

# Formål med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen

Lærke Bang Jacobsen, Roskilde Universitetscenter

*Abstract Med udgangspunkt i Hodsons 1990-artikel som findes i en oversat udgave i seneste MONA, 2008(3), beskriver denne artikel formålene med eksperimentelt arbejde i naturfagsundervisningen som fundet i forskningslitteraturen. Nedslagene viser at eksperimentelt arbejde typisk ses som et middel til at opnå primært kognitive, procedurale og affektive evner. Med denne artikel ønsker jeg at vende diskussionen så disse evner ikke længere ses som mål med eksperimentelt arbejde i undervisningen, men er midler til at lære at udføre eksperimentel fysik, opfattet som at løse fysikfaglige problemer ved brug af eksperimentelle metoder. Denne evne kaldes eksperimentel problemløsningskompetence.*

## Indledning

Denne artikel består dels af en oversigt over formålene med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen som givet i forskningslitteraturen fra de seneste 20-30 år og dels af en model for min forståelse af de formål, der kan være med eksperimentelt arbejde. Denne model er opbygget omkring begrebet *eksperimentel problemløsningskompetence* og benytter formålsbeskrivelserne i litteraturen som udgangspunkt til at italesætte hvilke evner eleverne må trække på for at opnå denne kompetence.

En kortlægning af formålene med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen er en del af mit ph.d.-projekt i fysikkens didaktik, omhandlende laboratoriearbejdet i fysikundervisningen i gymnasiet. I denne forbindelse er jeg nået frem til en række betragtninger som jeg finder relevante for MONA's læsere.

Formålene med eksperimentelt arbejde i naturfagsundervisningen har været diskuteret lige så længe som eksperimentelt arbejde har været en del af naturfagsundervisningen, og denne artikel er oplagt ikke det første forsøg på en kortlægning af formålene. Der findes flere review-artikler og bøger, som fx Shulman & Tamir (1973), Hofstein & Lunetta (1982), Hegarty-Hazel (1990), Woolnough (1991a), Leach & Paulsen (1999) og Hofstein & Lunetta (2004). Dog eksisterer denne diskussion primært på engelsk, og oversættelsen af Hodsons artikel i sidste nummer af MONA ser jeg som indgang til en diskussion på dansk.

De beskrevne formål med eksperimentelt arbejde er i vid udstrækning generelle for naturfagsundervisningen, og en del af den refererede litteratur omhandler da også den eksperimentelle undervisning i naturfagene frem for ren fysik. Betragtningerne omhandler primært undervisning på gymnasieniveau, men diskussionerne kan oftest overføres til andre undervisningsniveauer hvor eksperimentelt arbejde benyttes som undervisningsmetode.<sup>1</sup>

Med begrebet *eksperimentelt arbejde* afgrænser jeg mig til den undervisningsmetode hvor eleverne selv (i forskellig grad) planlægger, udfører og rapporterer deres praktiske arbejde i et laboratorielignende miljø på selve undervisningsstedet. Dermed er demonstrationsforsøg ikke en del af denne diskussion. Heller ikke forsøg uden for skolen, fx på museer, virksomheder og forskningsinstitutioner, medtages. Endelig ser jeg også bort fra virtuelle laboratorier, simuleringer og computereksperimenter.

Dette er ikke en artikel der refererer hvilke formål der er i spil i fysikundervisningen på danske og internationale uddannelsesinstitutioner.<sup>2</sup> Det er heller ikke en artikel der refererer hvordan man eksaminerer eller tester den læring eleverne har opnået gennem det eksperimentelle arbejde.<sup>3</sup> Jeg ønsker heller ikke at beskrive hvilke laboratorieforsøg der kan fremme at disse formål nås. Det er derimod en beskrivelse af de normative formål med eksperimentelt arbejde som den eksisterende litteratur opstiller, samt mit bud på det samme.

Eksperimentelt arbejde har været en integreret del af fysikundervisningen i gymnasiet i over hundrede år (Beyer, 1992) og er med gymnasiebekendtgørelsen af 2005 (Læreplan 2006a, b, c) stadig en vigtig og tidskrævende del af undervisningen. Læreplanerne dikterer at 20 procent af konfrontationstiden i fysikundervisningen i gymnasiet skal bruges på eksperimentelt arbejde.

Eksperimenternes rolle og formål i naturfagene er løbende debatteret. Internationalt set blev eksperimentelt arbejde ved de store reformarbejder i 1960'erne set i et særdeles positivt lys hvor elevstyrede laboratorieforsøg antoges at tjene lange lister af formål (Trumper, 2003). Sidst i 1970'erne og op gennem 1980'erne blev formålene med eksperimentelt arbejde betvivlet (Hofstein & Lunetta, 1982; Newton, 1979; White, 1979; Woolnough, 1979, 1983), og en række forskningsarbejder blev iværksat for at undersøge om denne undervisningsmetode faktisk lærte eleverne alle de ting som det var antaget.<sup>4</sup> Mange negative konklusioner fandtes, og eksperimentelt arbejde måtte samle sig omkring nye formål, blandt andet ved at indføre nye metoder: kon-

1 I projektet Labwork in Science Education (Welzel et al., 1998) rapporteres dog visse forskelle mellem gymnasie- og universitetsunderviseres holdninger til formålene med eksperimentelt arbejde.

2 Se f.eks. Welzel et al. (1998), Johnstone et al. (1998), Swain et al. (1999), Hirvonen og Viiri (2002), Lavonen et al. (2004) og Gomes et al. (2008).

3 Se f.eks. Dynan og Kempa (1977), Hellingman (1982) og Hodson (1992a)

4 Se f.eks. Johnstone og Wham (1982), der beskriver laboratoriet som en tilstand af ustabil overload. Derudover vil en del af den refererede litteratur klarlægge problemer med at nå de mål, som eksperimentelt arbejde pålægges at tjene.

struktivistiske syn på eksperimentelt arbejde (se bl.a. Goldbech et al., 1992), Predict-Observe-Explain (se Gunstone, 1991), autentisk læring (se Dolin, 2002 og Roth, 1995), åbne opgaver og projektarbejde osv.

I dag har feltet til en vis grad drejet sig mod diskussionen af virtuelle laboratorier, eksperimentelt arbejde uden for skolesammenhæng samt særligt diskussionen omkring elevers interesse, udsprunget af kvantitative studier der viser elevers negative holdninger til og evner i naturvidenskab (Troelsen & Sølberg, 2008; Andersen & Kjærnsli, 2003).

I Danmark er der stadig en diskussion af eksperimentelt arbejde, se fx ph.d.-afhandlingen af Schilling (2007), kompetencebeskrivelsen af fysik (Dolin, 2002 og Dolin et al., 2003) og kompetencebeskrivelsen af naturfag i FNU-rapporten (Andersen et al., 2003). Tillige har der været danske publikationer omhandlende eksperimentelt arbejde i fysik (bl.a. Thomsen, 1992; Goldbech & Paulsen, 2004) og det danske bidrag til LSE (Labwork in Science Education), (Welzel et al., 1998).

