

## 2.13 MATEMATIKK

Vedtatt av Lærerhøgskolens råd 21. juni 1979 med endringer sist vedtatt av Fakultet for fysikk, informatikk og matematikk november 2000.

Et ideelt matematikkstudium gir en grundig innføring i faget, samt en oversikt over og en forståelse av matematikk som basis for og verktøy i andre fag. Om mulig bør derfor et studium i matematikk omfatte emner utover en 20-gruppe. Emnetilbudet er lagt opp slik at studenten skal få en grundig innføring i noen viktige områder av faget. Gjennom eksempler illustreres noen av anvendelsesmulighetene innenfor andre fag, samt fagets praktiske anvendelser.

Et solid grunnstudium i matematikk gir et godt grunnlag for arbeid med anvendelser av matematikk på andre fagområder, eller for arbeid med faget i yrkeslivet. Studenter som skal tilrettelegge studiet med tanke på undervisning i ungdomsskolen og i den videregående skolen anbefales å ta henholdsvis minst 20 og 25 vektall i matematiske fag inkludert et grunnemne i statistikk. Det fins et eget studieopplegg for studenter som vil utdanne seg til realfagslærere med spesiell kompetanse i matematikk. Opplegget omtales som Program for lærerutdanning i matematikk (PLUM), og er beskrevet i kapitlene 2.13.4 og 2.13.6. PLUM utgjør en del av PLUR, Program for lærerutdanning i realfag.

Noen emner er obligatoriske for alle som vil ha en emnegruppe i matematikk eller som ønsker å begynne på hovedfagsstudiet i matematikk. Ellers står studentene fritt i valg av emner, slik at matematikkstudiet til en viss grad kan tilpasses den enkeltes behov og interesser.

Matematikkstudiet bygger generelt på kunnskaper tilsvarende høyeste nivå i matematikk (3MN/3MX) i den videregående skole, men emnene MNFMA001 og MNFMA012 bygger på 2MN/2MX i den videregående skole.

### 2.13.1 EMNEOVERSIKT

Ved overgangen til nytt studentdatasystem (FS), tok NTNU høsten 1998 i bruk nye emnekoder. Endringene består i at gamle emnekoder er gitt prefikset MNF, slik at for eksempel det første emnet nedenfor ble hetende MNFMA001 Brukerkurs i matematikk. Se kapittel 1.10 for ytterligere informasjon.

**Oversikt over emner som tilbys innen matematikk for de allmennvitenskapelige studiene.**

Kode	Tittel	Vektall
<i>Grunnemner:</i>		
MNFMA001	Brukerkurs i matematikk	5
MNFMA012	Elementær diskret matematikk	3
MNFMA100	Grunnkurs i analyse	5
MNFMA104	Tallteori	2
MNFMA108	Lineær algebra	5
MNFMA109	Flerdimensjonal analyse	4
MNFMA205	Algebra	3
MNFMA210	Matematikk fagdidaktikk	3
MNFMA213	Differensiallikninger og Fourieranalyse	3
MNFMA214	Funksjonsteori	3

*Videregående emner:*

MNFMA215	Videregående lineær algebra	2
MNFMA217	Videregående diskret matematikk	3
MNFMA220	Geometri	3
MNFMA321	Abstrakt algebra	5
MNFMA323	Differensialtopologi	5
MNFMA324	Analysens grunnlag	5
MNFMAX*	Aktuelle matematiske emner (varierende tittel)	Inntil 5

*Avanserte emner:*

MNFMA300*	Hovedfagsseminar i algebra I	2
MNFMA301*	Hovedfagsseminar i algebra II	2
MNFMA310*	Hovedfagsseminar i analyse I	2
MNFMA311*	Hovedfagsseminar i analyse II	2
MNFMA312*	Hovedfagsseminar i analyse III	2
MNFMA313*	Hovedfagsseminar i analyse IV	2
MNFMA314*	Hovedfagsseminar i generell topologi	2
MNFMA315*	Hovedfagsseminar i geometri/topologi	2
MNFMA325	Funksjonalanalyse	4
MNFMA326	Videregående funksjonsteori	4
MNFMA327	Ringteori	4
MNFMA328*	Generell topologi	4
MNFMA329*	Differensialgeometri	4
MNFMA330*	Homologisk algebra	4
MNFMA331*	Kaos og fraktal geometri	4
MNFMA333	Algebraisk topologi	4
MNFMA334*	Algebraisk geometri	4
MNFMA336*	Univalente funksjoner	4
MNFMA337*	Analytisk teori for kjedebrøk	4
MNFMA340*	Funksjoner av flere komplekse variable	4
MNFMA343*	Dynamiske systemer og ergodeteori	4
MNFMA344*	Harmonisk analyse	4
MNFMA350*	Ikke-lineære dynamiske systemer	4
MNFMA351*	Kohomologiteori	4
MNFMA400*	Doktorgradsseminar i algebra I	2
MNFMA401*	Doktorgradsseminar i algebra II	2
MNFMA410*	Doktorgradsseminar i analyse I	2
MNFMA411*	Doktorgradsseminar i analyse II	2
MNFMA412*	Doktorgradsseminar i analyse III	2
MNFMA413*	Doktorgradsseminar i analyse IV	2
MNFMA431*	Representasjonsteori for algebraer	4
MNFMA432*	Kommutativ algebra	4
MNFMA432R*	Kommutativ algebra-redusert	2
MNFMA435*	Representasjonsteori for endelige grupper	4
MNFMA438*	Kvasikonforme avbildninger	4
MNFMA439*	$H^P$ - romteori	4
MNFMA441*	Operatoralgebraer	4
MNFMA442*	Lie-grupper og Lie-algebraer	4

*NB! Emner merket med \* vil bare bli gitt dersom lærersituasjonen tillater det.*

### **Emner fra siv.ing./dr.ing.-studiet**

I tillegg til matematikkemnene innenfor de allmennvitenskapelige studiene er det også et bredt tilbud av matematikkemner innenfor siv.ing.- og dr.ing.-studiet. Oversikt over og beskrivelse av disse emnene finnes henholdsvis i studieplanen/studiehåndboken for siv.ing.- og dr.ing.-studiet.

En tar imidlertid forbehold om faglig overlapp som kan medføre vekt-tallreduksjon mot våre emner. Studenter som ønsker å inkludere fag fra siv.ing.- eller dr.ing.-studiet i utdanningen sin under de allmennvitenskapelige studiene må søke om innpassing av de aktuelle fagene i hht. retningslinjene for innpassing i kapittel 1.9.1.

## 2.13.2 CAND.MAG.-STUDIET

### **Undervisningen**

Undervisningen i våre matematikkemner er basert på deltagelse i forelesninger, regneøvelser, gjennomgåelse av oppgaver i grupper og prosjektarbeid i grupper. I emnene MNFMA100, MNFMA108, MNFMA109, MNFMA001 og MNFMA210 er det obligatorisk innlevering av oppgaver. For å få adgang til eksamen i disse emnene må et visst antall av oppgavene være godkjent.

