

Studenters forventninger til og erfaringer med programmeringsoppgaver i fysikk

H. Storesund, M. S. Kahrs, and T. H. Andersen,
Institutt for fysikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

SAMMENDRAG: Innen fysikk utgjør beregningsorientering en større og større del. Dette har gitt konsekvenser for fysikkutdanningen, i form av økt vektlegging av problemstillinger som løses ved hjelp av numeriske metoder og som krever kompetanse innen programmering. Denne studien undersøker fysikkstudenters erfaringer med beregningsorientering. Vi presenterer hvordan studentene opplever møtet med programmeringsoppgaver, ut fra deres egne forventninger. Vi diskuterer resultatene våre i lys av Sørby og Angell (2012), som antyder at kombinasjonen av fysikk, matematikk og programmering oppleves som en stor utfordring for studentene. Forskningsspørsmålet for studien er: *Hva karakteriserer studenters forventninger til og erfaringer med programmeringsoppgaver i fysikkemner i de første studieårene?* Fysikkstudenter på første, andre og tredje årstrinn besvarte et spørreskjema i september 2021, hvor de blant annet ble bedt om å ta stilling til påstander knyttet til forventninger til programmeringsoppgaver. I tillegg inneholdt spørreskjemaet åpne tekstfelt, som ble analysert kvalitativt. Forventningene til gjennomføring av programmeringsoppgaver varierer fra første til tredje årstrinn: Forventningene er høye for de nystartede studentene, men er redusert for andreaarsstudentene. Den kvalitative analysen støtter de kvantitative resultatene: En del studenter beskriver programmeringsoppgavene fra første studieår som veldig utfordrende, og at de ofte opplevde å ikke ha tilstrekkelig grunnlag for å løse dem. Flere studenter på tredje studieår peker imidlertid på ett emne fra fjerde semester som en forløsende faktor med hensyn til egen opplevelse av mestring og forståelse. Studien konkluderer med at mange fysikkstudenter opplever redusert mestringsforventning i løpet av første studieår og at dette er knyttet til en opplevelse av nivåforskjell mellom ulike emner og manglende opplæring i forkant av programmeringsoppgavene.

1 INTRODUKSJON

Beregningsorientering har for alvor gjort seg gjeldende i fysikkutdanningen, i form av økt vektlegging av problemstillinger som løses ved hjelp av numeriske metoder og som krever kompetanse innen programmering. Bakgrunnen for denne studien var hvordan fysikkstudenter har opplevd programmeringsoppgaver i fysikkemner ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Resultatene presentert her er en del av en større undersøkelse, der fysikkstudenters forventninger til og erfaringer med programmeringsoppgaver kartlegges. Vi presenterer her hvordan studentene opplever møtet med programmeringsoppgaver. Forskningsspørsmålet for denne studien er: *Hva karakteriserer studenters forventninger til og erfaringer med programmeringsoppgaver i fysikkemner i de første studieårene?*

2 TEORI

Integrering av beregningsorientering i utdanningssystemet har pågått over lengre tid. Begrepet *computational thinking* (Wing, 2006) står sentralt og oversettes i det norske skolevesen til algoritmisk tenkning (Utdanningsdirektoratet, 2019). *Computational thinking* er ikke entydig definert (Orban & Teeling-Smith, 2020; Weintrop et al., 2016; Wing, 2006; Grover & Pea, 2013), men kan oppfattes som en ferdighet på like fot som evnen til å lese, skrive og regne (Wing, 2006), uten at det er entydig om dette krever bruk av en computer. Weintrop et al. (2016) har utviklet en taksonomi for beregningsorientering, som består av fire hovedkategorier: Datahåndtering, Modellering og simulering, Beregningsorientert problemløsning og Systemtenkning, hvor hver hovedkategori består av flere nivåer med progresjon. Taksonomien er ment som en hjelp for lærere, til klassifisering av aktiviteter innen *computational thinking* i undervisningen.

Innen fysikkundervisningen kan computerberegninger og *computational thinking* åpne opp for en type oppgaver som er umulige eller utfordrende løse med analytisk matematikk. Ifølge Orban & Teeling-Smith (2020) kan computerberegninger fungere som en representasjon i fysikk. Ved å tilføye beregningsorientering til fysikkundervisningen gis studentene herved en ny innfallsvinkel til å forstå fysikken. Sørby & Angell (2012) antyder hvor utfordrende kombinasjonen av fysikk, matematikk og programmering kan oppleves av studentene. Ofte arbeider studenter i adskilte moduser: fysikk-, matematikk- og programmeringsmodus, hvor studentene ikke ser de enkelte fagfelt i sammenheng, og utfordringen ligger i å bruke hvert enkelt fagfelt utenfor dets egen kontekst.

