

# Læreplan i Anvendt Matematikk og Robotikk - Programfag i Utdanningsprogram for Yrkesfag med Studiekompetanse

Eirik Kvalheim og James Fox

October 13, 2018

## Formål

Fagets hensikt er å forberede elevene på jobber innenfor robotikkfagfeltet, samt videre robotikkrelaterte studier på universitetsnivå. Da faget blant annet består av et halvt år med prosjektbasert læring hvor elevene jobber i team på ett halvårig prosjekt, vil det også fremme entrepenørskap og selvstendig læring, og være en virkelighetsnær simulering av arbeidslivet. Faget i seg selv har som formål å gi elevene teorigrunnlaget for å forstå hvordan en robot er bygd opp, da spesielt med tanke på software. Matematisk modellering er sentralt for å forstå oppbygningen av softwaren, og kurset vil derfor introdusere endel matematiske konsepter som vanligvis dekkes på universitetsnivå.

## Struktur

Faget er et tredje års fag hvor man igjennom Vg1 og Vg2 utnytter synergiefekten som oppstår ved å trekke paralleller og sammenhenger mellom AMOR og andre fag i studieløpet.

For riktig gjennomføring av faget kreves det derfor to års forberedelser, hvor detaljene rundt koordineringen med involverte fag er spesifisert under.

## Gjennomføring

Faget er lagt opp til å bestå av en teoretisk del på høsthalvåret, deretter en prosjektdel på vårhalvåret. I teoridelen er det ønskelig med teori og praksis om hverandre slik at teorien visualiseres, og elevene får relevante praktiske erfaringer blant annet for prosjektdelen. Grad av praksis vil avhenge av avsatte ressurser.

## Koordinering med andre fag

Anvendt Matematikk og Robotikk baserer seg på et samarbeid med følgende fag:

- Engelsk ENG1001 og ENG1003, eller lignende fag.
- Matematikk MAT1013, REA3022 og REA3024
- Fysikk REA3004 og REA3005
- Data- og elektronikksystemer ELE1001
- Automatiseringssystemer ELE1003 og AUT2001

Samarbeidet med disse fagene sammenfaller med de enkelte fagenes læreplan, og man vil kunne oppnå en synergieffekt mellom fagene motivert av FYR - Fellesfag, Yrkesretting og Relevans.

## Engelsk

Koordineringen med engelskfaget går over to år og inneholder følgende aspekter

- Vg1
- Gi et overordnet inblikk i hvordan roboter kan modelleres matematisk.
    - \* Symbolsk representasjon
    - \* Konfigurasjonsrom, Tilstandsrom og Arbeidsrom
    - \* Foroverkinematikk
    - \* Inverskinematikk
    - \* Hastighetskinematikk
    - \* Dynamikk
  - Gi et overordnet inblikk av roboters mekaniske aspekter.
    - \* Kraftkilder
    - \* Kontroll og Styringsmetoder
    - \* Applikasjonsområder, Geometrisk oppbygging og typiske konfigurasjoner
      - Albuemanipulator (RRR) og 6-aksede roboter
      - Kartesisk manipulator (PPP)
      - Sylindrisk manipulator (RPP)
      - SCARA (RRP)
      - Parallele manipulatorer

- Vg2
- Gi et overordnet innblikk av roboters mekaniske struktur
    - \* Manipulatorer
    - \* Mobile Roboter
  - Gi et overordnet innblikk i robotikkens verden
    - \* Industrielle Roboter
    - \* Avanserte Roboter
    - \* Sosiale Roboter
    - \* Medisinske Roboter

## Matematikk

Koordinering med matematikk går over tre år og omfatter følgende fag

1T Utlede og dekke/skape forståelse for formlene i Appendix A2 i Spong (TODO: skrive dette ut/ta vekk ..A2..).

Blant annet kunne utlede cosinussetningen med Pythagoras.

R1 Tallsystemer i 1D: (N, Z, Q, R, !Q).

God og intuitiv forståelse av enhetssirkelen.

