserne er spændende, og der er noget der tyder på at de faktisk kan lære noget af dem.

Fysikeren Richard Feynman giver os også et argument for at involvere vores egen krop i fysikundervisningen. Han skriver om at lære fysik:

[A]s you try to understand nature in more and more complicated situations, the more you can guess at, feel, and understand *without actually calculating*, the much better of you are! (Feynman, Gottlieb & Leighton, 2006, s. 52, min kursivering)

Kropslige øvelser kan måske hjælpe elever til at gætte, føle og forstå fysik uden at lave matematiske udregninger, og hvis det er sandt, så kan de måske blive mere kompetente inden for fysik. Måske vil noget tilsvarende endda gælde i andre fag.

Der ligger stadig en del arbejde med at integrere kropslige øvelser på en fornuftig måde i undervisningen. En af udfordringerne er at finde en måde at vurdere elevens arbejde med øvelserne på. Øvelsen med kraftdiagrammer lægger op til en slags fysikrapport, men det er åbent hvordan en lærer skal vurdere de tanker eleverne har gjort sig om udvidelser af øvelsen.

Som fysiker ser jeg også gerne at der er en afsmittende effekt fra de kropslige øvelser til at anvende og udvikle matematiske modeller. Det vil sige at jeg håber at elever og studerende kan blive bedre til at regne fysikopgaver ved at opnå en kropslig forståelse.

## Referencer

- Boulter, C.J. & Buckley, B.C. (2000). *Constructing a Typology of Models for Science Education*. I: J.T. Gilbert & C.T. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 41-58). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bruun, J. (2008). *Krop og computer i fysikundervisningen*. København: Københavns Universitet. Center for Naturfagenes Didaktik. (1999). *Nogle opgaver om fart og kraft*. Aarhus Universitet.
- Dambjerg, E., Dolin, J. & Ingerslev, G.H. (2006). *Gymnasiepædagogik*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Dolin, J. (2002). *Fysikfaget i forandring*. Roskilde: IMFUFA/RUC.

- Dolin, J., Krogh, L.B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse for naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen, *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser* (s. 59-140). København: Uddannelsesstyrelsen.
- Feynman, R.P., Gottlieb, M.A. & Leighton, R. (2006). *Feynman's Tips on Physics – a problemsolving supplement to the Feynman Lectures on Physics*. San Fransisco: Pearson Addison Wesley.
- Franco, C. & Colinviaux, D. (2000). Grasping Mental Models. I: J.T. Gilber & C.T. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 93-118). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J.K., Boulter, C.J. & Rutherford, M. (2000). Explanations with Models in Science Education. I: J.T. Gilbert & C.T. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 193-208). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J.K., Pietrocola, M., Zylbersztajn, A. & Franco, C. (2000). Science and Education: Notions of Reality, Theory and Model. I: J.K. Gilbert & C.J. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 19-40). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Reiner, M. (2000). Thought Experiments and Embodied Cognition. I: J.K. Gilbert & C.J. Boulter, *Developing Models in Science Education* (s. 157-176). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Slater, S.J., Cherilynn, A.M. & Timothy, F.S. (2008). The impact of a kinesthetic astronomy curriculum on the content knowledge of at-risk students. *NARST* (s. 34). Baltimore: NARST.

## Abstract

Models in physics can be represented in different ways. One form of representation is the kinesthetic model. Working kinesthetically allows students to explore subject matter in a way which is different from what physics teaching traditionally offers. Exercises involving kinesthetic models seem to motivate students, because they actively involve them in the learning process. In this article I give two examples of kinesthetic exercises which can be used in physics education at the upper secondary level. One of the exercises aims at giving a bodily intuition for the concept of force and force diagrams, while the other illustrates and couples the fundamental concepts wavelength, frequency, and wave speed. The force diagram exercise is aimed at mid to high level physics in Danish upper secondary schools, while the wave exercise is for the obligatory level.