CARL ANGELL

Universitetet i Oslo

ELLEN K. HENRIKSEN

Universitetet i Oslo

PER MORTEN KIND

Durham University, UK

FYS21 – et prosjekt om modellering og vitenskapelig arbeids- og tenkemåte i fysikkundervisningen

BAKGRUNN: MULTIPLE REPRESENTASJONER AV FYSISKE FENOMENER

Fysikkfaget i skolen har en lang tradisjon i å bli oppfattet som vanskelig og utfordrende. Men er det slik at fysikkfaget i seg selv er spesielt krevende, eller er nivået på skolefysikken av historiske grunner holdt uforholdsmessig høyt? Svaret er kanskje *ja* på begge spørsmålene. I FUN-prosjektet (Angell, Guttersrud, Henriksen, & Isnes, 2004; Angell, Henriksen, & Isnes, 2003), som undersøkte elever og læreres oppfatning av og holdninger til fysikkfaget, ble det godt dokumentert at fysikk er vanskelig fordi det er karakterisert ved en abstrakt begrepsbruk. Det kom imidlertid frem at utfordringen i å lære fysikk går dypere enn begrepene i seg selv. Elevene gav uttrykk for at det største problemet ofte var å "oversette" en fysisk situasjon til en matematisk form. Mer generelt kan vi si at en av de største utfordringene for elevene er at de må kunne forholde seg til mange ulike *representasjoner* av et fenomen på én gang (se f. eks. Dolin, 2002): eksperimenter, grafer, begreper, verbale beskrivelser, ligninger. Når en erfaren fysiker ser en graf som viser farten ved fritt fall, "ser" han eller hun både fenomenet, grafen og matematikken som beskriver fenomenet *samtidig*. Fysikeren kan relativt utvungent bevege seg mellom de ulike representasjonsformene. En fysikkelev vil ofte finne dette vanskelig. For eksempel har mange lærere erfart at matematikken for mange elever oppleves som løsrevet fra selve det fysiske fenomenet.

I prosjektet *Fysikkutdanning for det 21. århundre* (FYS 21) har det vært en hovedhensikt å fokusere på ulike representasjonsformer som anvendes i fysikk og hjelpe elevene til å bli fortrolige med vekslingen mellom disse. Dette har vi gjort gjennom et fokus på modeller og modellering i fysikkfaget.

MODELLER OG MODELLERING I FYS 21

Innenfor det fysikkdiraktiske feltet har modeller og modellering fått økt oppmerksomhet i det siste. F. eks. ble det avholdt en konferanse i Amsterdam i august 2006 med hovedtema "Modelling in physics and physics education" (GIREP, 2006). Modeller og modellering er av stor betydning både fordi ferdigheter i modellering blir sett på som viktig i vitenskap og teknologi, og fordi forståelse for modellenes rolle i naturvitenskapen er viktig fra et allmenndannelsesperspektiv (se også Angell, Guttersrud, Henriksen, & Kind, 2006).

I FYS21 har vi introdusert *empirisk – matematisk modellering* som et bærende element. Dette innebærer at vi legger vekt på

- aktiviteter der elevene bruker ulike representasjonsformer når de gjør forsøk og konstruerer og vurderer matematiske modeller av fenomener de studerer
- at fysikk handler om modeller av fenomener som ofte er beskrevet i et matematisk språk, og at "å gjøre fysikk" betyr å arbeide med modeller i vid forstand.

Det er to hovedperspektiver som kan sies å utgjøre vår begrunnelse for modelleringstilnærmingen til fysikkfaget i skolen:

- Fysikk dreier seg om å lage (matematiske) modeller av virkeligheten. Å arbeide med fysikk dreier seg i økende grad om å utvikle, teste og bruke *modeller*, og dette bør reflekteres i skolens fysikkfag
- Modeller og modellering kan være gode redskaper når en skal undervise og lære fysikk

FYS21 – EN OVERSIKT

I FYS21 har målet altså vært å kombinere økt fokus på representasjonsformer med en fysikkundervisning som vektlegger modelleringsaspektet i mer omfattende og systematisk grad enn det som har vært vanlig i norske fysikklasserom. Vi har arbeidet med dette som et "curriculum" prosjekt på mange nivåer. For det første har vi analysert og utviklet det teoretiske grunnlaget: hvilke teoretiske begrunnelser kan og bør ligge til grunn for et modelleringsbasert fysikkfag, og hvilke typer læring og forståelse ønsker vi skal utvikles? Deretter har vi forsøkt å operasjonalisere dette i konkrete undervisningsstrategier og materiale, og til sist prøvet dette ut i skolen. Det siste nivået er i stor grad en studie av møtet mellom teori og virkelighet: hvordan tas de nye ideene opp i en etablert kultur for undervisning av fysikk? Prosjektet har vært gjennomført med en erkjennelse av at i dette møtet vil ideene endres like mye som kulturen.