R2

## Fysikk

Koordinering med fysikk går over to år og omfatter følgende fag

F1

F2

## Data- og elektronikkssystemer

Koordinering med Data- og elektronikkfaget foregår i første klasse og omfatter følgende

Vg1 Kunne utvikle egne programmer ved hjelp av programmeringspråket C++. I dette inngår å bruke og forstå grunnleggende elementer som variabler, strukter, arrays, løkker og funksjoner. Det omfatter også bruk av biblioteker, feilsøking, generalisering, gjenbruk av løsninger.

## Automatiseringssystemer

Koordineringen med Automatiseringsfaget går over to år og omfatter følgende aspekter

Vg1 noe

Vg2 Kunne utvikle egne programmer ved hjelp av programmeringspråket C++. I dette inngår å bruke og forstå grunnleggende elementer som variabler, strukter, arrays, løkker, funksjoner, tester og brukerinteraksjon i terminal. Det omfatter også bruk av biblioteker, feilsøking, generalisering, gjenbruk av løsninger, samt elementer spesifikt for C++ som pekere og minnehåndtering. Elevene skal også kunne vurdere og analysere egen og andres programkode.

## Hovedområder

Hovedområdene i faget vil springe ut fra matematikken og omfatte følgende temaer

### Anvendt Matematikk

Hovedområdet handler om anvendelse av sentrale resultater fra lineær algebra, i tillegg til grunnleggende forståelse for 1,2 og 4 - dimensjonale tallsystemer. Det dreier seg om regning med komplekse tall og quarternioner, og homogene transformasjoner. Grunnleggende teknikker innebærer enkel matriseregning, utregning av determinanter og inverser av matriser. Videre handler hovedområdet om forskjellige representasjoner av rotasjoner både i planet og rommet. Sentrale begreper er lineærtransformasjoner, rotasjoner og quarternioner.

### Matematisk Modellering av Roboter

Hovedområdet handler om Det dreier seg om Videre handler hovedområdet om Det omfatter Sentrale begreper Grunnleggende teknikker I dette hovedområdet inngår

Elevene skal kunne bruke matematiske modelleringsverktøy som Matlab for å digitalt kunne representere en vilkårlig robot konfigurasjon. Den matematiske modelleringen er en sentral del og bygger sammen med matematikken, grunnfundamentet i faget. Sentrale begreper

- **Foroverkinematikk** - Elevene skal ha god forståelse av hva foroverkinematikk går ut på. Elevene skal kunne bruke Denavit-Hartenberg konvensjonen til å lage en matematisk representasjon av en vilkårlig robot.
- **Inverskinematikk** - Elevene skal kunne løse inverskinematikk-problemer algebraisk, geometrisk, og numerisk/ved hjelp av digitale verktøy.

Elevene skal også ha en god overordnet forståelse av hva inverskinematikkproblemet går ut på.

- **Hastighetskinematikk** - Elevene skal kunne beregne Jacobian for en vilkårlig robot, og bruke denne til å utlede robotens singulariteter. Elevene skal også ha en god overordnet forståelse av hva Jacobian beskriver, samt forskjellig type singulariteter.
- **Dynamikk** - Elevene skal kunne beregne dynamikken for en simpel robot, og knytte dette opp mot reguleringsteknikk.

Grunnleggende teknikker

## Robotikk

Hovedområdet handler om anvendelse av sentrale resultater fra lineær algebra, . Det dreier seg om Videre handler hovedområdet om Det omfatter Sentrale begreper Grunnleggende teknikker I dette hovedområdet inngår

Refleksjon og Etikk Programmering av roboter ved bruk av meta operativsystemet ROS. på en sånn måte at en robot som er satt opp med ROS skal kunne påvirke omverden. Det skal kunne opprettes ROS noder og elevene skal ha kjenskap til følgende begreper

## Prosjektarbeid

Hovedområdet handler om anvendelse av sentrale resultater fra lineær algebra, . Det dreier seg om Videre handler hovedområdet om Det omfatter Sentrale begreper Grunnleggende teknikker I dette hovedområdet inngår

I prosjektarbeidet har elevene mulighet til å enten lære produsentspesifik programmering, eller gå "makerveien" og jobbe videre med ROS. Elevene skal også lære å bruke LaTeX for prosjektrapporten. Elevene skal kunne arbeide med større robot prosjekter over lang tid, noe som fremmer entrepenørskap, samt bidrar til *kumulativ kunnskapsøkning*. Sentrale begreper

## Timetall

Timetall oppgitt i 60 minutters enheter. Da konseptene i faget krever modningstid er det essensielt at faget undervises ukentlig.