Det oppgitte timetallet for hvert enkelt emne anses som det normale for emnet, men i spesielle tilfeller kan antall forelesningstimer bli justert. Omfanget av gruppeundervisningen kan også i spesielle tilfeller bli justert.

### **Råd om oppbygging av studiet**

Matematikkemnene som det er naturlig å begynne med i 1. semester er MNFMA100, MNFMA108 og MNFMA104. Det er også naturlig å ta MNFMA109 i 2. semester dersom man starter med MNFMA100 og MNFMA108 i 1. semester. Rekkefølgen man bør ta de øvrige matematikkemner i, og hvilke emner disse bygger på, framgår av emnebeskrivelsene i kapittel 2.13.8. Vi viser også til eksempler på oppbygging av studiet i kapittel 2.13.6, og til PLUM/PLUR i kapittel 2.13.4.

Emnene MNFMA100, MNFMA108 og MNFMA109 anbefales sterkt for studenter som planlegger å ta mer matematikk. Studenter som planlegger å studere fag som krever noe mindre matematikk anbefales å ta MNFMA001. Dette emnet danner sammen med et av statistikkemnene MNFST101 og MNFST001 et godt grunnlag for f.eks. biologistudiet. Studenter som skal studere fysikk vil normalt ha behov for å ta emnene MNFMA109, MNFMA213, MNFMA214 og muligens visse emner fra siv.ing.-studiets fagtilbud, i tillegg til MNFMA100 og MNFMA108. Emnene MNFMA012 og MNFMA217 er spesielt beregnet på informatikkstudenter.

Emner på 300- og 400-nivå og enkelte av siv.ing.-studiets emner er aktuelle for studenter som ønsker å ta mer matematikk, f.eks. for studenter som ønsker å ta hovedfag i matematikk. Vær oppmerksom på at noen emner er obligatoriske for å begynne på hovedfagsstudiet i matematikk, jfr. kapitlene 2.13.5 og 2.13.6. Det anbefales dessuten at den enkelte student søker råd ved Institutt for matematiske fag når det gjelder valg av emner for disse formålene.

Eksamener fra siv.ing.-studiet, fra andre universiteter og fra høyskoler kan etter søknad til fakultetet godkjennes i cand.mag.-studiet. For nærmere informasjon om dette, se kapittel 1.9.1.

**Eksamen**

En generell orientering om eksamen og eksamensmelding er gjengitt i kapittel 1.8 og forutsettes kjent. Eksamen i et emne arrangeres ordinært ved slutten av emnets undervisningssemester. Institutt for matematiske fag kan i spesielle tilfeller avvike fra den oppgitte eksamensformen. Når ikke annet er nevnt under beskrivelsen av de enkelte emner, evalueres eksamenene etter bokstavkarakter-skalaen. Eksamensdato for emnene er oppgitt bak i studiehåndboken. I emner hvor det ikke er fastsatt eksamensdato vil eksamen normalt avholdes som muntlig prøve hvor eksamensdato fastsettes senere.

I videregående emner arrangeres eksamen etter de samme reglene som gjelder for hovedfagsemner, dvs. avhengig av behovet og instituttets kapasitet vil eksamen kunne avlegges hvert semester.

**Avanserte emner**

De avanserte emnene kan benyttes både i cand.mag.-, cand.scient.- og dr.scient.-studiet, men det samme emnet kan ikke samtidig benyttes i de forskjellige gradene.

Tilbudet av avanserte emner vil variere med behovet og lærersituasjonen, men det vil hvert år bli gitt undervisning i MNFMA325, MNFMA326, MNFMA327 og MNFMA333. I tillegg tas det sikte på å tilby ett eller to hovedfagskurs hvert semester - ett i analyse i vårsemesteret og ett i algebra i høstsemesteret, samt kurs i topologi. Det tas likevel forbehold om dette p.g.a. ressurs-situasjonen.

**2.13.3 GODKJENTE EMNEGRUPPER**

Emnekombinasjoner som oppfyller kravene under punkt 1 og 2 nedenfor gjelder som godkjente emnegrupper i matematikk i cand.mag.-graden.

1. Emnene MNFMA100 og MNFMA108 skal inngå i emnegruppen. MNFMA001 kan erstatte MNFMA100, men da må MNFMA109 inngå. (Vær oppmerksom på at det i såfall blir vekttallsreduksjon mot MNFMA108 og mot MNFMA109.)
2. De øvrige emnene skal velges blant emner i studieplanen for matematikk, slik at det samlede antall vekttall blir minst 20. Emnet MNFST101 Sannsynlighet og statistikk I (5 vt.) kan også inngå (se studieplanen for statistikk). Dersom matematikkemner fra siv.ing-studiet eller fra eksterne utdanningsinstitusjoner skal inngå, må det søkes om dette til fakultetet jfr. kapittel 1.9.1

**2.13.4 ANBEFALTE EMNER FOR UNDERVISNING I SKOLEN**

Reform '94 har ført til nye krav til matematikkundervisningen. En lærer skal kunne sette matematikken inn i en historisk og sosial sammenheng, og vise hvordan matematikk og statistikk gjennomsyrer samfunnet med anvendelser f.eks. i andre realfag, økonomi, teknologi og medisin.

Se forøvrig nærmere opplysninger om undervisningskompetanse under PLUM/PLUR.

Det formelle krav til undervisningskompetanse i ungdomsskole og

videregående skole i et bestemt fag er bestått eksamen i 20 vekttall (eller ekvivalent) i dette faget. Man må normalt ha undervisningskompetanse i to fag for å bli tatt opp på PPU, Praktisk-pedagogisk utdanning. PPU er obligatorisk for å få fast ansettelse i skoleverket. Vi vil her også påpeke at hele PPU (20 vekttall) kan inngå i cand.mag.-graden.

For å høyne kvaliteten i vår realfagslærerutdanning baserer PLUM/PLUR seg imidlertid på 30 vekttall i fag nr.1 og 20 vekttall i fag nr.2, der 30-gruppen også oppfyller kravet til opptak til hovedfag under PLUM. (Se nedenstående beskrivelse av PLUM og de foreslåtte studieløp innenfor PLUR i denne studiehåndbok.) **Innenfor PLUM/PLUR har man ellers den særordning at PPU1 kan taes over flere semestre. Denne siste ordningen gjelder også for sivilingeniørstudenter som ønsker å ta PPU1 parallelt med det vanlige studiet.**

### Program for lærerutdanning i matematikk (PLUM)

Det fins et eget studieopplegg som tar sikte på å utdanne realfagslærere i videregående skole med spesiell kompetanse i matematikk. Studieopplegget har fått navnet Program for lærerutdanning i matematikk (PLUM) og inngår som del av PLUR. Programmet skal videreutvikles med sikte på å bli et fullstendig opplegg som utnytter NTNU's spesielle teknologiske og naturvitenskapelige ressurser for å utdanne realfagslærere.

