

Innledning

Naturvitenskap og ingeniørfag utgjør en av grunnpillarene i samfunnsutviklingen. Som tilfeldige eksempler kan vi nevne konstruksjon av bygninger, nye materialer, værvarslingsalternativ og tradisjonell energiproduksjon, medisinsk teknologi og behandling, økonomi, finans og risikostyring, underholdning -- så og si alle deler av vårt moderne samfunn. Et grunnleggende fellestrekk ved naturvitenskap og ingeniørfag er at problemstillinger formuleres i et matematisk språk. Den vanlige arbeidsprosessen er som følger:

1. Et problem beskrives presist i vanlig språk.
2. Problemet oversettes til et matematisk problem ved hjelp av kjente lover og prinsipper.
3. Det matematiske problemet løses.
4. Løsningen tolkes tilbake til det opprinnelige problemet og gir løsningen på dette.

En vesentlig flaskehals i denne arbeidsflyten er steg 3 siden svært mange problemer gir opphav til matematiske problemer som ikke lar seg løse verken med de velkjente papir-og-blyant metodene vi kjenner fra skolen eller andre teoretiske tilnærminger.

Utviklingen av datamaskiner og programvare gjennom de siste tiårene har imidlertid gjort matematisk problemløsning på datamaskin (beregninger) til allemannsseie. Problemer som tidligere var uløselige eller kun kunne løses på enorme regnemaskiner, kan nå løses på en laptop. Store datamengder kan visualiseres og behandles på måter det før var vanskelig å forestille seg. Denne revolusjonen har igjen endret realfagene og deres anvendelser og gjort at beregninger har blitt en integrert og sentral del av forskning og utvikling, og en grunnbjelke i næringsliv og industri.

Men selv om utøvelsen av realfagene er dramatisk endret, er dette i liten grad reflektert i elementærutdanningen ved de fleste universiteter og høyskoler. Dette betyr at studentene vanligvis ikke kan arbeide med motiverende, realistiske problemstillinger tidlig i studiet, og at de får begrenset trening med et av de viktigste matematiske løsningsverktøyene gjennom sitt studieløp. Skal vi være konkurransedyktige må utdanningen forberede studentene på den virkelighet de skal arbeide i gjennom en yrkeskarriere. Og da bør bruk av beregninger integreres i utdanningen allerede fra første semester.

Et viktig trekk ved samfunnsutviklingen er at stadig nye typer informasjon kvantiseres og dermed åpner seg for beregningsmessige tilnærminger, for eksempel markedsføring og datingtjenester. Dermed blir kunnskap om beregninger viktig også for yrkesgrupper som tradisjonelt ikke assosieres med naturvitenskap og ingeniørfag. De tilsvarende utdanningene står dermed overfor utfordringen om hvordan dette perspektivet kan trekkes inn i opplæringen. (Se Bokser)

Beregningsperspektiv i moderne ingeniørvirksomhet

Ingeniører bruker beregninger i sitt daglige virke. Beregningene kan være enkle eller basert på avanserte modeller som løses av ferdigutviklet programvare. Selv om ikke alle utfører beregningene selv, vil man måtte initiere beregninger, sette disse ut til andre, for så å bruke beregningsresultatene til å forstå og finne løsninger på komplekse problemstillinger. Dermed blir metodene som danner grunnlaget for beregningene stadig viktigere, og ikke minst kompetanse på hvilke muligheter og begrensninger beregninger kan ha. Resultatene fra beregninger er sjelden fasitsvar med to streker under, men vil være resultat av hva man har som inngangsverdier samt modellene beregningene er basert på, og dermed begrensningene beregningene har.

Utfordringer som krever beregninger finner vi på tvers av mange virksomheter: innen petroleumsvirksomhet, utvikling av nye energikilder, transport, problemstillinger knyttet til vær og klima, forvaltningen av marine ressurser, maritime utfordringer, spredning av forurensning, studier av biologiske og biokjemiske prosesser, medisinsk årsaksforskning, lagring av store datamengder, modellering og analyse av store datamengder. Beregninger kan være et alternativ og eller et supplement til fysiske eksperimenter og noen ganger det eneste alternativet til eksperimenter som ikke kan gjennomføres fordi de er kontroversielle (biologi, medisin), farlige (brann), ulovlige (radioaktivitet), umulige (klima) eller for kostbare (strøm i oljefelt). Når design av avanserte konstruksjoner blir basert på beregninger med datamaskin øker også ansvaret for at dataprogrammene og datamodellene både er så riktige som mulig og at de blir brukt på en så riktig måte som mulig. For å kunne virke effektivt i et slikt miljø bør studentene tilegne seg kunnskap og kompetanse for å kunne forstå, tolke og finne tilfredsstillende løsninger på komplekse og virkelighetsnære problemer og fenomener. Det krever beregningskompetanse.