Faget skal være 6 timer i uken, som totalt gir 252 timer for et 42 ukers skoleår.

## Grunnleggende Ferdigheter

Grunnleggende ferdigheter er integrert i kompetansemålene der de bidrar til utvikling av og er en del av fagkompetansen. I Anvendt Matematikk og

Robotikk forstås grunnleggende ferdigheter slik:

*Å kunne uttrykke seg muntlig og skriftlig* i Anvendt Matematikk og Robotikk innebærer å formulere logiske resonnementer, forklare en tankegang og sette ord på oppdagelser, ideer og hypoteser, i tillegg til å kommunisere med leverandører, kollegaer og fagfolk fra andre fagområder. Det vil si å stille spørsmål, delta i samtaler og drøftinger av matematiske situasjoner og problemer og argumentere for egne løsningsforslag. Det vil også si å delta i vurderinger og planlegging tilknyttet sikkerhet og valg av faglige løsninger. Å uttrykke seg skriftlig innebærer å planlegge arbeidsoppdrag og å dokumentere og rapportere inn utførte arbeidsoppdrag og avvik, samt å formulere matematiske bevis ved bruk av korrekt matematisk notasjon og logisk gyldige slutninger. I tillegg betyr det å skrive matematiske symboluttrykk og sette opp eller tegne tabeller, diagrammer, grafer og geometriske figurer.

*Å kunne lese* i Anvendt Matematikk og Robotikk innebærer å trekke relevant informasjon ut av en tekst og kunne forstå symbolsk representasjon av roboter. Det betyr å forstå matematiske symboluttrykk og logiske resonnementer knyttet til fagspesifikke tekster. Det vil også si å forstå og tolke gjeldende regelverk og direktiver, i tillegg til organisert visuell informasjon, som DH-tabeller, grafer og geometriske figurer.

*Å kunne regne* i Anvendt Matematikk og Robotikk er den mest grunnleggende ferdigheten. Det innebærer fortrolighet med valg av operasjon og fortrolighet med de ulike regneoperasjonene. Å regne betyr å benytte nye operasjoner som å regne ut determinant eller inversen til en matrise. Det vil også si å bruke teori og lineær algebra til å og vurdere rimeligheten av svar.

*Å kunne bruke digitale verktøy* i Anvendt Matematikk og Robotikk innebærer å programmere, konfigurere og feilsøke på ulike robot-installasjoner. Det innebærer å bruke digitale verktøy til omfattende beregninger, simuleringer, og visualiseringer, samt å utlede, bearbeide og presentere matematisk informasjon i elektronisk form. I tillegg vil det si å vurdere robotens hensiktsmessighet og begrensninger i simuleringer, i tillegg til å gjøre informasjonssøk ved feilretting på både simuleringer og installasjoner.

## Kompetansemål

### Anvendt Matematikk

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

- gjøre rede for de forskjellige tallsystemene opp til og med quarternionene
- regne med komplekse tall og quarternioner

- representere komplekse tall på matriseform
- representere en sekvens med rotasjoner i rommet med hensyn på fikserte og ikke fikserte aksekors
- representere rotasjoner i planet med komplekse tall
- beskrive rotasjonsmatriser og representere rotasjoner i rommet i form av euler vinkler, roll-pitch-yaw, akse-vinkel
- beskrive rotasjoner i rommet med quarternioner og kunne regne fram og tilbake mellom quarternionene og rotasjonene
- representere quarternioner på matriseform
- beskrive, redegjøre for og regne med vektorer og lineærtransformasjoner i planet og rommet
- bruke enkle regneregler for matriser som transponering, invers av en  $2 \times 2$  og  $3 \times 3$  matrise, addisjon, subtraksjon, multiplikasjon
- regne ut determinanter for  $2 \times 2$  og  $3 \times 3$  matriser og forklare determinantens betydning for lineærtransformasjonen
- regne ut og visualisere homogene transformasjoner
- for en lineær transformasjon, kunne regne med, og beskrive, begrepene lineær uavhengighet, basis og rang
- regne ut egenverdier og egenvektorer for  $2 \times 2$  og  $3 \times 3$  matriser