## Nedslag i litteraturen

I dette afsnit fremhæves en række undervisningsforskere der på forskellig vis har haft betydning for diskussionen af formålene med eksperimentelt arbejde. De valgte nedslag er Hodson, Woolnough & Allsop, Gott & Duggan og Jensen. Dette afsnit er af refererende karakter. Jeg har valgt disse forfattere da de har haft relevans for udviklingen af min forståelse af formålet med eksperimentelt arbejde.

### Hodsons “at lære naturvidenskab”, “at lære om naturvidenskab” og “at udføre naturvidenskab”

En aktiv kritiker i debatten om formål og udførelse af eksperimentelt arbejde i undervisningssammenhæng er Derek Hodson (se bl.a. Hodson, 1990, 1992a, 1992b, 1993, 1996 og 1998).

For at styre sin kritik af de formål med eksperimentelt arbejde der ofte listes af lærere og forskere i feltet, inddeler han formålene i fem overordnede kategorier (Hodson, 1990, 1993; se *MONA*, 2008(3)):

1. at motivere ved at stimulere interesse og inspiration
2. at undervise i laboratoriefærdigheder
3. at fremme læring af videnskabelig viden
4. at give indsigt i naturvidenskabelige metoder og udvikle ekspertise i at anvende dem
5. at udvikle særlige “naturvidenskabelige holdninger” som fx fordomsfrihed, objektivitet og accept af at man ikke skal drage forhastede konklusioner.

Formålsbeskrivelsen refererer ikke direkte til eksisterende litteratur, men lægger sig op ad tilsvarende kategoriseringer af bl.a. Shulman & Tamir (1973) og Newton (1979).

Efter at have præsenteret sin liste giver Hodson en hård kritik af disse formål. Men Hodson er ikke i gang med at afskaffe eksperimentelt arbejde som undervisningsmetode. Eksperimentelt arbejde bruges ifølge Hodson for meget og for lidt. Hans udredning af eksperimentelt arbejde som undervisningsmetode er en mere stramt kørt og til alle tider teoridrevet tilgang.

Hodson tillægger de forskellige formål en snæver betydning hvor fx laboratoriefærdigheder fortolkes som rent psykomotoriske evner. Den senere refererede litteratur fortolker tilsvarende kategori bredere. Da Hodson ikke angiver hvem der har inspireret ham til opstillingen og ikke selv udfolder kategorierne, finder jeg hans kritik mangelfuld. Men fortolkes formålene på Hodsons snævre vis, da finder jeg kritikken oplagt, og selv i en bredere fortolkning af kategorierne er hans kritik relevant.

I stedet for femdelingen af formålene med eksperimentelt arbejde appellerer han til en anden kategorisering med tre indgange som er af en anden natur (Hodson, 1992b, 1996, 1998):

1. at hjælpe eleverne til *at lære naturvidenskab* – opnå og udvikle konceptuel og teoretisk viden
2. at hjælpe eleverne med *at lære om naturvidenskab* – udvikle en forståelse for naturen og de naturvidenskabelige metoder samt bevidsthed om de komplekse vekselvirkninger mellem naturvidenskab, teknologi, samfund og miljøet
3. at sætte eleverne i stand til *at udføre naturvidenskab* – engagere sig i og udvikle ekspertise i naturvidenskabelig undersøgelse og problemløsning.

Man kan kritisere Hodsons sprogbrug. *At lære naturvidenskab* vil normalt opfattes som samlebetegnelse for at lære konceptuel og teoretisk viden, at lære om naturvidenskab og at lære at handle naturvidenskabeligt, hvor Hodson her kun henviser til konceptuel og teoretisk viden.

I kategorien *at lære naturvidenskab* kan eksperimentelt arbejde bruges til at gøre eleverne bekendte med den fysiske verden. Hodson skriver:

... hvis uddannelse i naturvidenskab handler om at give mening til den fysiske verden og forstå (og bruge) den konceptuelle og procedurale viden som naturvidenskabsfolk har udviklet til at assistere dem i denne opgave, da må et første skridt i naturvidenskabsundervisningen være at *gøre sig bekendt* med denne verden. Her er laboratoriearbejde essentielt. Det er muligvis den eneste måde på første hånd at opleve mange af de fænomener og begivenheder som naturvidenskab arbejder med. (Hodson, 1993, s. 110, egen oversættelse, original kursiv)

*At lære naturvidenskab* er af andre (fx White, 1979, 1991) kaldet opbygning af episodisk viden, og Woolnough & Allsop (1985) kalder "at gøre sig bekendt med verden" for "at få en fornemmelse for fænomenet". Derudover påpeger Hodson at laboratoriearbejde

kan begrundes ved at lade elever udforske, gennemarbejde og teste deres eksisterende idéer mod erfaringer, men han understreger at dette kun har sin berettigelse når laboratoriearbejdet er teoriladet og velforstået af eleven.

Hodson argumenterer for hvorfor eksperimentelt arbejde kan bidrage til *at lære om naturvidenskab*:

En teordrevet tilgang til undersøgelser hvor eleverne *bruger* processerne og metoderne i naturvidenskab til at udforske fænomener og konfrontere problemer som et middel til at forbedre og udvikle deres forståelse [...] giver en stærk indsigt i naturvidenskabelige aktiviteterets natur. (Hodson, 1993, s. 114, egen oversættelse, original kursiv)

Yderligere kan eksperimentelt arbejde bidrage til *at lære om naturvidenskab* ved at lade eleverne reflektere over deres personlige læreproces (hvilket han ikke uddyber betydningen af). Tillige kan eksperimentelt arbejde kaste lys over det komplekse samspil der er mellem teori og eksperiment i naturvidenskab, dvs. klarlægge at der findes eksperimenter der verificerer teorier, eksperimenter der bidrager til udvikling af teorier, eksperimenter der står uforklarede hen og venter på at teorier udvikles, og endelig de tilfælde hvor teori og eksperimenter udvikles sammen. Kort sagt assisterer eksperimenter teori, og teori assisterer eksperimenter. Dette bliver der ikke undervist i på den måde eksperimentelt arbejde praktiseres i undervisningen i dag. Hodson mener at eksperimentelt arbejde kan bidrage til at eleverne forstår sammenhængen mellem teori og empiri: at eksperimenter kan bruges til at teste teorien empirisk og assistere i videreudviklingen af teorien, og omvendt at teorien kan bidrage til at generere spørgsmål der kan testes empirisk og guide designet af eksperimentet der kan svare på spørgsmålene.