Beregningsperspektiv i næringslivet

I næringslivet er det viktig å ha evne til problemløsning, ikke bare problembeskrivelse. I mange yrker er det en svært effektiv og god start på jobbkarrieren å være i stand til å løse små og moderate beregningsproblemer på egenhånd. Gjerne uten bruk av bedriftens ferdiglagde fagsystemer på området. Dette gir unik læring og det gir stor produktivitet raskt. Erfaringen er at en når læring, analyse og problemløsning går hånd i hånd, så vil man hurtig bli en verdifull og fleksibel resurs.

I større prosjekter er det en fordel med deltakere som besitter både fagkompetanse på det aktuelle feltet og god it-faglig kompetanse. Katalysatoreffekten av dette er stor. Kommunikasjon og kravspesifisering i større IT prosjekter er en betydelig del av utviklingskostnaden, og prosjektdeltakere som kommuniserer godt på tvers er verdifulle. I mindre utviklingsprosjekter, som trolig er i overtall, vil slike kandidater kunne ta en vesentlig mer profesjonell IT-faglig rolle i utviklingsprosjekter og resultatene kan bli varige produksjonsløsninger istedenfor kravspesifikasjoner. Erfaringen fra næringslivet er også at implementeringer foretatt av metodefagpersoner blir brukt mer varig en tilsiktet, og dette utgjør en risikofaktor for feil, ustabilitet og lite distribusjonsvennlige løsninger.

IT er et fag i sterk utvikling. Det lages nye språk, verktøy er under kontinuerlig og rask utvikling. Det er viktig at næringslivet er dynamisk og tilpasningsdyktig i forhold til dette. En viktig kanal for denne utviklingen er fornyingen som kommer med nyansatte. Det at en nyansatt har en modenhet i bruk av IT og egenutvikling av beregningsmetoder og resultatfremstilling kan bidra mye til at en slik fornying har god kvalitet. Det at studentene har erfaring i bruk av IT verktøy leder også med seg at presentasjonsteknikk, tilgjengeliggjøring av informasjon osv blir en del av kompetansen. Dette er sentralt i de fleste områder av næringslivet der man utvikler og kjører modeller for å analysere problemstillinger, og går hånd i hånd med de mer primære kompetansebehov for faget og modelleringen.

For næringslivet er det ikke viktig om undervisningen gir studenten evner og verktøy til effektiv problemløsning tidlig i studiet. Det viktigste er at kompetansen tilegnes og at bergningsorientert problemløsning er modent hos studenten når hun skal starte i jobb. Det kreves 'mengdetrening' for å bli en habil modellerer, og dette kan med fordel gjøres over tid. Således er det naturlig å starte aktiviteten tidlig i studiet. Teknikken for å formulere kode til problemløsning utvikles over tid og besittelse av samme modenhet innenfor dette fagfeltet som innenfor sitt primære fagfelt er en fordel. Videre er det en fordel dersom studenter tidlig kan anvende faget sitt i praktisk problemløsning, fordi de da i mye større grad kan være attraktive som resurs i forbindelse med masteroppgaver eller dr. oppgaver i næringslivet. Beregningsorientert undervisning kan dermed bidra til å øke samarbeidet mellom lærested/student og næringslivet også gjennom studietiden og kan bidra til økt samarbeid om oppdragsforskning på høyere nivå som en konsekvens.