## Matematisk Modellering av Roboter

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

- bruke matematiske modelleringsverktøy som Matlab for å digitalt kunne representere en vilkårlig robot konfigurasjon
- redgjøre grundig for av hva foroverkinematikk og inverskinematikk går ut på
- vise en overordnet forståelse av hva Jacobi matrisen beskriver, og regjøre for forskjellige singulariteter
- bruke Denavit-Hartenberg konvensjonen til å lage en matematisk representasjon av en vilkårlig robot
- løse inverskinematikk-problemer algebraisk, geometrisk, og numerisk/ved hjelp av digitale verktøy

- beregne Jacobian for en vilkårlig robot, og bruke denne til å utlede robotens singulariteter
- beregne dynamikken for en simpel robot

## Robotikk

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

- vise et reflektert forhold til roboters etiske påvirkning i samfunnet, samt ens egen rolle i dette
- presentere en helhetlig oversikt over robotikkfaget som fagfelt, og kunne gjøre rede for de forskjellige fagområders vinkling på robotikk(en) og hva det er for dem
- knytte den matematiske teorien opp imot et praktisk funksjonelt perspektiv
- redegjøre for en robots mekaniske aspekter og struktur
- bruke meta operativsystemet ROS til å programmere og styre en robot. I det inngår å
  - opprette ROS noder
  - bruke ROS topics og ROS services for å analysere data og tilstand for en robot
  - opprette Publisher/Subscriber forhold
  - simulere og visualisere
  - bruke kommandovinduer, teksteditorer og operere i et linux miljø
- benytte dynamikken for en robot i et reguleringsteknisk perspektiv for å kontrollere roboten
- programmere roboter med produsent spesifikke programmeringsverktøy

## Prosjektarbeid

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

- lage fremdriftsplaner, mål og skjemaer for arbeidsoppgaver og materialbehov etter arbeidsbeskrivelser
- arbeide prosjektbasert med større robot prosjekter over lang tid, hvor det skal holdes jevnlig møtevirksomhet igjennom prosjektledelse
- vurdere hvilke regelverk og normer som gjelder for arbeidet som skal utføres og anvende dette



- utføre risikovurdering og vurdere tiltak for ivaretagelse av person- og maskinsikkerhet
- programmere en robot selvstendig, enten ved bruk av produsent spesifikk programvare, eller meta operativsystemet ROS
- planlegge, sluttkontrollere og dokumentere arbeidet i en prosjektrapport ved bruk av typesettingssystemet LaTeX
- regjøre for begrepet *kumulativ kunnskapsøkning* i en virksomhetssammenheng, og bidra med tiltak for å sikre dette
- utføre arbeid på robot installasjoner fagmessig, nøyaktig og i overensstemmelse med krav til helse, miljø og sikkerhet og rutiner for kvalitetssikring og internkontroll
- gjøre faglige vurderinger av eget og andres arbeid

## Vurdering

- Vurderingen i faget består av undervisvurderinger som både er karaktergivende og ikke-karaktergivende. De ikke-karaktergivende undervisvurderingene kommer som en form av prosjekthjelp i siste halvår. Det skal være X karaktergivende undervisvurderinger første halvår, som tilsammen teller 20% av den endelige karakteren i faget. I tillegg skal det avholdes en eksamen etter endt førstehelvår, som teller 30%. Denne eksamen skal ha en valgfri eksamensform, det vil si at elevene skal kunne velge å gjennomføre eksamen muntlig eller skriftlig. De resterende 50% av vurderingen i faget kommer som følge av et prosjektarbeid i siste halvår. Den karaktergivende vurderingen skal kun fremkomme etter endt prosjekt, men det skal minimum forekomme månedlige ikke-karaktergivende undervisvurderinger i form av prosjekthjelp og tilbakemeldinger i siste halvår.
- Det skal forekomme to midveisevalueringer, en i midten av hvert halvår, samt to sluttevalueringer, en etter hvert endt halvår. I midtveisevalueringer skal elevene evaluere sin egen prestasjon, progresjon og kunnskap i faget. I sluttevalueringene skal elevene evaluere faget samt sin egen innsats og kompetanse.