PLUM, er prinsipielt ment som en studieretning under cand.scient.-studiet i matematikk, men kan også anbefales for studenter som tar hovedfag i andre fag eller eventuelt nøyer seg med cand.mag.-graden. PLUM leder fram til cand.scient.-graden med en normert studietid på 5,5 år når den praktisk-pedagogiske utdanningen er medregnet. Programmet skal gi kandidatene kompetanse i minst ett realfaglig skolefag i tillegg til matematikk, og det kan avsluttes med et skolerettet hovedfagsstudium i matematikk. Det vil være mulig å få kompetanse i et tredje skolefag, enten ved å utvide studietiden til ca. 6 år, eller ved å intensivere studiet noe i forhold til normert studieprogresjon (10 vt. pr semester). Det er imidlertid også mulig å kombinere matematikk hovedfag med et fag utenfor realfag.

Studenter som er tatt opp til PLUM får automatisk opptak til PPU, med anledning til å gjennomføre PPU1-studiet over flere semestre. PLUM-studentene får praksis i skolen i forbindelse med emnet MNFMA210 som normalt tas i 3.semester.

Forøvrig avviker studieopplegget under PLUM fra det ordinære undervisningsopplegget på flere punkter. Siden programmet skal gi en profesjonsrettet utdanning ligger det en sterkere styring av emnevalg og studieprogresjon enn det man kjenner til fra det vanlige studieopplegget under de allmennvitenskapelige studiene. Sentrale elementer i PLUM er:

- Etablering av klassefølelse for hvert kull.
- Egne veiledere og sosiale opplegg ved siden av studiet.
- Prosjektarbeid i grupper knyttet til spesielle kurs og frie prosjekter hvor studenter samarbeider om målsetning og arbeidsmåte.
- Bruk av relevant dataverktøy
- Muligheter for prosjektarbeid og samarbeid med andre studenter i hovedfagsoppgaven.

Ytterligere detaljer om grunnstudiet i PLUM og PLUR og det faglige grunn-

laget for opptak til hovedfagsstudiet, er beskrevet i kapittel 2.13.6.

### 2.13.5 CAND.SCIENT.-STUDIET

Den generelle beskrivelsen av cand.scient.-studiet (hovedfagsstudiet) er gitt i kapittel 1.3 og forutsettes kjent.

I cand.scient.-studiet gis det i forhold til de aktuelle behovene forelesninger i hovedfagsemner fra forskjellige deler av matematikken, både av generell og mer spesiell karakter. Hovedfagsemnene er ordinært av ett semesters varighet og med fire forelesningstimer pr. uke. Det blir arrangert seminarer og/eller kollokvier, hvor målsetningen er at de skal føre frem til og støtte opp under passende temaer for hovedfagsoppgaven (jfr avsnittet om faglige forutsetninger nedenfor og emnebeskrivelsene av kursene MNFMA300-MNFMA315). Antall seminarer/kollokvier vil variere etter behovet og lærersituasjonen. De forskjellige seminarene vil bli annonsert i forelesningskatalogen så langt det er mulig, eller på annen måte ved semesterets start.

Cand.scient.-studiets normerte lengde er tre semestre. Studiet omfatter i tillegg til hovedfagsoppgaven hovedfagsemner med et samlet omfang på minst 10 vektall. Normalt inkluderer disse 10 vektallene 2 hovedfagsemner på 4-5 vektall hver, samt spesialpensum. Emnene MNFMA321, MNFMA323, MNFMA324 og andre videregående emner kan velges som hovedfagsemner dersom de ikke inngår i cand.mag.-graden. **Emnevalget skal godkjennes av Institutt for matematiske fag ved inngåelse av en hovedfagskontrakt i starten av studiet.**

Forberedelsene til arbeidet med hovedfagsoppgaven bør komme i gang i løpet av første semester i cand.scient.-studiet. Man bør så tidlig som mulig henvende seg til Institutt for matematiske fag for å få kontakt med en faglærer som kan bidra til å legge opp en plan for hovedfagsstudiet. Arbeidet med oppgaven vil dessuten som regel foregå gjennom aktiv deltagelse i avanserte seminarer, og vil som regel kreve en del kunnskaper ut over det som studiet av de to eksamensemnene gir.

Det kan være aktuelt med ekstern veiledning eller med en tverrfaglig oppgave. **I slike tilfeller må Institutt for matematiske fag på forhånd ha godkjent oppgave og veileder før arbeidet med hovedoppgaven kan påbegynnes.**

#### **Opptak til hovedfagsstudiet**

De generelle reglene for opptak til cand.scient.-studiet er beskrevet i kapittel 1.5.3 og forutsettes kjent. Godkjent emnegruppe inngår alltid i forkunnskapskravene. I tillegg kan det for enkelte studieretninger inngå krav om spesielle støtteemner.

Umiddelbart etter at et eventuelt tilbud om hovedfagsplass foreligger må studenten oppsøke instituttet for å inngå hovedfagsavtale. Potensielle hovedfagsstudenter bør senest i løpet av cand.mag.-studiets siste semester ta kontakt med Institutt for matematiske fag for å få lagt opp en studieplan og tildelt en foreløpig veileder.

#### **Faglige forutsetninger for cand.scient.-studiet**

For opptak til cand.scient.-studiet i matematikk kreves minst 50 vektall, inkludert en 30-gruppe i matematikk (jf. kap.1.5.3). Med unntak av PLUM (se kapittel 2.13.6) skal 30-gruppen i matematikk inkludere følgende emner, eller

tilsvarende:

MNFMA100	Grunnkurs i analyse	5 vt.
MNFMA108	Lineær algebra	5 vt.
MNFMA109	Flerdimensjonal analyse	4 vt.
MNFMA205	Algebra	3 vt.
MNFMA213	Differensiallikninger og Fourieranalyse	3 vt.
MNFMA214	Funksjonsteori	3 vt.

*ett av følgende emner*

MNFMA215	Videregående lineær algebra	2 vt.
MNFMA219	Reell analyse	2 vt.

(Dette kurs utgår f.o.m. 2002. Se studiehåndbok 2000-2001 for mer informasjon om dette kurs.)

MNFMA220	Geometri	3 vt.
SIF5025	Differensiallikninger og dynamiske systemer	2,5 vt.

*og ett av følgende tre emner*

MNFMA321	Abstrakt algebra	5 vt.
MNFMA323	Differensialtopologi	5 vt.
MNFMA324	Analysens grunnlag	5 vt.

Institutt for matematiske fag kan godkjenne eldre emnekombinasjoner, og det kan i spesielle tilfeller også gis dispensasjon fra kravene ovenfor.

Kunnskaper man kan tilegne seg gjennom emnene i 30-gruppen som er spesifisert ovenfor vil for noen typer hovedfagsoppgaver være utilstrekkelig. Derfor kan supplerende lesning bli nødvendig. Studenter bør også av denne grunn henvende seg til Institutt for matematiske fag for å få nærmere opplysninger og veiledning før de tar fatt på hovedfagsstudiet.