Nye beregningsanvendelser

Som et eksempel på hvordan bruk av beregnigner stadig trer inn i nye anvedelser ettersom data digitaliseres la oss se på et konkret eksempel: En veientrepenør vurderer å kjøpe et pukkverk og ser på to alternativer. Som et ledd i vurderingen ønsker entrepenøren å lage et miljøregnskap som viser miljøkostnaden ved transport av pukk til fremtidige utbygginger for de to pukkverkene. For et tilfelle som dette kan man ikke forvente at det finnes et ferdig verktøy som løser problemet. Man må i stedet selv utvikle verktøy, samle relevante data og eventuelt overføre disse på digital form, og gjøre et sett beregninger basert på disse dataene. Etterhvert som stadig mer data blir digitalt tilgjengelig, vil også kravene om å kunne anvende disse datane til å gi mer realistiske svar øke. En beregning av et slikt miljøregnskap vil kreve en analyse av kjøring i forbindelse med tidligere utbygginger, f.eks. basert på kjørelogger for bilene, samt en analyse og modell av hvordan man vil forvente kjøring i forbindelse med nyere planlagte utbygginger, basert på reelle kart og data for forventede utbygginger. Dette krever en fleksibilitet i bruk av matematiske og beregningsmessige verktøy: man må velge metoder etter oppgavene, og oppgavene kan stadig endres. For å være rustet til å håndtere slike problemstillinger bør man ha en generell kunnskap i beregningsmetoder i et informasjonssamfunn i stadig endring.

Beregningsorientert utdanning

Hva menes med beregninger?

De fleste har en viss forståelse av hva beregninger er, ikke minst fra erfaring med matematikk i skolen. Dette er et godt utgangspunkt for hvordan vi bruker ordet i dette dokumentet, bortsett fra at vi primært er opptatt av beregninger på datamaskin. Vårt hovedfokus er beregninger med tall, men det kan også være andre typer beregninger som vi vanligvis vil kalle symbolske beregninger. I vår sammenheng her vil 'beregninger' vanligvis assosieres med matematikk. En definisjon av beregninger kan derfor være:

Med beregninger mener vi matematisk problemløsning ved hjelp av datamaskin.

Dette vil kunne innebære bruk av programsystemer som er programmert av andre, men også utvikling av egen programvare. Bruk av beregninger på nivået vi snakker om her forutsetter derfor en viss kunnskap om programmering av datamaskiner. Litt mer presist kan vi derfor si at vi med beregninger mener:

Med beregninger mener vi å bryte ned et matematisk problem i presise steg som kan utføres av en datamaskin.

Hvorfor beregningsorientert utdanning?

Utdanning i realfag og ingeniørfag er veletablert i en solid, internasjonal utdanningstradisjon, med grunnlag i matematiske metodefag og naturvitenskaplig modellering. Real- og ingeniørfagernes suksess underbygger at denne utdanningstradisjonen har fungert og fungerer godt, og terskelen for å gjøre endringer bør derfor være høy. Samtidig bør sentrale metoder og løsningsteknikker som er viktige i dagens utøvelse av fagene vurderes inkludert i utdanningen. Når dette gjøres må vekten legges på forståelse av de grunnleggende prinsippene, som forhåpentligvis vil være kunnskap av varig art. Motsetningen er spesielle verktøy som bygger på de grunnleggende prinsippene, men som stadig endres.

Beregninger ved hjelp av datamaskin er nå et helt grunnleggende verktøy i så og si all utøvelse av real- og ingeniørfag. Det er derfor god grunn til å inkludere dette verktøyet i den grunnleggende metodeundervisningen, og utnytte det i naturvitenskapene og ingeniørfagene på samme måte som i den profesjonelle utøvelsen av disse fagene. Samtidig er det viktig å fastholde det klassiske grunnlaget i alle fagene. Den grunnleggende årsaken til at beregninger bør inkluderes i utdanningen er at det har blitt et så sentralt og kraftig verktøy at en utdanning som utelater det blir ufullstendig. Beregninger av denne typen er et helt grunnleggende verktøy i moderne industri og forskning, og det er derfor av avgjørende betydning at våre utdannede kandidater behersker denne typen kompetanse. Noen fordeler med å trekke beregninger inn i grunnutdanningen på denne måten er følgende:

- Utdanningen blir mer relevant tidlig i studiet med tanke på faglig utøvelse i arbeidslivet. Dette vil være motiverende for studentene og positivt for senere arbeidsgivere.
- Veien fra metodefag til realistiske anvendelser blir kortere og dermed blir det mulig å bedre studentenes forståelse og motivasjon for metodefagene. Dette kan være spesielt sentralt i kortere studier som ingeniørutdanningen.
- Beregningskompetanse vil gjøre det mulig å studere mer realistiske eksempler og problemer i ingeniør- og naturfagene