Prosjektet har vart i tre år med oppstart i 2003 med etterfølgende "pilotår" og med full implementering i skoleåret 2005/2006. 10 skoler og nesten 20 fysikklærere deltok i utvikling og utprøving av undervisningsmateriale og aktiviteter med fokus på empirisk-matematisk modellering og vitenskapelig tenkemåte. Skolene var lokalisert i Øst-Norge og i Midt-Norge. Vi har avholdt tre hel-dagsseminarer og flere regionale møter med prosjektlærerne. Det siste året deltok seks skoler, 13 lærere og 289 fysikkelever (2FY) i 2. år i videregående skole med en systematisk bruk av materiale og aktiviteter utviklet for FYS21-prosjektet. Skolene ble regelmessig besøkt av prosjekt-teamet, som observerte undervisning med modelleringsaktiviteter og intervjuet elever og lærere. I tillegg besvarte elevene en omfattende test og spørreskjema. En stipendiat og to masterstudenter er knyttet til prosjektet. En artikkel som i større detalj beskriver tankegangen bak og implementeringen av empirisk-matematisk modellering i FYS 21, er sendt for publisering (Angell, Kind, Henriksen, & Guttersrud, submitted).

Som ledd i å kommunisere ideer til lærere ble det utviklet et lærerhefte som også innholdet forslag til en plan for skoleåret og en rekke modelleringsaktiviteter. Et tilsvarende hefte ble laget for elevene. Heftene reflekterer mye av det som ble diskutert på seminarene med lærerne. Begge heftene kan lastes ned fra prosjektets nettsider: <http://www.fys.uio.no/skolelab/FYS21>.

NOEN EKSEMPLER PÅ MODELLERINGSØVELSER

I modelleringsøvelsene ble det lagt vekt på å gjøre elevene bevisste på at fysikkformler er matematiske modeller. Elevene fikk oppgaver der de selv skulle utvikle en matematisk modell for en gitt situasjon for deretter å vurdere kvaliteter og begrensinger med denne. Gjennom alle øvelsene ble det også lagt vekt på å trene elvene i en bevisst bruk av de ulike representasjonsformene og vekslingene mellom disse. Særlig ble sammenhengen mellom empiri (målinger), graf og matematisk modell vektlagt.

Nedbøyning av linjal

Figur 1

I en introduksjonsøvelse ble elevene bedt om å finne en modell for nedbøyningen til en plastlinjal som funksjon av belastningen (se figur 1). Linjalen festes til et bord. Belastningen kan være forskjellig antall like gjenstander (for eksempel spiseskjeer). På den måten kan belastningen måles i antall gjenstander, og en behøver ikke introdusere noen kraftenhet på dette stadiet.

Forlengelse av seigmann

Figur 2

I denne øvelsen skulle elevene strekke seigmann og studere kraften som funksjon av forlengelsen (se figur 2). De gjorde målinger, tegnet resultatet av målingene i en graf, og konstruerte og tolket et matematisk uttrykk som beskriver fenomenet. Dette forsøket gir vanligvis en rett linje gjennom origo (innenfor moderate forlengelser), og en kan uttrykke dette matematisk som $f(x) = ax$ som tilsvarer Hookes lov. Den lineære modellen har imidlertid sine begrensninger. De elastiske egenskapene til seigmannen forandrer seg nær det punktet der den ryker. Seigmann av forskjellig farge viser seg også å ha ulike elastiske egenskaper, noe som kommer til uttrykk ved ulike stigningstall på den lineære delen av grafen. Figur 3 viser resultatet av et slikt forsøk. Det "lineære" området er begrenset.