### Hovedfagseksamen

De generelle vilkårene for oppmelding til avsluttende hovedfagseksamen er beskrevet i kapittel 1.8 og forutsettes kjent. For studenter som har ekstern utdanning forutsettes i tillegg innholdet i kapittel 1.9 kjent.

Før oppmelding til eksamen i et hovedfagsemne må studenten levere pensumliste til Institutt for matematiske fag for å få denne godkjent. Eksamen i de enkelte hovedfagsemnene er skriftlig (6 timer) eller muntlig. Eksamen i alle emner unntatt ett kan tas tidlig i hovedfagsstudiet, vanligvis i slutten av det semestret emnet foreleses. Avhengig av behovet og av instituttets kapasitet vil slike eksamener kunne avlegges hvert semester.

Eksamen i det siste emnet (avsluttende hovedfagseksamen) arrangeres ved studiets slutt etter at hovedoppgaven er innlevert. Avsluttende hovedfagseksamen kan også være et spesialpensum med omfang på 2 vektall, som forøvrig er minste tillatte volum på avsluttende prøve til cand.scient.-eksamen. Det kan bli gitt sentrale spørsmål av oversiktskarakter i tidligere avlagte matematikkemner, samt spørsmål knyttet til hovedfagsoppgaven. Eksamensformen er alltid muntlig.

Det gis én karakter for hovedoppgaven og én for hvert av hovedfagsemnene. Det benyttes bokstavkarakter på hovedoppgaven og ordinært også på de to hovedfagsemnene.

### 2.13.6 STUDIERETNINGER

Cand.scient.-studiet i matematikk har fire studieretninger: algebra, analyse, topologi og studieretningen representert ved PLUM. De som vil gå videre til et doktorgradsstudium ved instituttet, bør legge hovedfagsoppgaven til et av de forskningsområdene som er representert ved instituttet. Instituttet har også muligheter for å tilby veiledning i skolerettede hovedfagsoppgaver.

#### **Studieretning algebra**

Emnet MNFMA321 må inngå i de 30 obligatoriske vektallene for opptak til hovedfagsstudiet, jfr. kapittel 2.13.5. Emnet MNFMA215 bør også inngå. Videre anbefales emnene MNFMA327 og MNFMA330 tatt innenfor hovedfagsstudiet. Forskningsområdene som er representert i algebra ved instituttet er endeligdimensjonale algebraer, kommutativ ringteori og ordninger.

#### **Studieretning analyse**

Emnet MNFMA324 må inngå i de 30 obligatoriske vektallene for opptak til hovedfagsstudiet, jfr. kapittel 2.13.5. Videre anbefales emnene MNFMA325 og MNFMA326 tatt innenfor hovedfagsstudiet.

Forskningsområdene som er representert i analyse ved instituttet er analytisk teori for kjedebrøk, ortogonale polynomer, geometrisk funksjonsteori, operatoralgebraer, dynamiske systemer, harmonisk analyse, funksjonsrom, partielle differensialligninger og topologisk målteori.

#### **Studieretning topologi**

Emnet MNFMA323 må inngå i de 30 obligatoriske vektallene for opptak til hovedfagsstudiet, jfr. kapittel 2.13.5. En anbefaler dessuten MNFMA215 som en del av studieopplegget. Videre anbefales to av emnene: MNFMA333, MNFMA350, MNFMA351 og MNFMA422.

Forskningsområdene som er representert i topologi ved instituttet er homotopiteori, K-teori, generaliserte kohomologiteorier, kategori-teori, ikke-lineær dynamikk og Lie-grupper.

#### **Studieretning representert ved PLUM**

Se også den generelle omtalen av PLUM i kapittel 2.13.4. Obligatoriske emner i grunnstudiet er MNFMA100, MNFMA104, MNFMA108, MNFMA109, MNFMA210, og MNFST101 samt to av emnene MNFMA205, MNFMA213, MNFMA214, MNFMA220 og MNFST103. I alt gir dette 30 fastlagte vektall i matematiske fag. Det anbefales også at man tar et informatikkemne i løpet av de to første studieårene. Mht hovedfagsemner innenfor denne studieretningen bør studentene kontakte instituttet.

I emnene MNFMA100, MNFMA108, MNFMA210 og enkelte andre emner som ennå ikke er fastlagt, kan noen av øvingsoppgavene erstattes med prosjektarbeid i grupper. Prosjektarbeidene tar i første rekke sikte på matematikkens anvendbarhet i praksis eller på problemer fra andre fagområder. Prosjektarbeid i grupper vil være obligatorisk i PLUM, men kan også tas av andre studenter så langt kapasiteteten rekker.

Opplegget for PLUM gir en sterkere føring på emnevalg enn i ordinære studier siden det leder fram mot en profesjonsutdanning. Dette betyr at man må følge et gitt studieopplegg de to første årene av programmets grunnstudium for



å få adgang til hovedfagsstudiet under PLUM. Dette studieopplegget er gjen-gitt i tabellen nedenfor. P ved siden av emnekoden indikerer prosjektarbeid i grupper.

### Eksempler på oppbygning av studiet

I tillegg til emnene i eksemplene under, må de som vil ha undervisningskompetanse i matematikk inkludere emnet MNFMA210 i studiet. Emner merket med x er ikke obligatoriske for å begynne på hovedfagsstudiet, men et av emnene MNFMA215, MNFMA219, MNFMA220 eller SIF5025 må inngå i studieretningene oppstilt nedenfor.

I eksemplene i det etterfølgende er emner som undervises over to semestre, satt opp i begge semestrene. Disse er angitt i kursiv skrift. Emner i parentes kan tas på ulike tidspunkt i løpet av studiet. Hver linje i oversikten representerer ett semester, der H angir høstsemesteret og V angir vårsemesteret.

I tillegg til emnene som er angitt i eksemplene, bør studentene også ta emner som gjør at de fyller kravene til cand.mag.-graden (se kap. 1.3.1). Det vises forøvrig til kap. 1.5.3 for hvilke krav som gjelder for opptak til hovedfag.

#### Anbefalt studieopplegg for hovedfagsstudiet i algebra:

1 H	MNFMA100	<i>MNFMA108</i>	MNFMA104 <sup>x</sup>
2 V	MNFST101	<i>MNFMA108</i>	MNFMA109
3 H	MNFMA213	MNFMA205	(MNFMA215 <sup>x</sup> )
4 V	MNFMA214	<i>(MNFMA321)</i>	
5 H	(MNFMA215 <sup>x</sup> )	<i>MNFMA324<sup>x</sup></i>	<i>(MNFMA321)</i>
6 V	<i>(MNFMA321)</i>	<i>MNFMA324<sup>x</sup></i>	
7 H	<i>(MNFMA321)</i>		

Emnene MNFMA327 og MNFMA330 anbefales dessuten tatt innenfor hovedfagsstudiet i algebra.