Endelig diskuterer Hodson hvordan eksperimentelt arbejde kan bidrage til *at udføre naturvidenskab*. Han understreger at det ikke handler om at lære metoderne i naturvidenskab eller at blive eksperter i at bruge specifikke laboratorietechnikker, men at bruge disse metoder og procedurer til at undersøge fænomener, løse problemer og forfølge interesser, dvs. at eleverne går fra at svare på spørgsmål til at stille spørgsmål. Hodson påpeger at de valg eksperter i naturvidenskab træffer i udførelsen af undersøgelser, er en kombination af viden, kreativitet, eksperimentel flair og affektive komponenter som ikke kan ekspliciteres og derfor ikke kan fralæres (han bruger her ordene rationale og intuition). Dermed må dette læres ved at udføre naturvidenskab i selskab med en erfaren praktiker.<sup>5</sup>

Hodson mener altså at eksperimentelt arbejde bruges forkert, men hvis eksperimentelt arbejde udføres så de ovenstående formål tjenes, da vil denne undervisningsform

5 I mange angelsaksiske lande er der tilknyttet laboratorietechnikere til den eksperimentelle del af naturfagsundervisningen.

kunne bidrage med langt mere og må derfor gives endnu mere tid end den tillægges i dag.

Jeg mener at Hodsons opdeling af eksperimentelt arbejde er meningsfuld og giver overblik. Jeg er glad for hans fokus på metaperspektivet på eksperimentelt arbejde, og jeg er glad for at han ikke sætter motivation som et formål i sig selv. Men derudover mener jeg at hans tredeling til en vis grad overlapper med den femdeling han kritisk refererer at lærere benytter sig af. *At udføre naturvidenskab* har visse overlap med at undervise i laboratoriefærdigheder samt at udvikle ekspertise i at anvende naturvidenskabelige metoder. *At lære om naturvidenskab* overlapper til en vis grad med at give indsigt i den naturvidenskabelige metode. *At lære naturvidenskab* overlapper delvis med at fremme læring af videnskabelig viden. At motivere ved at stimulere interesse og inspiration genfindes i Hodsons beskrivelse af *at udføre naturvidenskab*. At udvikle særlige naturvidenskabelige holdninger genfindes i alle tre kategorier.

### Woolnough & Allsops “at udvikle færdigheder og teknikker”, “at være problemløsende forsker” og “at få fornemmelse af fænomenet”

Woolnough & Allsop (1985) udvikler, efter en opstilling og kritik af de formål der ofte findes for eksperimentelt arbejde (meget lig Hodsons kritik), en tredeling af formålene med eksperimentelt arbejde i naturfagsundervisningen (se tabel 1). Disse tre formål nås med forskellige øvelsestyper som ligeledes er givet i tabellen.

**Tabel 1.** Woolnough & Allsops tredeling af formålene med eksperimentelt arbejde samt de undervisningsformer der bedst tjener disse formål. En række eksempler er givet for de forskellige øvelsestyper (egen oversættelse).

Formål	Type af øvelse	Eksempler
Udvikle praktiske, naturvidenskabelige færdigheder og teknikker	Øvelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Observere og beskrive kogende vand</li> <li>– Opdage forskelle mellem at observere med øjet, lup og mikroskop</li> <li>– Estimere antal molekyler i en vejtrækning</li> </ul>
Være en problemløsende forsker	Undersøgelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Undersøge hvilke faktorer der påvirker styrken af beton</li> <li>– Bestemme hvilke materialer der er bedst til fremstilling af skosål, køkkengulv og cykelbremse</li> <li>– Bygge en anordning der kan få et æg til at falde 5 meter så hurtigt som muligt uden at smadres</li> </ul>

---

Opnå en fornemmelse for fænomenet	Oplevelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Strække en elastik</li> <li>– Se på formationen af olielag på vandoverflader</li> <li>– Sammentrykke luft i en sprøjte</li> <li>– Bevæge armene ud og ind mens man sidder på en roterende stol</li> </ul>
-----------------------------------	-----------	--

---

*At udvikle praktiske, naturvidenskabelige færdigheder og teknikker* er en samlebetegnelse for at observere, måle, estimere, manipulere, se forskelle og ligheder, gennemskue hvilke mulige observationer der er relevante og vigtige, være i stand til at måle forskellige fysiske egenskaber, bruge naturvidenskabeligt udstyr forsvarligt og sikkert, estimere værdier, approksimere, udvikle eksperimentelle teknikker, planlægge, udføre og fortolke resultater, udføre databehandling samt analysere pålideligheden af data. For at opnå disse færdigheder og teknikker udføres *øvelser*. Øvelser er ikke drevet af indholdet, og det gøres klart for eleverne at denne undervisningsform omhandler processen og ikke resultatet. Der er særligt fokus på at observere og beskrive.

*At være en problemløsende forsker* sættes lig gennemløbet af en række stadier: stille et spørgsmål, undersøge relevante faktorer omhandlende problemet, opstille idéer til at angribe problemet, designe, opstille og udføre eksperimentet og endelig evaluere resultaterne. Denne undervisningsmetode er åben og divergerende og har ikke et forudsagt resultat eller en specifik teori der kan løse problemet. Denne undervisningsform som de kalder *undersøgelser*, giver dels en dyb viden om det relevante emne, dels udvikler den en række personlige evner såsom tilfredshed og personligt engagement i problemet, og derudover styrkes evner såsom originalitet, kreativitet, uafhængighed, selvtillid og vedholdenhed.

*At opnå en fornemmelse for fænomenet* er at få kendskab til den fysiske verden som vi lever i. At få oplevelser med fysiske fænomener er opbygning af et reservoir af udtalt viden som eleverne kan trække på i fremtidige problemløsningssituationer. Undervisningsformen er *oplevelser* som gerne er af kort varighed. Det er vigtigt at *oplevelser* er adskilt fra matematiske forklaringer, modeller eller komplicerede apparater eller processer. Oplevelser handler ikke om at indsamle data, men om at sanse fænomener. Grundet den ofte korte varighed, påpeger Woolnough & Allsop, bliver *oplevelser* gerne undervurderet.