Beregninger integrert eller som vedheng

Matematikk har en sentral plass i mange realfaglige utdanninger fordi matematikken strukturerer vår tenkning, gir grunnlaget for å beregne – tall, resultater, konsekvenser – og til å formulere lovmessigheter basert på vår kunnskap. Derfor er matematikk en integrert del av utdanningen, ved at studenten tidlig har kurs i matematikk, metodekurs, som så danner grunnlaget for anvendelsen av matematikk i andre kurs. Beregninger ved hjelp av datamaskiner er en like gjennomgripende metode og bør derfor innføres etter samme mønster: først ved innledende metodekurs og deretter ved anvendelser i forskjellige emner. I tradisjonell utdanning forekommer dog beregninger i hovedsak som et tillegg. Noen ganger som en ekstra komponent, en oppgave eller en lab i et kurs, eller i form at et eget kurs i beregningsorienterte metoder sent i studiet. Selv om dette kan være et nyttig, første steg for å introdusere beregninger, viser erfaring at en slik innføring ofte faller vanskelig for studentene, krever ekstra undervisningsinnsats, og ikke gir den samme fortrolighet med beregninger som en integrert tilnærming gjør. Beregninger bør derfor forsøkes integrert gjennom hele utdanningsløpet. En slik integrasjon sikrer dessuten at studentene innarbeider bruk av beregninger som en naturlig del av sin fagpraksis.

Hva er beregningsorientert utdanning

Beregningsorientert utdanning inkluderer beregninger på en systematisk og helhetlig måte på tvers av ulike fag, slik at studentene får en solid basis for bruk av beregninger i en framtidig arbeidskarriere. Dette innebærer blant annet at:

- Beregninger inngår naturlig både i de grunnleggende metodefagene og i de tekniske emnene i utdanningen
- Studentene får bevissthet om
 - hvordan beregninger og klassiske, matematiske løsningsmetoder tilsammen gir en slagkraftig verktøykasse
 - ulike feilkilder og begrensninger ved bruk av beregninger
- Studentene får praktiske ferdigheter både i det å bruke ferdig programvare for beregninger og selv å programmere enkle beregninger

Tilpasning til ulike utdanninger

Implementasjon

Strukturelle endringer skjer relativt ofte i høyere utdanning, og den siste var Kvalitetsreformen som ble innført i 2003. Innføring av et beregningsperspektiv i utdanningen er grunnleggende forskjellig fra slike strukturelle endringer i og med at det primært dreier seg om en faglig justering. Større faglige justeringer i de grunnleggende metodefagene forekommer bare omtrent hvert 50. år, og de færreste har derfor rutiner for hvordan slike endringer bør gjennomføres. Under gir vi en rask gjennomgang av noen momenter som har vist seg å være viktige ved implementasjon av et beregningsperspektiv ved Universitetet i Oslo:

- Faglig entusiasme
- Faglig samarbeid
- Støtte fra ledelsen
- Ressurser
- Programmering

- Valg av programvare

Faglig entusiasme

Et viktig grunnlag for all god undervisning er faglig entusiasme. En vellykket innføring av et beregningsperspektiv er derfor avhengig av at det fins nøkkelpersoner som brenner for dette og er villige til å gjøre en innsats utover det vanlige. Arbeidet innebærer planlegging av det faglige innholdet i sentrale emner (og gjennomføring av undervisningen i et eller flere emner), noe som naturlig nok forutsetter en fortrolighet med beregninger.

Faglig samarbeid

En rasjonell innføring av beregninger krever samarbeid på tvers av faggrenser, institutter og avdelinger. Da kan de anvendte fagene utnytte grunnlaget som legges i matematikk- og informatikkemner uten å bruke tid på innlæring av grunnleggende teknikker. For å få til noe slikt er det viktig å etablere et kollegialt samarbeidsklima på tvers av tradisjonelle faggrenser. Dette betyr at en del personlige kjepphester kanskje må vike for løsninger til glede for et større fellesskap. Men dette gir belønning i form av et bredt og moderne undervisningstilbud som ikke kan implementeres av enkeltpersoner på egenhånd.