#### Anbefalt studieopplegg for hovedfagsstudiet i analyse:

1 H	MNFMA100	<i>MNFMA108</i>	MNFMA104 <sup>x</sup>
2 V	MNFMA109	<i>MNFMA108</i>	MNFST101 <sup>x</sup>
3 H	MNFMA213	MNFMA205	
4 V	MNFMA214	<i>(MNFMA220<sup>x</sup>)</i>	
5 H	<i>MNFMA324</i>	MNFMA215 <sup>x</sup>	
6 V	<i>MNFMA324</i>	<i>MNFMA321<sup>x</sup></i>	
7 H		<i>MNFMA321<sup>x</sup></i>	

Emnene MNFMA325 og MNFMA326 anbefales dessuten tatt innenfor hovedfagsstudiet i analyse.

#### Anbefalt studieopplegg for hovedfagsstudiet i topologi:

1H	MNFMA100	<i>MNFMA108</i>	MNFMA104 <sup>x</sup>
2V	MNFMA109	<i>MNFMA108</i>	MNFST101 <sup>x</sup>
3H	MNFMA213	MNFMA205	
4V	MNFMA214	MNFMA220 <sup>x</sup>	
5H	MNFMA215		

6V	MNFMA323	MNFMA321 <sup>x</sup>	
7H	MNFMA323	MNFMA321 <sup>x</sup>	(MNFMA333)

Emnet MNFMA333 bør tas, og helst som del av cand.mag.-graden. I tillegg anbefales to av emnene MNFMA350, MNFMA351 og MNFMA442.

Når det gjelder studieretningen under PLUM, se kapittel 1.12.

Eksemplet nedenfor viser hvordan studiet kan legges opp i de 5 første semestrene dersom man vil inkludere statistikk i tillegg til matematikk i utdanningen sin.

Matematikk kombinert med 20-gruppe i statistikk:

1 H	MNFMA100	MNFMA108	MNFMA104
2 V	MNFMA109	MNFMA108	MNFST101
3 H	MNFMA215	MNFIT111	MNFST102
4 V	MNFMA214	SIF5024	SIF5072
5 V	SIF5068	SIF5084	

### 2.13.7 DR.SCIENT.-STUDIET

Dr.scient.-studiets varighet er 3 år, og det består av tre deler:

- En opplæringsdel sammensatt av pensumemner tilsvarende minst 18 vekttall, maks 22 vekttall, og minst 10 av vekttallene skal være studieplanfestede emner med eksamen. Minst 3 av områdene algebra, analyse, topologi og numerikk må dekkers innenfor dette pensumet eller i tidligere grader på minst 300-nivå.
- En avhandling tilsvarende 2 års arbeid.
- En prøveforelesning som svarer til 2 vekttall (inngår i de 22 vekttallene).

De generelle retningslinjene for søknad om opptak til dr.scient.-studiet er beskrevet i kapittel 1.5.4. Søknad om opptak til dr.scient.-studiet i matematikk fremmes gjennom Institutt for matematiske fag, NTNU. For opptak til dr.scient.-studiet kreves cand.scient.-eksamen med hovedfag i matematikk eller tilsvarende utdanning. Nærmere opplysninger finnes på <http://www.fim.ntnu.no/Dr.gradsstudier/>

### 2.13.8 EMNEBESKRIVELSER

Innholdet i kapittel 1.5.2 om fagpåmelding og opptak til emner, og kapittel 1.8 om eksamen og eksamensmelding forutsettes kjent. Henvisninger til informasjon om faglig overlapp mellom gamle og nye emner finnes i kapittel 1.9.3.

**MNFMA001 Brukerkurs i matematikk, 5 vekttall**

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesninger:	6 timer pr. uke.
Regneøvelser:	2 timer pr. uke.
Eksamenskrav:	6 godkjente øvingsoppgavesett.
Eksamen:	6 timer, skriftlig

Undervisningen bygger på matematikkunnskaper tilsvarende 2 MX fra videregående skole. Emnet skal gi tilstrekkelige kunnskaper og ferdigheter i matematikk for de studenter som har tenkt å fortsette med mindre matematikkrevende fag. I emnet behandles reelle tall, funksjoner av en variabel inklusive trigonometriske funksjoner, eksponensial- og logaritmefunksjoner; grenseverdi og kontinuitet, samt derivasjon og integrasjon. Videre behandles vektorer, komplekse tall, lineære likningssystemer, matriser, egenverdier, differensiallikningssystemer samt funksjoner av flere variable. Fremstillingen av stoffet bygger i stor grad på eksempler og anvendelser.

MNFMA001 kan erstatte MNFMA100 i emnegruppen i matematikk, men studenten må da i tillegg ta MNFMA109 og eventuelt senere i studiet på egen hånd tilegne seg de deler av MNFMA100 som ikke er behandlet i MNFMA001.

En gjør spesielt oppmerksom på at eksamen i MNFMA001 og MNFMA100 gir til sammen 7 vekttall. Videre gir eksamen i MNFMA001 vekttallsreduksjon på 1 vekttall mot hvert av emnene MNFMA108 og MNFMA109.

**MNFMA012 Elementær diskret matematikk, 3 vekttall**

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesninger:	4 timer pr. uke.
Regneøvinger:	1 time pr. uke.
Eksamen:	5 timer, skriftlig

Emnet er først og fremst ment som et tilbud til informatikkstudenter, og bygger ikke på forkunnskaper i matematikk utover det som undervises i videregående skole. Emnet vil også være av interesse for matematikkstudenter. Emnet vil bl.a. gi en innføring i elementær mengdelære, setnings- og predikats-logikk, induksjon og rekursjon, relasjoner og funksjoner, boolesk algebra og grafteori.

**MNFMA100 Grunnkurs i analyse, 5 vekttall**

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesninger:	6 timer pr. uke.
Regneøvelser:	2 timer pr. uke.
Eksamenskrav:	6 godkjente øvingsoppgavesett
Eksamen:	6 timer, skriftlig.

Undervisningen i emnet bygger på kunnskaper i matematikk tilsvarende pensum i 3MX fra videregående skole. Emnet MNFMA100 er sammen med MNFMA108 de naturlige begyneremnene for alle som ønsker å ta en godkjent emnegruppe eller mer i matematikk.

Emnet behandler grunnleggende egenskaper ved reelle tall og reelle funksjoner av en variabel, grenseverdier, kontinuitet, differensial- og integralregning, integrasjonsmetoder, Taylors formel, L'Hôpitals regel, uendelige rekker, potensrekker, 1. ordens differensiallikninger og 2. ordens lineære diffe-

rensiallikninger med konstante koeffisienter. Videre behandles numeriske aspekter, herunder Newtons metode, numerisk integrasjon, Simpsons formel, numerisk løsning av differensiallikninger, den analytiske teorien for kjeglesnitt, polarkoordinater, samt parametriske kurver i planet. Anvendelser av kjeglesnitt (reflekterende teleskop, planetbaner) blir også behandlet. Det legges vekt på stringens og på den logiske oppbygning av analysens grunnlag.