Jeg anser Woolnough & Allsops inddeling og argumentation for formålene med eksperimentelt arbejde som fornuftige. Jeg kan også godt lide deres sammenstilling af formål og øvelsestyper. Jeg mener dog at Woolnough & Allsop (1985) i virkeligheden anser dét at være en problemløsende forsker som det sande formål, hvor at opbygge et udtalt reservoir af fænomenoplevelser og at opnå praktiske færdigheder og teknik-



ker er midler til at nå målet. Dette lægger op til min egen forståelse af formålet med eksperimentelt arbejde som det gives i næste afsnit. Denne fortolkning af Woolnough & Allsops holdning underbygges af følgende senere citat af en af forfatterne:

I hjertet af naturvidenskabelig aktivitet må den praktiske *undersøgelse* være. [...] Når det er nødvendigt at udvikle en særlig færdighed eller at blive bekendt med et særligt stykke udstyr, kan en praktisk *øvelse* være nødvendig selv om det selv her er passende at integrere denne øvelse i den oprindelige naturvidenskabelige aktivitet i stedet for at forsøge at udvikle færdigheden uden for denne sammenhæng. Til sidst må det nævnes at praktiske *oplevelser* er designet til helt specifikt at give den studerende en fornemmelse for fænomenet der skal undersøges, at opbygge personlig erfaring og uudtalt viden som vil forme basis for en efterfølgende handling og forståelse når sammenhænge dannes. (Woolnough, 1991b, s. 185-186, egen oversættelse, original kursiv)

## Gott & Duggans eksperimentelle færdigheder

Gott & Duggan (1996) inddeler formålene med eksperimentelt arbejde i tre:

1. Motiverende aspekter forbundet med at fremme interesse og sociale færdigheder
2. Brug af faktisk viden
3. Udvikling af eksperimentelle færdigheder

Det første formål, om de motiverende og sociale aspekter, bliver fremhævet som vigtigt, men kan næppe udgøre basis for læreplansudvikling. Vedrørende det andet formål skriver de:

... praktisk arbejde for brugen af faktisk viden forekommer logisk, men i virkeligheden er virkningsgraden ikke bevist (Gott & Duggan, 1996, s. 792, egen oversættelse)

Det tredje formål udvikler de forståelsen af i Gott & Duggan (1995, 1996), og jeg vil her referere en del af deres konklusioner. De udvikler en fra teoretisk viden adskilt vidensbase i eksperimentelle færdigheder omkring betegnelsen "begreber om evidens". Jeg vil i det følgende omtale dem som "procedurale begreber" da "evidens" tillægges en anden betydning i naturfagsdidaktisk forskning.

De opstiller en model for naturfagsundervisning baseret på to vidensbaser: en vidensbase af begreber (forankret i fakta) og en vidensbase af procedurale begreber (forankret i færdigheder). Som beskrevet er den sidstnævnte vidensbase ikke vel-defineret i tidligere litteratur hvilket leder dem til udviklingsarbejdet af denne (se tabel 2).



**Tabel 2.** *Procedurale begreber som de er udviklet af Gott & Duggan (1996), s. 796-797, egen oversættelse.*

<i>Associeret med</i>	<i>Procedurale begreber</i>
Design	Variabel-identifikation, fair test, datasættets størrelse, variabeltyper
Måling	Relativ skala, område og interval, valg af apparatur, gentagelser, nøjagtighed
Databehandling	Tabeller, typer af grafer, mønstre, multivariate data
Evaluering	Pålidelighed, gyldighed

De procedurale begreber der er associeret med design, underinddeler de i fire: *variabelidentifikation*, som består af en forståelse af begrebet variabel, at kunne identificere den eller de relevante uafhængige variable og de afhængige variable samt at kunne måle (eller på anden vis bestemme) den afhængige variabel. *Fair test-forståelse*, dvs. at forstå hvorfor variablerne nødvendigvis skal kontrolleres, og dettes betydning for validering af resultaterne. *Datasættets størrelse*, dvs. at forstå betydningen af at vælge en passende størrelse af datasættet. Og endelig forståelse af de forskellige *variabeltyper*, dvs. at forstå forskellen mellem kategoriske, diskrete, kontinuerte og afledte variable og hvordan de repræsenteres i forskellige grafter.

De procedurale begreber der er associeret med måling, indeholder en række underforståelser: *Relativ skala*, dvs. at være i stand til at vælge fornuftige værdier af de fysiske størrelser så den resulterende måling er meningsfuld. *Intervalforståelse*, dvs. forståelse for at vælge et fornuftigt interval af variablerne så den resulterende graf består af værdier der er spredt tilstrækkeligt bredt og med fornuftige afstande så hele mønsteret ses. Hermed kræves der også en forståelse af nødvendigheden af et fornuftigt antal målepunkter. Her findes også en *forståelse af valget af instrument*, dvs. sammenhængen mellem valg af instrument og det påkrævede måleområde, interval og nøjagtighed. *Gentagelsesforståelse* af, at siden fysiske målinger fluktuerer, kræves der et antal gentagelser for at give pålidelige data. *Nøjagtighedsforståelse* er at forstå den grad af nøjagtighed der er krævet for at give pålidelige data der kan ende ud i meningsfulde fortolkninger.

De procedurale begreber der er associeret med databehandling inkluderer: *Forståelse af at tabeller* er mere end en måde at præsentere indsamlede data på (kan organisere designet og efterfølgende dataindsamling inden eksperimentet). *Graftypeforståelse* beskriver forståelse af sammenhængen mellem grafisk repræsentation og den type variable de repræsenterer. *Mønsterforståelse* er forståelse af at mønstre repræsenterer hvordan variablerne opfører sig, og at dette kan ses i tabeller og grafer. Desuden er der *multivariat-forståelse*, dvs. forståelse af naturen af multivariate data og hvordan

dele af variableerne skal holdes konstante for at opdage effekten af en variabel på en anden (evt. kendt som variabelkontrol). Gott & Duggan (1996) slutter her, men jeg vil også gerne inkludere *fysisk størrelsesforståelse*, dvs. at en empirisk fysisk størrelse består af en værdi, en enhed og en usikkerhed, og *enhedsregningsforståelse*, dvs. at forstå at fysiske størrelser hænger sammen gennem enhederne.

Endelig er der de procedurale begreber der er associeret med evaluering: *pålidelighedsforståelse*, dvs. at forstå konsekvensen af en målingsstrategi for pålideligheden af de resulterende data (kan vi tro på vores data?), og *gyldighedsforståelse*, dvs. forståelsen af konsekvensen af designet på gyldigheden af de resulterende data (kan denne metode løse vores spørgsmål?).

Gott & Duggan (1995) udfolder begrebet eksperimentelle færdigheder, så disse evner løfter sig over rent psykomotoriske færdigheder. Denne udfoldelse finder jeg både relevant og anvendelig til udvikling af min model.

## Jensens eksperimentelle problemløsningskompetence

Jensen (2002) beskriver formålene med eksperimentelt arbejde som de ofte gives i en tredeling:

... eksperimentelt arbejde som en motiverende måde at nærme sig teoretiske begreber på, som et middel til at lære måleteknik, talbehandling, at regne med enheder eller til at få sans for usikkerheder, eller som noget der kan være med til at udvikle respekt for empiri og sans for 'naturvidenskabelig metode'. (Jensen, 2002, s. 38)

Hvad angår eksperimentelt arbejde som en vej til begrebstilegnelse, spørger Jensen om denne undervisningsform ikke er unødigt besværlig og dyr sammenlignet med andre undervisningsmetoder. Eksperimentelt arbejde som træning i måleteknik, talbehandling, enheder og usikkerheder er brugbar, men kan muligvis trænes bedre i andre fag og på samme vis som respekten for empiri.