Støtte fra ledelsen

Som nevnt over krever innføring av et bredt beregningsperspektiv koordinerte endringer i studieplaner på tvers av grunnleggende metodefag som matematikk, statistikk og informatikk såvel som ulike anvendte fag. En slik prosess vil nødvendigvis involvere mange lærere med ulik bakgrunn og kompetanse. Det vil derfor nesten være en forutsetning at ledelsen ved avdelingen/fakultetet/institusjonen først har tatt en avgjørelse om at disse endringene skal gjøres. Det kan også være hensiktsmessig å etablere en styringsgruppe som har ansvar for den overordnede gjennomføringen av reformen. Den faglige entusiasmen på grunnplanet må altså kombineres med organisatorisk støtte fra institusjonens ledelse. I etableringsfasen kan det derfor være naturlig å organisere innføringen av beregninger i et prosjekt som følges opp spesielt. Målet må dog være at beregningsperspektivet inkluderes i undervisningen på permanent basis. Prosjektorganiseringen vil derfor være midlertidig.

Ressurser

Beregningsperspektiv i utdanningen vil være fremmed for de fleste og vil for alle som blir involvert kreve betydelig arbeid. Ekstra ressurser vil åpenbart kunne øke motivasjonen, men er også en forutsetning for deler av arbeidet.

- Belønning. Motivasjonen for en ekstra innsats kan økes ved at det stilles ekstra ressurser til rådighet i form av økte reisemidler, utstyrsmidler eller annen form for kompensasjon for enkeltpersoner. Lignende insentiver kan også gis til institutter og andre organisatoriske enheter for å sette fart i arbeidet og oppmuntre til samarbeid.
- Utstyr. En forutsetning for å lykkes er at studenter og lærere har tilgang til nødvendig utstyr. I dag har de fleste studenter egen bærbar datamaskin som de gjerne vil bruke i undervisningen. I så fall vil det være nødvendig å ha et opplegg for installasjon av nødvendig programvare på studentenes maskiner. Dette er generelt krevende siden mangfoldet i maskinparken kan være så stort. En måte å løse dette på er å gi studentene gode tilbud på (eventuelt dele ut gratis) maskiner med nødvendig programvare ferdig installert. En annen løsning er å distribuere virtuelle maskiner med nødvendig programvare. Uansett vil det de fleste steder også være nødvendig med datarom med passende utstyr. Ikke minst er det viktig undervisningsrommene gir mulighet for eksperimentering og programmering.

- Kompetanse. De fleste steder vil det være et betydelig antall lærere med begrenset erfaring med beregninger på datamaskin. Det å få disse inkludert i reformprosessen vil være viktig både med tanke på det kollegiale klimaet og det å spre belastningen på flest mulig. På den annen side er det liten tradisjon for organisert videreutdanning av lærere i høyere utdanning, noe som gjør dette utfordrende.

Programmering

Et beregningsperspektiv slik det er skissert over forutsetter grunnleggende kunnskap om programmering. I en verden med trange studieplaner er det lett å tenke at dette ikke krever så mye tid og kan tas innimellom fagstoff i regulære emner. Erfaringen fra Oslo er at dette fungerer dårlig og skaper frustrasjon hos studentene. *Det er derfor svært viktig å sette av reell tid til læring av de grunnleggende programmeringsbegrepene før, eller i det minste samtidig med, det første møtet med beregninger.*

Valg av programvare

Kjernen i et beregningsperspektiv er hvordan problemer kan løses ved hjelp av presise algoritmer. Dette er en grunnleggende konseptuell forståelse som er uavhengig av konkrete programmerings-språk og beregningsplattformer. Når det er sagt, så er det åpenbart viktig at studentene får praktisk erfaring med beregninger på datamaskin, noe som krever bruk av en konkret programmeringsomgivelse. Diskusjon om valg av programmeringsspråk har lett for å bli konfliktfylt. Det er derfor viktig å først enes om de overordnede kravene en har til programmeringsspråket. Dette kan variere noe, men noen vanlige krav vil typisk være:

- Språket bør være egnet til å kunne fokusere på grunnleggende programmering.
- Språket bør gjøre bruk av de grunnleggende talltypene som støttes av standard maskinvare.
- En god plotteomgivelse bør være inkludert.
- Språket bør ikke være for omfattende, det gjør det vanskelig for studentene å få oversikt.