	Forl.	Kraft	
4,9	0	0	0
5,5	0,6	0,5	0,6
6	1,1	1	1,1
6,4	1,5	1,5	1,5
6,8	1,9	2	1,9
7,1	2,2	2,5	2,2
7,3	2,4	3	2,4
	3		3

Figur 3

Kraften mellom to magneter

Figur 4

Problemstillingen i denne oppgaven var å finne sammenhengen mellom kraften og avstanden mellom to stavmagneter. Den ene magneten er plassert på en vekt slik at en enkelt kan få et mål på kraften (se figur 4). Dette forsøket gir nokså forskjellige resultater, men de fleste av elevene i prosjektet fant en $1/x^n$ – avhengighet der n var mellom 1 og 2, og x var avstanden mellom magnetene.

EKSEMPEL PÅ TEST AV MODELLERINGSKOMPETANSE

I FYS21 har vi arbeidet med mange typer modelleringskompetanse. Det har vært viktig at elevene utvikler forståelse av at fysikkformler er modeller og de prosesser som leder frem til etablerte modeller i fysikk, men også at elevene blir flinke til å arbeide med modeller. Dette siste relateres i svært stor grad til en fleksibel bruk av representasjonsformer. I sitt doktorgradsarbeid har

Noen elever ønsket å studere hvordan nedsmelting av is på Sør- og i området rundt Nordpolen påvirker havnivået.

Elevene fylte et glass (Glass 1) med vann. Når de la to isbiter oppi glasset, var vannivået 5 cm. Elevene la en stein oppi et identisk glass (Glass 2). De la to isbiter oppå steinen, og de fylte glasset opp med vann til vannivået også der var 5 cm.

På Nordpolen er det ikke landområder under isen, men det er det på Sørpolen. Steinen representerer disse landområdene. Glass 1 representerer dermed Nordpolen, mens Glass 2 representerer Sørpolen.

a) Anta at isen smelter med konstant fart og at glassene har konstant diameter. Hvilket matematisk uttrykk beskriver vannhøyden (y) i Glass 1 og Glass 2 mens isen smelter?

- A Glass 1: $y=b$, glass 2: $y=ax+b$
- B Glass 1: $y=ax+b$, glass 2: $y=b$
- C Glass 1: $y=b$, glass 2: $y=ax$
- D Glass 1: $y=ax$, glass 2: $y=b$

b) Hva er det x i uttrykkene i forrige spørsmål betegner?

- A Smeltehastigheten til isen
- B Det opprinnelige vannivået i glasset
- C Temperaturen til vannet i glasset
- D Tiden fra isen begynner å smelte

Tekstboks 1. Oppgave om havnivået

Guttersrud derfor utviklet en rekke testoppgaver for å måle denne type modelleringskompetanse. I tekstboks 1 er det gjengitt en del av en slik oppgave. For ytterligere informasjon, se Guttersrud (2006).

Spørsmål a) handler om å veksle mellom eksperimentell og matematisk representasjon, og spørsmål b) om vekslingen mellom begrepsmessig (konseptuell) og matematisk representasjon. Dessuten handler begge spørsmålene om å kunne forstå hvordan en kan beskrive en fysisk relasjon ved å bruke generelle matematiske uttrykk, - altså kunne analysere og delvis generalisere et fysisk problem.

Av i alt nesten 500 elever som tok denne testen (både FYS21-elever og "vanlige" 2FY-elever) var det 67 % som svarte riktig på det første spørsmålet og 37 % som svarte riktig på det andre. Begge spørsmålene diskriminerte godt mellom de gode og de mindre gode elevene. Resultatene fra den

fulle testen blir sammenholdt med data fra en spørreskjemaundersøkelse til elevene samt med intervjudata fra fokusgruppene, og Gutterrud vil i sin avhandling bl.a. se på sammenhenger mellom elevenes modelleringskompetanse (operasjonalisert gjennom testen), deres holdninger til fysikk, og læringsstrategiene de bruker.