Hvorimod oplevelser med 'naturvidenskabelig metode', hvis der skal udvikles forståelse så langt, at der fornemmes at der i virkeligheden findes flere 'naturvidenskabelige metoder', nødvendigvis også må inddrage oplevelser med det for fysik karakteristiske vekselspil mellem empiri og teori ved hjælp af matematiske modeller og de formålsbestemt tilrettede, kunstige situationer, som vi kalder eksperimenter. (Jensen, 2002, s. 38)

Men der hersker uklarhed, om det eksperimentelle arbejde f.eks. primært skal bidrage til begrebs- og fænomenforståelse, til udvikling af laboratorie- og talbehandlingsfærdigheder, eller til den her efterspurgte eksperimentelle problemløsningskompetence, hvor den sidstnævnte eksperimentelle problemløsningskompetence forklares bl.a. ved, at ele-

verne bør opnå forståelse for og træning i at løse problemer ved at angribe problemerne empirisk-eksperimentelt. (Jensen, 2005, s. 76)

Jeg har medtaget Jensens udtalelser om eksperimentelt arbejde da jeg er inspireret af hans begreb *eksperimentel problemløsningskompetence* som jeg selv har valgt at sætte som formålet med eksperimentelt arbejde. Selve begrebet er af Jensen ikke uddybet yderligere hvorfor jeg selv har videreudviklet begrebet til mit brug.

## Modellen

I dette afsnit angives min udviklede model til beskrivelse af formålet med eksperimentelt arbejde og hvilke evner der er nødvendige for at opnå dette formål. Tillige diskuteres min holdning til formålet med eksperimentelt arbejde i forhold til de tidligere beskrevne artikler. Endelig diskuteres fordele og ulemper ved modellen.

### Beskrivelse af modellen

Inspireret af begrebet *eksperimentel problemløsningskompetence* som givet af Jensen (2005) og kort beskrevet i et foregående afsnit har jeg udviklet en model der tager udgangspunkt i at formålet med eksperimentelt arbejde er at udvikle eksperimentel problemløsningskompetence. For at udvikle denne kompetence må eleven trække på en række evner (forstået som færdigheder, forståelse, holdninger og viden) for at være i stand til at udføre et eksperimentelt arbejde på tilfredsstillende vis. Selvfølgelig vil fortolkningen af "tilfredsstillende vis" afhænge af niveauet, dvs. det er forskelligt i hvilken grad eleverne skal besidde disse evner i folkeskolen, i gymnasiet og på universitetet. Evnerne er indlejret i modellen. De er i høj grad overlappende med de formål der er blevet opstillet for eksperimentelt arbejde, og jeg har derfor ladet mig inspirere af den beskrevne litteratur. Men jeg lader dem antage en anden betydning: Hvor disse evner tidligere blev anset som mål for eksperimentelt arbejde i undervisningen, er de nu midler til at blive i stand til at løse fysiske problemer ved brug af eksperimentelle metoder.

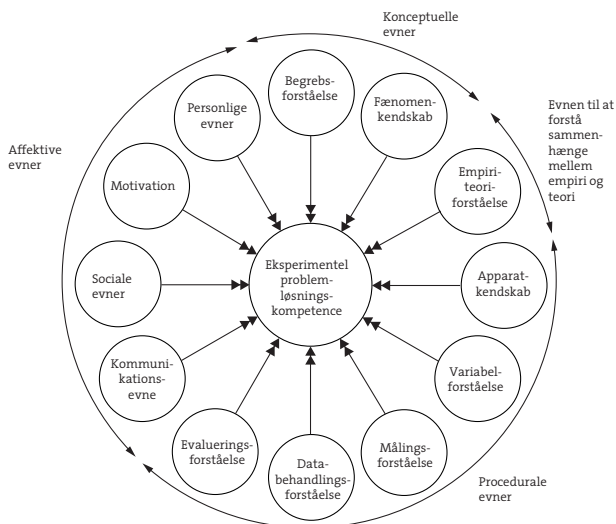
Jeg vender altså diskussionen af formålene med eksperimentelt arbejde på hovedet. Jeg lader formålet med eksperimentelt arbejde være at opnå eksperimentel problemløsningskompetence og benytter tidligere diskussioner af formålene til at italesætte hvilke evner elever må trække på for at kunne løse eksperimentelle problemer.

Inspireret af Gott & Duggan har jeg brugt deres procedurale begreber til at beskrive de *procedurale evner* en elev skal besidde for at være i stand til at løse problemer af empirisk, naturvidenskabelig karakter. Til dette har jeg tillagt Woolnough & Allsops praktiske, naturvidenskabelige færdigheder og teknikker.

Inspireret af bl.a. Hodson har jeg udviklet de *affektive evner* en elev må besidde for at opnå eksperimentel problemkompetence.

Hodson har derudover bidraget med de evner, der handler om at lære om naturvidenskab, her kaldet *evnen til at forstå sammenhænge mellem empiri og teori*.

Endelig har Woolnough & Allsop samt Hodson inspireret mig til udviklingen af de *konceptuelle evner* der er nødvendige for at løse eksperimentelle problemer. Modellen findes på figur 1.



**Figur 1.** beskriver den udviklede model der sætter eksperimentel problemløsningskompetence som formålet med eksperimentelt arbejde og beskriver de evner eleven må trække på for at løse fysiske problemer eksperimentelt.

I midten af figuren findes den *eksperimentelle problemløsningskompetence* som jeg i tråd med Jensen definerer som at opnå forståelse for og træning i at løse problemer ved at angribe problemerne empirisk-eksperimentelt – dvs. at besidde evnen til at danne eksperimentelle strategier og løse problemer eksperimentelt. Gott & Duggan (1995) definerer problemløsning generelt som “enhver aktivitet der kræver at eleven bruger hans eller hendes forståelse i en ny situation” (Gott & Duggan, 1995, s. 26, egen oversættelse). At besidde eksperimentel problemløsningskompetence kan til en vis grad ligestilles med Woolnough & Allsops *at være en problemløsende forsker*, altså at opstille et problem, undersøge relevante faktorer omhandlende problemet, få idéer til at angribe problemet, opstille og udføre eksperimentet og endelig evaluere resultaterne. Måden at udøve eksperimentel problemløsningskompetence på er at udføre *undersøgelser* som denne term bruges af Woolnough & Allsop. Eksperimentel problemløsningskompetence overlapper altså til en vis grad FNU-rapportens empirikompetence (observation og beskrivelse, eksperimenteren, manuelle færdigheder, dataindsamling og -behandling, sikkerhed, vurdering af usikkerhed og hensigtsmæs-

sighed, kritik af metoder, generalisering mellem praksis og teori), men med et langt højere fokus på opstillingen og løsningen af et problem.