En konsekvens av det siste punktet er at språket bør ikke gi støtte for symbolske beregninger. Mulighet for symbolske beregninger øker læringsterskelen betraktelig og gjør det langt vanskeligere å fokusere på de grunnleggende programmeringsideene. For eksempel blir det lett forvirring omkring variable som noen ganger skal være symbolske og andre ganger numeriske. Det vil selvsagt kunne være en fordel for mange studenter å kjenne til symbolske beregninger, men dette gjøres nok best i videregående emner når de grunnleggende programmeringskunnskapene allerede er etablert.

Eksempler

Universitetet i Oslo

Beregninger på datamaskin har vært et sentralt verktøy innen matematikktunge realfag som fysikk, astrofysikk, geofysikk og kjemi ved UiO siden de første datamaskinene ble tilgjengelige. I mange år var imidlertid dette forbeholdt forskningen og var et verktøy studentene for en stor del måtte lære seg på egenhånd, gjerne i forbindelse med arbeid med hovedoppgaven eller doktoravhandlingen. Rundt år 2000 var det flere miljøer, særlig ved Fysisk institutt, Institutt for informatikk og Matematisk institutt som så et behov for en generell beregningsopplæring allerede fra første semester på lavere grad. Til å begynne med var disse initiativene i liten grad synkronisert. Etableringen av Senter for matematikk for anvendelser (CMA, et senter for fremragende forskning støttet av Norsk forskningsråd) i 2003 førte flere av disse miljøene sammen. Samtidig førte Kvalitetsreformen til at undervisningen i matematikktunge fag på laveregrad ble organisert i et fåtall brede bachelorprogram, med de to programmene FAM (Fysikk, astronomi og meteorologi) og MIT (Matematikk, informatikk og teknologi) som de to desidert største (et annet stort program, MAEC (Matematikk og økonomi) kom til i 2007). Det var derfor naturlig at de tidligere spredte forsøkene på å få etablert et beregningsperspektiv ble synkronisert og systematisert i det såkalte CSE- (Computers in Science Education) prosjektet. Beskrivelsen under oppsummerer prosjektet og hvordan det framstår i 2011.

Etablering

Drivkraften bak CSE-prosjektet har hele tiden vært fagpersoner med engasjement for undervisning, med en beregningsorientert forskningsprofil. Noen av disse personene var sentrale i etableringen av de nye studieprogrammene i 2003, og det var naturlig å se om det lot seg gjøre å etablere et beregningsperspektiv på de store, matematikktunge programmene. Fra starten av var ambisjonene klare om at CSE skulle etablere et helhetlig beregningsperspektiv på laveregradsutdanningen, på tvers av fag og undervisningsprogram. Samtidig var usikkerheten stor om hvordan dette skulle gjøres — ingen hadde erfaring med hvordan slike prosesser kunne gjennomføres. Det ble imidlertid fort klart at prosjektet måtte forankres i ledelsen ved MN-fakultetet. Sentrale personer i prosjektet fikk i stand et møte med dekanen, og resultatet var at fakultetets strategiplan fikk et punkt om at det skulle arbeides for å etablere et beregningsperspektiv på utdanningen. Med denne ryggdekningen, kombinert med respekt for det klassiske innholdet i utdanningen, var det relativt enkelt å få støtte for prosjektet fra ledelsen ved de ulike instituttene og mesteparten av undervisningsstaben.

Struktur

Alle de matematikktunge programmene har en fellesblokk de første semestrene der beregningsperspektivet etableres. Denne blokken består av emnene INF1100, MAT-INF1100, MAT1100, MAT1110 og MAT1120, se under. Fundamentet innen denne blokken består av de tre første emnene som går i parallelle første semester og danner en naturlig helhet:

- **MAT1100 – Kalkulus.** Dette er et klassisk matematikkemne som tar for seg temaer som komplekse tall, konvergens og kontinuitet, derivasjon og integrasjon, samt elementær vektorregning, funksjoner av flere variable og partielle deriverte. I dette emnet er det ingen systematisk bruk av beregninger på datamaskin.
- **MAT-INF1100 – Modellering og beregninger.** Dette emnet inneholder både en del klassisk matematikk, numeriske metoder og det som kan kalles generell digital kompetanse:

- Klassisk matematikk: Induksjon, reelle tall og kompletthet, differensligninger, Taylor-polynomer med feilledd, ordinære differensialligninger
- Numeriske metoder: Numerisk simulering av differensligninger, numerisk løsning av ligninger, numerisk derivasjon og integrasjon, numerisk løsning av differensialligninger, utledning av feilestimer, trunkeringsfeil og avrundingsfeil i numeriske metoder
- Digital kompetanse: Representasjon av tall i ulike siffersystemer, representasjon av tall i datamaskinen, avrundingsfeil, representasjon av tekst, kompresjon med særlig vekt på tapsfrie metoder, litt om representasjon og manipulasjon av digitl lyd og digitale bilder
- **INF1100 – Grunnkurs i programmering for naturvitenskapelige anvendelser.**
 Dette emnet gir opplæring i programmering uten krav om forkunnskaper. Eksemplene som brukes er stort sett utelukkende hentet fra matematikk og de øvrige realfagene. Ikke minst programmeres de fleste numeriske metodene isom gjennomgås i MAT-INF1100 i INF1100. Programmeringsspråket er Python. Emnet starter med en innføring i elementær programmering, men gir også en grundig innføring i objektorientering.

Tanken er studentene skal oppleve disse emnene som en helhet. Et typisk eksempel er at de møter definisjonen av integralet i MAT1100, numeriske metoder for å beregne integraler i MAT-INF1100 og programmerer disse metodene i INF1100.

Tilbakemeldingene fra studentene er at dette krever mye arbeid, men at opplegget fungerer godt.

De to andre emnene i grunnblokken er MAT1110 – Kalkulus og lineær algebra, og MAT1120 – Lineær algebra. Disse emnene dekker et forholdsvis standard pensum i flervariabel analyse og lineær algebra, men med et tydelig beregningsperspektiv. Beregningsemner som dekkes er fikspunktiterasjon, løsning av lineære ligningssystemer, numeriske metoder for å finne egeneverdier og egenvektorer, minste kvadraters metode, singulærverdidekomposisjon, ulike anvendelser som kompresjon av bilder, Googles pagerank-algoritme, Markovkjeder.

Tabell 1 viser oppbygningen av studieretningen Matematisk finans i bachelorprogrammet Matematikk og økonomi mens tabell 2 viser studieretningen i astronomi i bachelorprogrammet Fysikk, astronomi og meteorologi. Selv om studieretningene er svært forskjellige er begge bygd på den samme grunnblokken slik at studentene får et felles grunnlag i matematikk med et tydelig beregningsperspektiv.

En del av de senere emnene har også en tydelig beregningskomponent. Innen matematisk finans gjelder dette de to statistikkemnene STK1100 og SKT1110, mens alle emnene i astronomiretningen inneholder beregninger i større eller mindre grad.

6. semester	EXPHIL03 - Examen philosophicum	Valgfritt	Valgfritt samfunnsøkonomi-emne på 2000-nivå eller høyere
5. semester	ECON3610 - Samfunnsøkonomisk lønnsomhet og økonomisk politikk	MAT2700 - Matematisk finans og investeringsteori	MAT2410 - Analyse 2
4. semester	MAT2400 - Analyse 1	STK2130 - Modellering av stokastiske prosesser	MAT2440 - Differensiallikninger og optimal kontrollteori
3. semester	MAT1120 - Lineær algebra	ECON2310 - Makroøkonomisk analyse	STK1110 - Statistiske metoder og dataanalyse 1
2. semester	MAT1110 - Kalkulus og lineær algebra	ECON1500 - Innføring i samfunnsøkonomi for realister	STK1100 - Sannsynlighetsregning og statistisk modellering
1. semester	MAT1100 - Kalkulus	MAT-INF1100 - Modellering og beregninger	INF1100 - Grunnkurs i programmering for naturvitenskapelige anvendelser
	10 studiepoeng	10 studiepoeng	10 studiepoeng

Tabell 1. Studieretningen for Matematisk finans i bachelorprogrammet Matematikk og økonomi.