3 METODE

3.1 Datainnsamling

Fysikkstudenter på første, andre og tredje årstrinn besvarte et anonymt spørreskjema i september 2021, hvor de blant annet ble bedt om å ta stilling til påstander knyttet til forventninger til programmeringsoppgaver. I denne artikkel presenteres resultater fra de to påstander: «Jeg forventer, at jeg klarer å løse programmeringsoppgaver i fysikk» og «Jeg lærer fysikk godt av å programmere». Studentene har angitt svar på en Likert skala, der 1- helt uenig, 2- litt uenig, 3- verken enig eller uenig, 4-litt enig og 5- helt enig. I tillegg til de kvantitative spørsmålene inneholdt spørreskjemaet åpne tekstfelt, som ble analysert kvalitativt. Dette er en tverrsnittstudie som ikke undersøker hvordan studentenes opplevelser utvikler seg eller endres over tid. Dette øyeblikksbildet kan likevel gi informasjon om endringer over tid dersom vi antar at forventningene og erfaringene til studentene på de tre første årganger har visse fellestrekk.

Studentene gjennomførte spørreundersøkelsen i september måned, og hadde dermed begrenset erfaring med programmeringsøvingene for det inneværende semesteret. I denne studien skjelner vi ikke mellom mindre ukentlige numeriske øvinger som krever programmering og større prosjektarbeider. Samtlige programmeringsoppgaver, som studentene i denne studien har erfaringer med, løses ved bruk av beregningsverktøy og programmeringsspråket Python.

3.2 Analyse

I analysen av kvantitative data er studentenes svar delt etter studieprogram, enten Bachelor i Fysikk (BFY) eller Master i Fysikk og Matematikk (MTFYMA). Gjennomsnitt av studentenes svar fordelt på årgang er regnet ut for de to påstander. Signifikante forskjeller mellom årganger er testet med Mann-Whitney U hypotesetest.

Kvalitative data fra det åpne spørsmålet «Hvordan fungerer programmeringsøvinger i fysikkemner for deg?» ble analysert etter inspirasjon fra konstant komparative analysemetode (Corbin & Strauss, 2015). I den første kodingsfasen kom det frem at studentene på første studieår hadde gjennomført bare en programmeringsøving på tidspunktet for spørreundersøkelsen, en del av disse studenter svarte veldig kortfattet som «bra», men flere gav uttrykk for en forventning om å mestre programmeringsøvingene. Andre- og tredjeårs studentene skrev mer utfyllende svar om deres erfaringer med programmeringsøvinger. Data ble kodet beskrivende med en induktiv tilnærming. I analysens andre fase ble kodene samlet i tre kategorier samtidig som kodene ble delt ytterligere inn positive eller negative opplevelser. Resultatene er presentert i de tre kategoriene: Manglende programmeringsfaglige forutsetninger de første studieårene, Sammenheng mellom det fysikkfaglige og programmering, og Endring i opplevelse for studenter på 3. året.

4 RESULTAT OG DISKUSJON

Spørreskjemaet ble besvart av i alt 128 studenter som utgjør 27% av studentene på de tre årganger.

4.1 Kvantitative resultater

I *tabell 1* vises gjennomsnittverdier av svar på påstanden «Jeg forventer, at jeg klarer å løse programmeringsoppgaver i fysikk» delt etter studieprogram og årgang. De nye førsteårsstudenter på Bachelor i Fysikk studieprogrammet har høyest forventning til å kunne løse programmeringsoppgavene, men denne forventningen minker for hvert studieår. For studentene på studieprogrammet Master i Fysikk og Matematikk er forventningen for tredjeårsstudentene like høy som for førsteårsstudentene,

mens andreårsstudentene angir en lavere forventning for å kunne løse programmeringsoppgavene. Forskjellene er små, og det er ikke signifikante forskjeller mellom årgangene for denne påstanden.

Tabell 1. Gjennomsnitt av svar på påstanden: «Jeg forventer, at jeg klarer å løse programmeringsoppgaver i fysikk». Tall i parentes angir antall svar. Likert-skala: 1- helt uenig, 2- litt uenig, 3- verken enig eller uenig, 4- litt enig, 5- helt enig.

	BFY	MTFYMA
1. klasse	4,68 (19)	4,05 (38)
2. klasse	3,80 (10)	3,50 (24)
3. klasse	3,50 (14)	4,17 (23)

Tabell 2 viser gjennomsnittverdier for påstanden «Jeg lærer fysikk godt av å programmere». Her er det ingen signifikant forandring i snittverdiene for studentene på Bachelor i Fysikk studieprogrammet. Motsatt for studentene på Master i Fysikk og Matematikk studieprogrammet, hvor studentene på tredjeårgang svarer signifikant høyere enn tilfellet er for både første- og andreårsstudentene.