Efter at have defineret eksperimentel problemløsningskompetence bevæger jeg mig nu ud fra midten og beskriver de evner der er nødvendige for at løse fysikfaglige, eksperimentelle problemer. De er inddelt i fire overordnede kategorier: *konceptuelle evner, evner til at forstå sammenhænge mellem empiri og teori, procedurale evner samt affektive evner.*

Inden for hver af disse kategorier findes en række evner som jeg anser som nødvendige for at kunne løse empiriske problemer i fysik. Disse evner forholder sig til hinanden, som de er placeret i modellen.

Jeg vender altså pilene og går fra at placere eksperimentelt arbejde i midten og lade dette være et middel til at nå en række mål, såsom affektive, konceptuelle, procedurale og problemløsende evner, hvorved pilene ville pege udad. I stedet peger pilene i denne model ind mod midten, hvor man finder evnen til at kunne udføre eksperimentelle arbejder som ligestilles med at besidde eksperimentel problemløsningskompetence. Midlerne til at nå hertil er nu dem der før opfattedes som målene.

*Konceptuelle evner* har været meget omdiskuteret inden for eksperimentelt arbejde. At formålet med eksperimentelt arbejde er at tilegne sig teoretisk viden, er blevet gentaget igen og igen og lige så ofte blevet kritiseret fra mange sider. I denne artikel findes kritikken hos Hodson og Gott & Duggan. Men for at løse problemer eksperimentelt kræves visse konceptuelle evner som jeg her vil uddybe.

Eleverne skal have et *kendskab til begreber*, det være sig teorier, lovmæssigheder, fakta og principper der kan guide deres videre arbejde med at løse problemer. Hodson nævner at eleverne kan bruge eksperimentelt arbejde til at undersøge teoretisk funderede begreber, altså at manipulere og bruge ny viden og idéer. Denne evne bygger bro til de personlige evner med Hodsons "at blive bekendt med egne idéer" som findes ved siden af konceptuelle evner.

*Fænomenkendskab* er elevernes førstehåndsoplevelser af fysiske fænomener der i problemløsningssituationer kan anvendes som argument for og imod opstillede hypoteser samt medvirke til at lede den videre proces. Eksperimentelt arbejde er en unik mulighed for at lade eleverne opleve og sanse fænomener der vil lagres i et reservoir af uudtalt viden som de senere kan trække på.

Mellem konceptuelle og procedurale evner findes *evnen til at forstå sammenhænge mellem empiri og teori*, hvilket er forståelse af det komplekse samspil der er mellem teori og eksperimenter. Som beskrevet af Hodson må eleven forstå om det givne problem bruges til at teste teorien samt assisterer i videreudviklingen af teorien, eller om det er teorien der har bidraget til at stille spørgsmålene og dermed guider eksperimentet. At have denne forståelse giver en indsigt i de naturvidenskabelige aktiviteters natur som er nødvendig for at kunne løse eksperimentelle problemer på

naturvidenskabelig vis. Herunder findes også elevens behov for at forstå forskellen på kvalitative og kvantitative undersøgelser og hvornår de hver især kan bruges, samt forstå generalisering og modellering.

På samme vis som de konceptuelle evner byggede bro til forståelsen af sammenhænge mellem empiri og teori, følges denne forståelse af de procedurale evner.

*Procedurale evner* inkluderer apparatforståelse, variabelforståelse, målingsforståelse, talbehandlingsforståelse og evalueringsforståelse. De sidste fire er direkte hentet hos Gott & Duggan i deres procedurale begreber. Den første er udfoldet her:

*Apparatforståelse* inkluderer evner såsom kendskab til hvilket måleudstyr der eksisterer, og hvordan det bruges og aflæses, viden om hvordan man agerer sikkert og hensigtsmæssigt i et laboratorium, samt laboratorieteknikker.

*Evalueringsforståelse* inden for procedurale evner bygger i processen omkring problemløsning oplagt op mod kommunikation af resultaterne hvilket findes først under de affektive evner.

Eksperimentelt arbejde bliver ofte fremhævet som en motiverende og selvstændighedsfremmende undervisningsform, idet eksperimentelt arbejde har som formål at tjene affektive faktorer. Om man kan lide dette argument eller ej, så kræves det for at løse eksperimentelle problemer at eleven både er motiveret til at udføre opgaven, har evnerne til at arbejde selvstændigt og tror på sine egne evner til at løse opgaven. Eleven må også kunne samarbejde og kommunikere. Det er disse evner der befinder sig i kategorien *de affektive evner*.

*Kommunikationsevne* er placeret mellem evalueringsforståelse og social kompetence da denne deler sig i to. Rettet mod sociale kompetencer er det evnen til at kommunikere med andre elever og læreren om planlægningen og udførelsen af eksperimenterne der skal løse problemet. Rettet mod evalueringsevnerne forstås det som evnen til at rapportere undersøgelsen (skriftligt og mundtligt) og særligt evalueringen af resultaterne og metoden.

*Sociale evner* kræves for at kunne løse et eksperimentelt problem da eksperimentelt arbejde i skolesammenhæng udføres som et samarbejde elever imellem. Disse evner er placeret ved siden af kommunikationsevnen der oplagt er forbundet med den sociale kompetence. På den anden side ses motivationen da disse evner er indbyrdes forbundet.

*Motivation* inkluderer motivation, glæde, interesse og lyst. For at kunne udføre et eksperimentelt arbejde (eller et vilkårligt andet arbejde) kræves en lyst til at udføre det. Motivation er placeret ved siden af personlig kompetence da der findes et overlap mellem disse to ved fx troen på egen evne samt inddragelse og autonomi i opgaven.

*Personlige evner* inkluderer forståelse af egne læreprocesser. Til løsning af eksperimentelle problemer kræves det, at eleven gøres bekendt med egne forestillinger om fysiske begreber der så kan udvikles på baggrund af resultaterne af løsningen af

problemet. Derudover findes, hvilket er særlig vigtigt, også elevens tro på at kunne klare opgaven hvilket både omhandler selvtillid i faget og rækker bredere ud til elevens tro på at han eller hun kan løse de problemer af tilnærmelsesvis naturvidenskabelig art som han eller hun må møde på sin vej. Personlige evner inkluderer også en række holdninger der har relevans i fysikken, såsom objektivitet, vilje til at indstille skøn til fordel for målbare fakta, kreativt ræsonnement og logisk ræsonnement samt selv-virksomhed.