6. semester	AST3210 - Stråling I	Valgfritt	Valgfritt
5. semester	FYS2160 - Termodynamikk og statistisk fysikk	AST2120 - Stjernene	AST2210 - Observasjonsastronomi
4. semester	FYS2140 - Kvantefysikk	Valgfritt	EXPHIL03 - Examen philosophicum *
3. semester	FYS1120 - Elektromagnetisme	AST1100 - Innføring i astrofysikk / GEF1100 - Klimasystemet	MAT1120 - Lineær algebra
2. semester	FYS-MEK1110 - Mekanikk	MEK1100 - Feltteori og vektoranalyse	MAT1110 - Kalkulus og lineær algebra
1. semester	INF1100 - Grunnkurs i programmering for naturvitenskapelige anvendelser	MAT-INF1100 - Modellering og beregninger	MAT1100 - Kalkulus
	10 studiepoeng	10 studiepoeng	10 studiepoeng

Tabell 2 Studieretningen for astronomi i bachelorprogrammet Fysikk, astronomi og meteorologi.

Programmeringsemner

Fram til 2006 ble programmeringsopplæringen gitt gjennom et tradisjonelt informatikkemne, INF1000, basert på Java. I seg selv er dette et godt emne, men studentene opplevde emnet som fjernt fra matematikkemnet og etterlyste et mer matematikkorientert emne. INF1100 ble innført høsten 2007 som et svar på dette. Tilbakemeldingene fra studentene tyder på at de nå opplever de tre emnene første semester som en helhet.

Undervisningsformer

Eksamensresultater

Spredning til andre fag

% Nye muligheter

Integrasjon av beregninger i utdanningen utgjør en stor mulighet for realfagsutdanningene - og for andre utdanninger. De matematiske naturfagene er fokusert på å løse problemer som kan formuleres matematisk. Det betyr at man analyserer en situasjon og formulerer et matematisk problem, løser problemet, og bruker løsningen til å forstå situasjonen. En utfordring i tradisjonell utdanning er at det ofte er et stort skille mellom hva slags problemer man kan studere i den teoretiske utdanningen og de problemene man møter i den praktiske utøvelsen av fagene i industri og forskning. Det skyldes at når man skal løse et matematisk problem i utdanningen, er det kun et lite antall problemer man kan løse uten bruk av beregninger på datamaskin. Selv om de problemene man kan løse gir god innsikt, vil man ved integrasjon av beregningsmetoder i utdanningen lære de samme problemløsningsmetodene, men man kan bruke mer relevante og mer realistiske modeller, og arbeidsmetoder som er mer lik dem man møter i forskning og næringsliv. Bruk av beregninger på datamaskiner åpner derfor for en mer meningsfull og relevant utdanning hvor metodene er bedre tilpasset virkeligheten studentene møter etter utdanningen. Det er viktig å peke på at integrasjon av beregninger gjør ikke matematikk mindre viktig, snarere tvert imot. Den matematiske formuleringen må være presis for å kunne anvende beregningsmetoder, men innføring av beregninger endrer på hvilke aspekter av matematikken man bruker mest tid på gjennom utdanning - i retning av de aspektene de fleste studentene vil bruke mest i sin karriere.

% Nye retninger

Beregninger ved hjelp av datamaskiner har betydning for nær alle aspekter av våre liv: Det ligger til grunn for utvikling av bygninger, nye materialer, værvarsling, alternativ og tradisjonell energiproduksjon, medisinsk teknologi og behandling, økonomi, finans og risikostyring, underholdning -- så og si alle deler av vårt moderne samfunn. Selv markedsføring og datingtjenester er i dag basert på beregningsmessige modeller -- for forbrukeratferd eller for matching av kjærester. Og bruken av beregninger vil kun vokse seg viktigere ettersom stadig nye aspekter av tilværelsen digitaliseres og åpner seg for beregningsmessige tilnærminger. Bruk av beregningsmetoder vil derfor bli enda viktigere og gripe enda mer om seg i løpet av yrkeskarrieren til studentene som begynner i dag, og de bør derfor få en utdanning som tar høyde for og forbereder dem på dette.

% Konsekvenser for utdanning

Et element av en utdanning i realfag er å gi studentene grunnlag til å kunne virke i en 40årig yrkeskarriere. Siden denne karrieren kommer til å kreve at studentene anvender beregninger, må studentene gjennom utdanningen få kunnskaper og ferdigheter innen beregninger -- i tillegg til den fagkunnskap utdanningen tar sikte på. Utdanningene må ta sikte på å utdanne beregningskyndige fagpersoner.