Tabell 2. Gjennomsnitt av svar på påstanden: «Jeg lærer fysikk godt av å programmere». Tall i parentes angir antall svar. Likert-skala: 1- helt uenig, 2- litt uenig, 3- verken enig eller uenig, 4-litt enig, 5- helt enig.

	BFY	MTFYMA
1. klasse	3,22 (19)	2,78 (38)
2. klasse	3,00 (10)	2,50 (24)
3. klasse	3,07 (14)	3,91 (23)

De kvantitative resultater viser en signifikant endring for tredjeårsstudentene på det ene studieprogrammet. Disse studenter har erfart til en høyere grad at de lærer fysikk godt av å programmere.

4.2 Kvalitative resultater

De kvalitative resultatene er delt inn etter de tre kategorier. Studentenes sitater brukes for å illustrere kategoriene og støtte resultatene.

Manglende programmeringsfaglige forutsetninger de første studieårene

En del studenter beskriver programmeringsoppgavene på det første studieåret som utfordrende, og at de ofte opplevde å ikke ha det tilstrekkelige grunnlaget for å løse oppgavene. En student beskriver at programmeringsoppgavene kan: *være litt vel vrien da det er en del teori vi verken har gått gjennom i fysikk eller programmeringsfag, men jeg tar det som en utfordring og synes selv det er viktig å selv gå fram og løse problemet (MTFYMA, K, 2).*

Manglende forkunnskaper gir noen studenter en utfordring som oppleves positivt dersom studenten mestrer oppgavene. En student beskriver at hun: *braker ofte lang tid med mye frustrasjon underveis, men til slutt, når oppgavene er løst, sitter jeg igjen med mye ny kunnskap og en mestringsfølelse (MTFYMA, K, 2).* En annen student har ikke opplevd samme grad av mestring og skriver: *De funker greit, men de er på et høyere kompetansenivå innen programmering enn det vi har lært i intro kurset (ITGK). Noe som gjør de ofte veldig krevende å gjennomføre øvingene og personlig har det gjort at jeg ikke ønsker å jobbe med det selv om jeg synes ITGK var veldig gøy fag (MTFYMA, K, 2).*

Studentene i denne undersøkelse har fullført videregående skole før algoritmisk tenkning ble inkludert i kompetansemålene (Utdanningsdirektoratet, 2019). Vi kan derfor anta at studentene har varierende forkunnskaper i programmering. En student nevner denne forskjellen i programmeringsfaglige forutsetninger: *Synes det i stor grad har vært studenter som har lent på andre studenter med programmerings-evner for å hjelpe dem hvis de sto fast, og ikke nødvendigvis åpenbare student-assistenten som kunne ta på seg den oppgaven. Altså har det siden mekanisk fysikk [1. fysikkemne] og*

elmas [2. fysikkemne] vært opp til medstudenter som har programmerings-bakgrunn eller et sjansespill på en pedagogisk studass (BFY, K, 3).

Sammenheng mellom det fysikkfaglige og programmering

For noen av studentene fremstår koplingen mellom fysikk og programmering ikke tydelig, og de to disiplinene oppfattes som separate: *Synes det er en ypperlig måte å utvikle forståelsen i begge fag. (MTFYMA, M, 1)*, skriver en førsteårsstudent. Studenten omtaler forståelse i begge fag, men ikke sammenheng mellom fysikk og programmering. Det ser ut til, at særlig i løpet av det første studieåret oppleves fysikk og programmering som atskilt. En tredjeårs student skriver: *Er veldig glad i programmering og har et veldig godt forhold til øvingene. Programmerings-øvingene har hjulpet mye for utvikling av ferdigheter, men synes ofte at fokuset blir for mye på det programmeringstekniske med for lite fokus på å faktisk knytte det til pensum. [...] Øvingene er lange og ofte veldig krevende (spesielt i de to første semestrene), som gjorde at læringsutbyttet sånn fysikkmessig ble veldig dårlig. Fokuset ble mer på å lage en kode og få et resultat som ble godkjent, uten å faktisk forstå helt hva man hadde gjort og fysikken bak det (MTFYMA, K, 3).* Likevel gir programmeringsoppgavene et annet aspekt på fysikken: *[...]da det har gitt god innsikt og et praktisk perspektiv på de ellers nokså teoretiske fysikkfagene (MTFYMA, K, 3).*