Modellen beskriver altså evnen til at løse fysiske problemer på empirisk vis – kaldet eksperimentel problemløsningskompetence – som formålet med denne undervisningsform. Derudover beskriver modellen de evner eleverne må besidde for at opnå den eksperimentelle problemløsningskompetence, placeret under overskrifterne: konceptuelle evner, evnen til at forstå sammenhænge mellem empiri og teori, procedurale evner samt affektive evner.

## Diskussion af modellen

Formålet med eksperimentelt arbejde er ifølge denne model at tilegne sig eksperimentel problemløsningskompetence. Denne tanke er inspireret af både Woolnough (1991b) og Jensen (2005). Modellen klarlægger altså et bud på formålet med eksperimentelt arbejde hvori den tidligere diskussion anerkendes og anvendes. Men derudover bidrager modellen til en diskussion af de evner der kræves for at opnå eksperimentel problemløsningskompetence.

I forhold til de citerede artikler anses eksperimentelt arbejde ikke som et middel til at opnå en række evner, men i stedet betragtes disse evner som nødvendige bidrag til at arbejde fysisk-eksperimentelt. Dette anser jeg for en rimelig måde at “redde” eksperimentelt arbejde på som ellers er blevet beskudt af en lang række empiriske undersøgelser der viser at eleverne ikke opnår de evner som laboratoriearbejdet skulle have givet eleverne.

Jeg ønsker til sidst at gøre det klart at den her opstillede inddeling i evner som er nødvendige for at løse eksperimentelle problemer, ikke anses som en endegyldig sandhed. Andre kan have andre holdninger til hvordan evnerne skal inddeles, samt hvor stor detaljeringsgrad de med rimelighed skal antage. Jeg har forsøgt at sikre at evnerne klart kan adskilles fra hinanden og dermed ikke overlapper hinanden. Men de forholder sig naturligt til hinanden. Evnerne er placeret i en rækkefølge så de oplagt bygger bro til hinanden.

Ved at lade formålet med eksperimentelt arbejde være at opnå eksperimentel problemløsningskompetence kan der argumenteres for at eksperimentelt arbejde vender sig ind i sig selv og ikke lærer eleverne noget der kan finde anvendelse uden for laboratoriet. Dette er ikke hensigten da det for at opnå eksperimentel problemløsningskompetence kræves at eleven trækker på en række affektive, konceptuelle og



procedurale evner samt en forståelse af sammenhænge mellem empiri og teori som eksperimentelt arbejde må tage på sine skuldre at formidle til eleverne (selvfølgelig trænes en del af dette også i andre undervisningssituationer og andre fag).

At opnå eksperimentel problemløsningskompetence bevirker at eleverne må tilægge sig fysikfaglig viden samt lære at databehandle og reflektere over metoderne hvilket alt sammen tjener fysikundervisningen generelt. De personlige og sociale evner, bl.a. troen på egne evner til at løse problemer, er gavnlige både i den generelle undervisning og uden for undervisningsøjemed (hvilket FNU-rapporten angav som en af de store udfordringer, nemlig individudfordringen og herunder selvforståelse og handleberedskab).

## Afrunding

Op gennem historien er der blevet hevet i eksperimentelt arbejde fra to sider: den side der har beskrevet at eksperimentelt arbejde er en dyr og tidskrævende aktivitet der bidrager til meget lidt læring, og den side der kræver at eksperimentelt arbejde bidrager til at nå en stor del af de mål som fysikfaget opstiller.

Mit formål med denne artikel er ud over at beskrive en del af den eksisterende litteratur på området at angive en model for diskussionen af eksperimentelt arbejdes formål som kan bruges både til at plædere for min egen holdning til formålet med eksperimentelt arbejde samt til at beskrive hvilke evner der er nødvendige for at nå dette mål.

Når eleverne trænes i eksperimentel problemløsningskompetence, vil de møde en række forhindringer i form af manglende evner der er nødvendige for at løse eksperimentelle problemer. For at tilegne sig disse evner er det muligvis nødvendigt at udvikle eksperimentelle arbejder der træner disse. Jeg finder det vigtigt at det gøres klart for eleverne hvorfor eksperimentel problemløsningskompetence og de dertil nødvendige evner skal trænes, enten ved at det bliver artikuleret af læreren, eller fordi eleverne selv efterlyser disse evner i forbindelse med løsningen af et eksperimentelt problem.

Skal formålene kunne artikuleres af læreren, er det oplagt nødvendigt at denne formålsdiskussion er kendt og anerkendt af læreren så det eksperimentelle arbejde planlægges til at møde formålene. Dette påpeger Troelsen også i indledningen til Hodson-artiklen:

Artiklen kan dog ikke kun bruges som afsæt for diskussioner der tydeliggør meningen og målet med praktisk arbejde for alle de involverede parter i undervisningen. Den kan også bruges til diskussioner om hvorvidt de udtrykte rationaler stemmer overens med de signaler som den aktuelle undervisning sender om formålene med praktisk arbejde. (Troelsen, MONA, 2008(3))

Min forståelse af formålet med eksperimentelt arbejde kan bidrage til to måder at udføre eksperimentelt arbejde på. Den konservative løsning er i høj grad at udføre de samme øvelser som i dag, men hvor fokus ændres mod træning af specifikke evner der er nødvendige for at løse problemer eksperimentelt, hvorefter eleverne i forbindelse med længerevarende forløb er klar til at løse fysikfaglige problemer eksperimentelt på mere holistisk vis. Her finder jeg det essentielt at eleverne gøres klart hvilke mål de arbejder hen imod, og hvorfor. Den mere radikale løsning som bl.a. er diskuteret af Woolnough og Roth, er at lade alle de eksperimentelle arbejder være *undersøgelser* der evt. afbrydes for at udføre specifikke *øvelser* eller *oplevelser* (Woolnough & Allsops termer) hvis eleverne indser at de mangler særlige procedurale eller konceptuelle evner. Som bl.a. Schilling fandt ud af i sit ph.d.-arbejde, kræver den sidstnævnte metode utrolig meget tid som er svært at forene med læreplanerne.

Som det måske fornemmes, hælder jeg til den konservative metode hvor det fremtidige arbejde da er at gøre både lærere og elever klar over, hvilke formål eksperimentelt arbejde skal tjene, både generelt og for hver enkelt øvelse. Mit videre arbejde er at klarlægge hvad denne formålserklæring bidrager til i undervisningssituationen.

Jeg håber at denne artikel vil bidrage til at formålet med eksperimentelt arbejde diskuteres såvel i forskningsmiljøet som i de relevante undervisningssituationer.

## Tak

Tak til Jens Højgaard Jensen og Uffe Thomas Jankvist for gennemlæsning af artiklen og til mine kolleger i fysik- og matematikdidaktik på IMFUFA for diskussion og kritik af modellen.