**MNFMA104 Tallteori, 2 vekttall**

Varighet: 1 semester (høst).  
Forelesninger: 2 timer pr. uke.  
Regneøvelser: 1 time pr. uke.  
Eksamen: 4 timer, skriftlig.

Undervisningen forutsetter ingen kunnskaper utover videregående skoles pensum i matematikk. Emnet gir en innføring i elementær tallteori. Blant annet behandles største felles divisor, Euklids divisjonsalgoritme, lineære diofantiske ligninger, elementær primtallteori, lineære kongruenser, Fermats lille teorem, Eulers  $\phi$ -funksjon, Eulers teorem med anvendelse innen kryptografi. Spesialstoff som kan variere fra år til år kan være tallteoretiske funksjoner, Fermats problem for  $n = 4$ , kvadratiske rester og generering av tilfeldige tall.

**MNFMA108 Lineær algebra, 5 vekttall**

Varighet: 2 semestre (høst og vår).  
Forelesninger: 3 timer pr. uke.  
Regneøvelser: 1 time pr. uke (høst), 2 timer pr. uke (vår).  
Eksamenskrav: 5 godkjente øvingsoppgavesett pr. semester høst og vår.  
Eksamen: 6 timer, skriftlig.

Undervisningen bygger på kunnskaper i matematikk tilsvarende 3MX i den videregående skole. Kurset omfatter lineære likningssystemer, matriser og determinanter. Videre behandles vektorrom, underrom, lineær avhengighet og uavhengighet og basis, alt med hovedvekt på  $\mathbf{R}^n$ . Komplekse tall blir også introdusert. Videre behandles lineærtransformasjoner med hovedvekt på matriser, samt egenverdier, hovedsakelig for matriser, men også generelt, med anvendelser på Markovkjeder, økonomi, befolkningsvekst, differensiallikninger og numeriske aspekter. Spektralsats behandles, samt indreprodukt over  $\mathbf{R}$  med minste kvadratets metode og Fourierkoeffisienter, Gram-Schmidt, kvadratiske former med anvendelse på kjeglesnitt, positive matriser samt mer av numeriske aspekter.

**MNFMA109 Flerdimensjonal analyse, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester (vår).  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Regneøvinger: 2 timer pr. uke.  
Eksamenskrav: 6 godkjente øvingsoppgavesett.  
Eksamen: 6 timer, skriftlig.

Undervisningen bygger på MNFMA100 og høstsemesterdelen av MNFMA108 eller tilsvarende. Emnet gir en innføring i noe av det grunnleggende matematiske verktøyet som anvendes i naturvitenskapen. Man tilstreber å gi eksempler fra disse fagene, både som motivasjon for å forstå hvordan relevante matematiske begreper har oppstått, og hvordan matematikk anvendes for

å løse problemer innenfor disse fagene.

Emnet omfatter vektorfunksjoner av en reell variabel, parametriske kurver, krumning, akselerasjon, funksjoner av flere reelle variable, partiell derivasjon, retningsderivert, gradient, ekstremalproblemer og Lagranges multiplikator-metode. Det gis eksempler i anvendelser på økonomiske modeller samt minste kvadraters metode. Videre behandles multiple integraler, linje- og flateintegral, med eksempler på anvendelser på f.eks. moment, tyngdepunkt, treghetsmoment, stive legemers bevegelse og treghetsellipse. Vektorvaluerte funksjoner behandles, samt divergens og curl av vektorfelt, fluxbegrepet, Greens, Stokes og Gauss setninger, med eksempler på anvendelser. Kurset krever ikke spesielle forkunnskaper i fysikk.

### **MNFMA205 Algebra, 3 vekttall**

Varighet: 1 semester (høst).  
Forelesninger: 3 timer pr. uke.  
Regneøvelser: 2 timer pr. uke.  
Eksamen: 5 timer, skriftlig

Emnet bygger på MNFMA108, og det er en fordel å ha tatt MNFMA104. Blant annet behandles grupper, undergrupper, normale undergrupper, kvotientgrupper, gruppehomomorfier, gruppevirkning på mengder, kombinatoriske telleresultater, Sylows teoremer og isometrier i planet.

### **MNFMA210 Matematikk fagdidaktikk, 3 vekttall**

Varighet: 1 semester (høst).  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Regneøvinger: 1 time pr. uke.  
Eksamenskrav: 6 godkjente øvingsoppgaver eller prosjektoppgave.  
Eksamen: 4 timer, skriftlig

Kurset inngår som obligatorisk del av PPU1 for undervisningskompetanse i matematikk, men er også åpen for alle studenter. Hovedvekten vil bli lagt på matematikk som kunnskapsområde. Kurset tar for seg den historiske utviklingen av flere emner som er representert i skolematematikken, og behandler blant annet matematisk argumentasjon og fagets egenart ved aksiomatisk oppbygning. Det vil bli tatt opp en del tema som vil belyse sammenhengen mellom forskjellige emner i faget. Matematikkens samfunnsmessige betydning vil bli belyst ved bruk av matematiske modeller, og derved fagets betydning innenfor moderne teknologi og naturvitenskap. Innholdet av læreplaner og lærebøker vil også bli behandlet. Det vil gjennom hele kurset, der det er mulig, bli fokusert på formidlingsaspektet. Blant annet vil man legge vekt på motivering i undervisningen, kritisk holdning til lærebokstoffet, og bruk av hjelpemidler i undervisningen. Dessuten vil forskjellige undervisningsformer og evaluering bli behandlet. I emnet inngår også skolepraksis dersom det skal inngå i PPU1.

### **MNFMA213 Differensiallikninger og Fourieranalyse, 3 vekttall**

Varighet: 1 semester (høst).  
Forelesninger: 3 timer pr. uke.  
Regneøvelser: 2 timer pr. uke.  
Eksamen: 5 timer, skriftlig.

Undervisningen bygger på MNFMA100, MNFMA108 og MNFMA109. Emnet gir en innføring i teorien for ordinære og partielle differensiallikninger, med spesiell vekt på løsningsmetoder. Det egner seg derfor godt for studenter som også har fysikk i fagkretsen. Blant emnene som behandles er lineære  $n$ -te ordens differensiallikninger med konstante koeffisienter, Cauchy-likningen, løsning ved rekkeutvikling, egenverdi-problemer, Fourierrekker, 2.ordens partielle differensiallikninger, system av differensiallikninger og noen numeriske metoder for løsning av ordinære differensiallikninger.

**MNFMA214 Funksjonsteori, 3 vekttall**

Varighet: 1 semester (vår).  
Forelesninger: 3 timer pr. uke.  
Regneøvelser: 1 time pr. uke.  
Eksamen: 6 timer, skriftlig.