Studentene skriver også kommentarer som viser at oppgavens design opererer innen Weintrops kategorier for «computational thinking» (Weintrop et al., 2016). En førsteårsstudent beskriver datahåndtering samt en frustrasjon over at fysikken overskygges: *Ellers har det fungert greit for å visualisere teori gjennom grafer. Likevel syntes jeg at jeg får lite "fysikk" ut av det. Blir litt mye IT (MTFYMA, K, 1).* På tredje-årstrinn beskriver en student hvordan programmering og selve kodingen bidrar til forståelse av fysikken som den analytiske tilgangen ikke kan gi: *Er veldig glad i numeriske øvinger, de er artige og kan være ganske lærerike siden man kan se resultatene av ulike initialvilkår, antagelser om system osv. ganske direkte (BFY, M, 3).* Dette kan tolkes om problemløsningsstrategier i Weintrops kategori for beregningsorientert problemløsning, men også at programmeringsoppgavene fungerer som en representasjon, som påpekt av Orban & Teeling-Smith (2020).

Endring i opplevelse for studenter på 3. året

Gjennomgående tyder studentenes svar på at programmeringsoppgavene det første studieåret har vært oppfattet som for vanskelige, som en tredjeårsstudent husker tilbake: *I 1. klasse opplevde jeg at de var for vanskelige, siden vi ikke hadde lært oss nok grunnleggende programmering. Nå synes jeg programmeringsøvingene er interessante, og jeg liker dem (MTFYMA, K, 3).* En annen tredjeårsstudent skriver: *I førsteklasse opplevde jeg noe dårlig opplæring og forklaringer av hvordan oppgavene skulle løses, men i andreklasser gjorde tidligere erfaringer dette mye enklere (MTFYMA, K, 3).*

Tredjeårsstudentenes svar tyder på at både den opparbeidede erfaringen med programmering, men også emnet «Vitenskapelige beregninger» gir studentene den nødvendige fagligheten innen programmering. En tredjeårsstudent skriver: *I de første 2 årene var de [programmeringsoppgavene] veldig vanskelige og jeg følte ikke jeg lærte så mye. Men etter å ha hatt introduksjon til vitenskapelige beregninger gikk det mye bedre (MTFYMA, K, 3).* Flere andre studenter beskriver tilsvarende erfaringer med emnet vitenskapelige beregninger: *Og vil bare si generelt at eg føler vi hadde mye vanskeligere og ofte ganske annerledes programmering i fysikk enn ITGK, det var først nå i vår når jeg tok vitberg [Vitenskapelige beregninger] at jeg følte jeg fikk skikkelig opplæring i progging. Likte godt progging før dette og altså, men var myye selvstudie og googling som lærte meg å progge før vitberg (BFY, M, 3).*

Det ser ut til at emnet «vitenskapelige metoder» gir anledning til et sprang i studentenes opplevelse av mestring av programmeringsøvingene. Dette emnet er obligatorisk for studenter på Master i Fysikk og Matematikk studieprogrammet, men kan velges som valgfag av studentene på Bachelor i Fysikk studiet. Mulige tiltak kan være at emnet i vitenskapelige metoder bør komme tidligere i studiet og være obligatoriske for alle studentene. Dette kan være vanskelig siden emnet benytter både matematikk og fysikk som i dag er plassert tidligere i studieløpet.

Et annet opplagt tiltak for forbedring er å tilpasse programmeringsoppgavene og dagens emner slik at det er en bedre sammenheng mellom innholdet i emnene og kravene for å kunne gjennomføre en programmeringsoppgave

5 KONKLUSJON

I tråd med resultatene til Sørby & Angell (2012) viser studien at det er utfordrende for studentene å kombinere det fysikkfaglig og programmeringsfaglige i programmeringsoppgavene, og ofte blir fokuset på det programmeringstekniske. Vi kan konkludere at mange fysikkstudenter opplever redusert mestringsforventning i løpet av første studieår og at dette er knyttet til en opplevelse av nivåforskjell mellom ulike emner og manglende opplæring i forkant av programmeringsoppgavene.

REFERENCES

- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Orban, C. M. & Teeling-Smith, R. M. (2020). Computational Thinking in Introductory Physics, *The Physics Teacher*, 58, 247. <https://doi.org/10.1119/1.5145470>
- Sørby, S. A., & Angell, C. (2012). Undergraduate students' challenges with computational modelling in physics. *Nordic Studies in Science Education*, 8, 3, 283-296. <https://doi.org/10.5617/nordina.534>
- Utdanningsdirektoratet (2019). Hentet fra: <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/profesjonsfaglig-digital-kompetanse/algoritmisk-tenkning/>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms, *Journal of Science Education and Technology volume*, 25, 127–147.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49, 3, 33–35. doi:10.1145/1118178.1118215