## Referencer

- Andersen, A.M. & Kjærnsli, M. (2003). PISA og andre internationale komparative undersøgelser. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser. En antologi* (s. 143-179). Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 8.
- Andersen, N.O., Busch, H., Horst, S. & Troelsen, R. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser. Naturfag for alle – vision og oplæg til strategi*. Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 7.
- Beyer, K. (1992). Fysiske øvelser – det store fremskridt eller den store illusion. I: *Fysiklærerforeningen 1921-1996*. Budolfi Tryk, Aalborg.
- Dolin, J. (2002) *Fysikfaget i forandring*. Ph.d.-afhandling, Roskilde Universitetscenter.
- Dolin, J., Krogh, L.B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser. En antologi* (s. 59-139). Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 8.
- Dynan, M. & Kempa, R. (1977). Teacher-based assessment of practical work in sixth-form physics. *Physics Education*, 12(6), s. 364-369.

- Goldbech, O. & Paulsen, A.C. (2004). *NORDLAB-DK. Det praktiske og eksperimentelle arbejde i naturfagene*. IMFUFA.
- Goldbech, O., Touborg, J.P. & Würtz, N.H. (1992). Eksperimenter. I: H. Nielsen & A.C. Paulsen (red.), *Undervisning i fysik – den konstruktivistiske idé* (s. 159-171). Gyldendal.
- Gomes, A.D.T., Borges, A.T. & Justi, R. (2008). Students' performance in investigative activity and their understanding of activity aims. *International Journal of Science Education*, 30(1), s. 109-135.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Gott, R. & Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18(7), s. 791-806.
- Gunstone, R.F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. I: B. Woolnough (red.), *Practical Science* (s. 67-77). Philadelphia: Open University Press.
- Hegarty-Hazel, E. (red.). (1990). *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. London og New York: Routledge.
- Hellingman, C. (1982). A trial list of objectives of experimental work in science education. *International Journal of Science Education*, 4(1), s. 29-43.
- Hirvonen, P.E. & Viiri, J. (2002). Physics student teachers' ideas about the objectives of practical work. *Science & Education*, 11, s. 305-316.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), s. 33-40.
- Hodson, D. (1990/2008). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*, 2008(3), s. 7-20.
- Hodson, D. (1992a). Assessment of practical work – some considerations in philosophy of science. *Science & Education*, 1, s. 115-144.
- Hodson, D. (1992b). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 71(264), s. 65-78.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, s. 85-142.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: Three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), s. 115-135.
- Hodson, D. (1998). Mini-special issue: Taking practical work beyond the laboratory. *International Journal of Science Education*, 20(6), s. 629-632.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(52), s. 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, s. 28-54.
- Jensen, J.H. (2002). Tre grunde til fysikundervisningen. I: G. Hansen & C. Claussen (red.), *SÅ-DAN? – bud på ændringer af og udfordringer til fysikundervisningen i det almene gymnasium* (s. 37-40). Uddannelsesstyrelsen.

- Jensen, J.H., (2005). Gymnasiereformen og Galileis 3 revolutioner. *MONA*, 2005(1), s. 71-81.
- Johnstone, A.H., Watt, A. & Zaman, T.U. (1998). The students' attitude and cognition change to a physics laboratory. *Physics Education*, 88, s. 28-54.
- Johnstone, A.H. & Wham, A.J.B. (1982). The demands of practical work. *Education of chemistry*, 19(3), s. 71—73.
- Lavonen, J., Jauhianinen, J., Koponen, I.T. & Kurki-Suonio, K. (2004). Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. *International Journal of Science Education*, 26(3), s. 309-328.
- Leach, J. & Paulsen, A.C. (red.). (1999). *Practical Work in Science Education – Recent research studies*. Roskilde University Press.
- Læreplan (2006a). *Læreplan for fysik A – stx*. Undervisningsministeriet. Juli 2006-udgaven.
- Læreplan (2006b). *Læreplan for fysik B – stx*. Undervisningsministeriet. Juli 2006-udgaven.
- Læreplan (2006c). *Læreplan for fysik B – stx*. Undervisningsministeriet. Juli 2006-udgaven.
- Newton, D.P. (1979). Practical work in the sixth form. *Physics Education*, 14, s. 74-77.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic school science: knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Kluwer Academics.
- Schilling, V. (2007). *Mentale modeller og eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen*. Ph.d.-afhandling, Syddansk Universitet.
- Shulman, L. & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. I: B.J. Fraser & K.G. Tobin (red.). *Second handbook of research on teaching* (s. 1098-1148). Chicago: Rand McNally.
- Swain, J., Monk, M. & Johnson, S. (1999). A comparative study of attitudes to the aims of practical work in science education in Egypt, Korea and the UK. *International Journal of Science Education*, 21(12), s. 1311-1324.
- Thomsen, P.V. (red.) (1992). *Eksperimentets rolle i fysikundervisningen*. Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.
- Troelsen, R.P. & Sølberg, J. (red.). (2008). *Den danske ROSE-undersøgelse – en antologi*. Institut for Curriculumforskning, Danmarks Pædagogiske Universitetsskole, Aarhus Universitet.
- Trumper, R. (2003). The physical laboratory – a historical overview and future perspectives. *Kluwer Academic Publishers*, 12, s. 645-670.
- Welzel, M., et al. (1998). Working paper 6 – teachers' objectives for labwork. Research tool and cross country results. I: *Labwork in Science Education*. European Commission – Targeted Socio-Economic Research Programme. Project PL 95
- White, R.T. (1979). Relevance of practical work to comprehension of physics. *Physics Education*, 14, s. 384-387.
- White, R.T. (1991). Episodes, and the purpose and conduct of practical work. I: B.E. Woolnough, (red.), *Practical Science* (s. 79-86). Philadelphia: Open University Press.
- Woolnough, B.E. (1979). The role of the laboratory in physics education. *Physics Education*, 14, s. 70-74.
- Woolnough, B.E. (1983). Exercises, investigations and experiences. *Physics Education*, 18, s. 60-63.

Woolnough, B.E., redaktør (1991a). *Practical Science*. Open University Press.

Woolnough, B.E. (1991b). Practical science as a holistic activity. I: B.E. Woolnough (red.), *Practical Science* (s. 181-188). Philadelphia: Open University Press.

Woolnough, B.E. & Allsop, T. (1985). *Practical Work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

### **Abstract**

Taking the point of departure in the 1990 article by Hodson (which was found in the last issue of MONA, 2008(3)), this article describes the purposes of practical work in science classes as found in research literature. The chosen references indicate that practical work is often seen as a means to gaining primarily cognitive, procedural and affective skills. With this article I wish to change the focus of the discussion indicating that these skills should no longer be seen as goals of doing practical work in a school setting, but rather as a means of learning how to perform practical work, thus being able to solve physics-related problems by use of experimental methods. The skill is referred to as experimental problem-solving competence.