Undervisningen bygger på MNFMA100, MNFMA108, og MNFMA109 eller tilsvarende forkunnskaper. Emnet tar sikte på å gi en kort innføring i teorien for komplekse funksjoner av en kompleks variabel. Emnet omfatter hovedområdene kompleks integrasjon med spesiell vekt på Cauchys integralsats og integralformel, residueregning, Taylor- og Laurentutviklinger samt elementære konforme avbildninger. Det gis eksempler på anvendelse av kompleks integrasjon ved beregning av reelle integraler og summer.

**MNFMA215 Videregående lineær algebra, 2 vekttall**

Varighet: 1 semester (høst).  
Forelesninger: 2 timer pr. uke.  
Regneøvelser: 1 time pr. uke.  
Eksamen: 4 timer, skriftlig.

Undervisningen bygger på MNFMA100 og MNFMA108. Emnet omfatter vektorrom over vilkårlige kropp, Cayley-Hamilton, minimalpolynom og komplekse indreprodukt. Videre omfatter emnet mer om lineærtransformasjoner, herunder symmetriske, hermitiske og unitære. Dessuten behandles Jordan kanonisk form med anvendelse på differensiallikninger, samt bilineære avbildninger, tensorprodukt, kvadratiske former og duale rom.

**MNFMA217 Videregående diskret matematikk, 3 vekttall**

Varighet: 1 semester (høst).  
Forelesninger: 3 timer pr. uke.  
Regneøvinger: 1 time pr. uke.  
Eksamen: 5 timer, skriftlig.

Emnet bygger på MNFMA012 og er i likhet med MNFMA012 av spesiell interesse for informatikkstudenter.

Emnet gir deler av den teoretiske bakgrunnen for informatikk, og vil blant annet omhandle semigrupper, monoider, endelig automater, formelle språk, pushdownautomater, Turing-maskiner, rekursjon og beregnbarhet.

**MFMA220 Geometri, 3 vekttall**

Varighet: 1 semester (vår)  
Forelesninger: 3 timer pr. uke  
Regneøvelser: 2 timer pr. uke

Eksamen: 5 timer skriftlig

Undervisningen bygger til en viss grad på MNFMA100 og MNFMA108. Emnet inneholder bla. projektiv geometri, aksiomatisk oppbygning av euklidisk geometri og hyperbolsk geometri. Man vil se på sammenhengen med geometrien i skolematematikken og dessuten i størst mulig grad sette stoffet inn i en historisk sammenheng.

#### **MNFMAX\* Aktuelle matematiske emner, inntil 5 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: Inntil 4 timer pr. uke.  
Regneøvelser: Inntil 2 timer pr. uke.  
Eksamen: 4-6 timer, skriftlig.  
Eksamensdato: Se katalogen for det semesteret emnet tilbys.

Dette emnet har instituttet dels tenkt å nytte til utprøving av nye emneopplegg, og dels til forelesning av aktuelle emner som foreløpig ikke er tatt inn som separat emne i studieplanen. Vekttall, pensum og eksamenstidens lengde blir oppgitt ved semestrets begynnelse.

#### **MNFMA300\* Hovedfagsseminar i algebra I, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr. uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle temaer innenfor representasjons- teorien for artinske algebraer. Emnet vil bl.a. omfatte algebraer av endelig, tam, og vill type, samt trivielle og ettpunkts ekstensjoner, triangulære matriseringer og algebraer bestemt av homologiske betingelser.

#### **MNFMA301\* Hovedfagsseminar i algebra II, 2 vekttall:**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr. uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle temaer innenfor kategoriteori. Det vil bl.a. omfatte additive og abelske kategorier, additive funktorer, Morita-ekvivalens, dualitet og stabil ekvivalens.

#### **MNFMA310\* Hovedfagsseminar i analyse I, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr. uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet gir en faglig fordypning i spesielle temaer innenfor  $C^*$ -algebraer. Det vil bl.a. omfatte automorfgrupper og kryssprodukt, tensorprodukt og nukleære  $C^*$ -algebraer, kvantegrupper, groupoider, samspillet mellom dynamiske systemer og  $C^*$ -algebraer, dimensjonsgrupper, ordnet  $K$ -teori og Hilbertmoduler.

#### **MNFMA311\* Hovedfagsseminar i analyse II, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr. uke

Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle temaer innenfor geometrisk funksjonsteori. Det kan bl.a. omfatte kvasikonforme avbildninger og spesielle familier av univalente funksjoner.

**MNFMA312\* Hovedfagsseminar i analyse III, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet vil omfatte forskjellige anvendelser av kjedebrøker. Det vil bl.a. ta for seg anvendelser innen signalteori, tallteori og differensiallikninger.

**MNFMA313\* Hovedfagsseminar i analyse IV, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter spesielle emner innenfor topologisk målteori. Det vil bl.a. omfatte teorien for kvasi-mål og kvasi-integral, Alexandroffs representasjons-sats, bildetransformasjoner, generelle itererte systemer og invariante kvasi-mål.

**MNFMA314\* Hovedfagsseminar i generell topologi, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle temaer innenfor generell topologi. Det vil bl.a. omfatte uniforme rom, nærhetsrom og ulike generaliseringer av kompaktet.

**MNFMA315\* Hovedfagsseminar i geometri/topologi, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet skal gi en faglig fordypning i utvalgte temaer innenfor algebraisk topologi, differensialtopologi, differensialgeometri eller Lie-gruppe teori.

**MNFMA321 Abstrakt algebra, 5 vekttall**

Varighet: 2 semestre (vår - høst).  
Forelesninger: 3 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA108 og MNFMA205 eller tilsvarende forkunnskaper. Det er en fordel å ha tatt MNFMA215. Emnet er krevende og forutsetter faglig modenhet. Det omfatter bl.a. ringer, strukturteorem for moduler over hoved-idealområder og for simple og semisimple ringer, Galois-teori og kodeteori.

**MNFMA323\* Differensialtopologi, 5vektall**



Varighet: 2 semestre.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke (vår), 2 timer pr. uke (høst).  
Eksamen: Skriftlig 6 timer, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA100, MNFMA108, MNFMA109 og MNFMA215. Det er videre en fordel å ha tatt noe analyse utover grunnkursene. Emnet er krevende, og forutsetter faglig modenhet. Faget har som mål å gi studentene innsikt i grunnleggende geometriske begreper og metoder i differensialtopologi. Emnet skal gi tilstrekkelig forkunnskaper til at studentene kan følge et videre studium innen topologi/geometri, men har også som mål å dekke behovene for andre brukerområder av teorien for mangfoldigheter. Av grunnleggende emner som vil bli behandlet er: elementær punktmengdetopologi, mangfoldigheter og differensiable strukturer, vektorbunter, partisjon av enheten, Riemannske mangfoldigheter, integrabilitet av vektorfelter. Dette vil så lede til en elementær introduksjon av differensialformer og deRham kohomologi.