ERFARINGER

Et ikke uventet hovedfunn fra dette prosjektet er at implementeringen av de nye ideene varierte sterkt mellom ulike FYS21-klasserom. Lærerne hentet ut ideer de selv fant interessante og nyttige og tilpasset disse til sin undervisning. Resultater fra spørreskjemaet tyder likevel på at undervisningen var generelt mer eksperiment- og modellpreget i FYS21-klasserom enn i "kontroll-klasserom" og at elevene var bevisst på dette. Mange lærere vektla imidlertid "åpen arbeidsform" mer enn "modellforståelse". Dvs., lærerne var svært tiltrukket av ideen om at elevene kunne arbeide med åpne oppgaver der målet var å utvikle en matematisk modell. De så på dette som en mer motivende undervisningsform enn når modellen (formelen) bare ble introdusert av læreren. Budskapet om at alle formler er modeller og at disse modellene kan fremstilles med ulike representasjonsformer kom mer i bakgrunnen. Data fra intervjuene indikerer at en del av prosjektlærerne ikke hadde internalisert det modelleringsperspektivet som prosjektet var basert på, eller at de ikke var enige i dette. Dersom vi ønsker en fysikkundervisning som fremhever modellering, ser det derfor ut til at undervisning *om* modeller er like viktig som å undervise selve modellene og at det er viktig å bevisstgjøre lærernes egen forståelse av fysikkfaget.

Når det gjelder elevene, ble det tydelig dokumentert at de er uvant med en del aspekter ved empirisk-matematisk modellering, som for eksempel å velge riktig akse for plotting av uavhengig og avhengig variabel, å arbeide med andregrads- og eksponentialfunksjoner, å bruke grafisk kalkulator med fornuft til å foreta regresjoner, osv. Det kom også frem at implisitt undervisning ikke er nok til å utvikle modellforståelse, m.a.o. elevene opparbeider ikke en forståelse om modeller bare av å gjøre modelleringsøvelser. Dette må belyses eksplisitt gjennom omtale av modellene og modelleringsprosessen.

Videre fant vi indikasjoner på at elever som bruker "utdypingsstrategier" når de lærer fysikk, er flinkere til å "dekod" bruken av multiple representasjoner i undervisningen, og at disse elevene dermed blir bedre til å "modellere" fysiske fenomener ved å bruke de ulike representasjonsformene. Elever som har et reflektert syn på hva naturvitenskap er, er altså flinkere til å bedømme og regulere sin egen læringsprosess. Dette tyder på en sammenheng mellom elevers syn på naturvitenskap, deres læringsstrategier og deres ferdigheter i å forstå og bruke multiple representasjoner i beskrivelsen av fysiske fenomener.

I løpet av den perioden FYS21-prosjektet har pågått, er det vedtatt en ny læreplan for fysikkfaget i videregående skole i Norge (Utdanningsdirektoratet, 2006). I denne nye planen har ett av fem hovedområder i fysikkfaget fått betegnelsen "å beskrive naturen med matematikk", og her er modelleringstanken fremtredende. Det er altså viktig å fortsette å utvikle tankegangen rundt empirisk-matematisk modellering. På sitt beste tror vi at empirisk-matematisk modellering demonstrerer fysikk som en svært kreativ aktivitet – noe som også kan tenkes å ha betydning i rekrutteringssammenheng.

REFERANSER

- Angell, C., Guttersrud, O., Henriksen, E. K., & Kind, P. M. (2006, August 20th -25th). *Rationale for and implementation of an empirical-mathematical modelling approach in upper secondary physics in Norway*. Paper presented at the GIREP, Amsterdam, the Netherlands.
- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, But Fun. Pupils' and Teachers' View of Physics and Physics Teaching. *Science Education*, 88, 683 - 706.
- Angell, C., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2003). Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av! Fysikkfaget i norsk utdanning: innhold - oppfatninger - valg. I D. Jorde & B. Bungum (Red), *Naturfagdidaktikk. Perspektiver - forskning - utvikling*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Angell, C., Kind, P. M., Henriksen, E. K., & Guttersrud, O. (submitted). The importance of modelling in physics education. *International Journal of Science Education*.
- Dolin, J. (2002). *Fysikkfaget i forandring*. ("School physics in a process of change"). Roskilde: Roskilde University,
- GIREP. (2006). Modelling in Physics and Physics Education. Retrieved 22.01, 2007, from <http://www.girep2006.nl/>
- Guttersrud, O. (2006, August 20th -25th). *Toward a description of physics students' modelling competency*. Paper presented at the GIREP, Amsterdam, the Netherlands.
- Utdanningsdirektoratet. (2006). Læreplan i fysikk. Retrieved 07.03, 2007, from http://www.utdanningsdirektoratet.no/templates/udir/TM_Læreplan.aspx?id=2100&laereplanid=7322&visning=1