#### **MNFMA324 Analysens grunnlag, 5 vekttall**

Varighet: 2 semestre (høst - vår).  
Forelesninger: 2 timer pr. uke (høst), 4 timer pr. uke (vår).  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA100, MNFMA108, MNFMA109 og MNFMA213 eller tilsvarende kunnskaper. Emnet er krevende og forutsetter faglig modenhet. Emnet omfatter aksiomatisering av de reelle tall, supremum, infimum; topologi i  $\mathbf{R}^n$ /metriske rom; Konvergens av følger, kompakthet, kompletthet, kontinuitet, uniform kontinuitet. Uniform konvergens av følger av funksjoner/rekker av funksjoner, innledende Fourier-teori ut over det som dekkes i MNFMA213 (Differensiallikninger og Fourieranalyse). Målteori inkludert  $\sigma$ -algebraer, målrom, målbare funksjoner, ytre mål, konstruksjon av mål, sannsynlighetsmål, produktmål. Integrasjonsteori på målrom inkludert de klassiske konvergensteoremene,  $L^p$ -rom, Riesz' representasjonssats.

#### **MNFMA325 Funksjonalanalyse, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA324 eller tilsvarende forkunnskaper. Emnet gir en innføring i funksjonalanalysens metoder og begreper, og gir enkelte anvendelser av disse bl.a. behandles Hilbertrom, Banachrom, Hahn-Banachs teorem, "open mapping"- og "closed graph"-teoremene og Banach-Steinhaus teorem.

Spesialstoff som kan variere fra år til år er: Lokalkonvekse rom, differensial- og integraloperatorer, Fredholm-teori, spektralteori for kompakte operatorer, egenverdi problemer for ulike operatorer og operatoralgebraer.

#### **MNFMA326 Videregående funksjonsteori, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA214 eller tilsvarende forkunnskaper. Innholdet i emnet kan variere fra år til år avhengig av behovet, men vil ha en kjerne som omfatter elementære egenskaper ved holomorfe og harmoniske funksjoner, maksimumsprinsippet, Schwarz' lemma, konforme avbildninger, Weierstrass- og Mittag-Leffler-utviklinger samt analytisk fortsettelse.

Av spesialstoff som kan variere fra år til år kan nevnes: Approksimasjon ved rasjonale funksjoner, geometrisk funksjonsteori samt Riemann-flater.

**MNFMA327 Ringteori, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester (vår).  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA321 eller tilsvarende forkunnskaper. Innholdet i emnet kan variere fra år til år, men vil hvert år ha en kjerne som omfatter artinske, noetherske og lokale ringer, projektive og injektive moduler, Jordan- Hölder teorem, radikal, sokkel, eksakte sekvenser, kategorier, funktorer, ekvivalens, dualitet, samt adjungerte funktorer.

Av stoff som kan variere nevnes mer homologisk algebra, representasjoner av diagrammer, algebraer og endelige grupper.

**MNFMA328\* Generell topologi, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 3 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på deler av MNFMA324 eller tilsvarende forkunnskaper. Innholdet i emnet kan variere, men vil vanligvis omfatte metriske rom, topologiske rom, kontinuerlige funksjoner, produktrom, kvotientrom, nett, filter, separasjon, tellbarhetsegenskaper, kompaktet, metriserbarhet og sammenheng. Vanligvis inngår også noe homotopiteori.

**MNFMA329\* Differensialgeometri, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA100, MNFMA108, MNFMA109 og delvis MNFMA323, eller tilsvarende kunnskaper. Emnet gir en innføring i Riemannsk geometri, men innholdet kan variere. Sentrale tema er kurve-og flateteori, fundamentalformer, krumning, kovariant derivasjon, geodetiske kurver, differensialformer, Stokes' teorem og Gauss-Bonnets teorem.

**MNFMA330\* Homologisk algebra, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA321 eller tilsvarende forkunnskaper. Innholdet i emnet kan variere, men vil ha en kjerne som omfatter kategorier av moduler, funktorene Hom og tensorprodukt, frie, projektive, injektive og flate resolusjoner, direkte og invers grense, projektiv, injektiv og flat dimensjon,

homologi og funktorene Ext og Tor.

**MNFMA331\* Kaos og fraktal geometri, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, samt dataab.

Emnet bygger på deler av MNFMA324 eller tilsvarende. Tema som behandles er dynamiske systemer, periodiske og kaotiske systemer, konkrete modeller - f.eks. logistisk forløp, fraktale mengder og dynamikk på disse. Mandelbrot- og Juliamengder. Itererte funksjonssystemer, bildeoverføring, Hausdorff og fraktal dimensjon. I kurset inngår også øvinger på datalab.

**MNFMA333 Algebraisk topologi, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Kurset tar sikte på å gi grunnleggende innsikt og ferdigheter i begreper og metoder i algebraisk topologi. Det skal fungere som et fundament for studier innen topologi, geometri, algebra eller teoretisk fysikk. Det gis en innføring i cellekomplekser, homotopiteori, kategoriteori, homologi og kohomologi, dualitet og konkrete homologiske beregninger. Det vil være en fordel med noe kjennskap til mangfoldigheter og algebra.

**MNFMA334\* Algebraisk geometri, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Kurset bygger på MNFMA321 og omfatter affine og projektive varieteter, projektive plane kurver, rasjonale avbildninger, oppløsning av singulariteter og Riemann- Rochteoremet.

**MNFMA336\* Univalente funksjoner, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Grunnleggende (klassisk) teori, i hovedsak basert på flatesatsen. Løwnerkjeder, konveksitetsteori samt variasjonsmetoder behandles.

**MNFMA337\* Analytisk teori for kjedebrøker, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet omfatter grunnleggende teori for kjedebrøker, med spesiell vekt på konvergensteori og beregningsalgoritmer. Videre behandles konvergens og korrespondanse av kjedebrøktviklinger av funksjoner, Padè-approksimasjoner og momentteori. Det gis også eksempler på anvendelse i tallteori, digitalfilter og differensiallikninger.

**MNFMA340\* Funksjoner av flere komplekse variable, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet omfatter holomorfe funksjoner, Cauchys formel og noen konsekvenser av denne, Weierstrass' og Montels teoremer, analytisk fortsettelse og Reinhardt-områder, subharmoniske funksjoner og Hartogs teorem, samt holomorfitets-områder. Andre tema som kan være aktuelle er Stein-mangfoldigheter og forbindelsen med Banach-algebraer.

**MNFMA343\* Dynamiske systemer og ergodeteori, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA324. Dette emnet omfatter studier av transformasjoner av topologiske rom, eventuelt målrom, og asymptotiske egenskaper til slike transformasjoner. Opprinnelsen til ergodeteorien var den såkalte ergodehypotesen, som lå til grunn for klassisk statistisk mekanikk slik den ble grunnlagt av Boltzmann og Gibbs. Stikkord er målbevarende systemer, Birkhoffs punktvis ergodeteorem, rekurrens, systemer med diskret spektrum, entropi, og minimale dynamiske systemer.

**MNFMA344\* Harmonisk analyse, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA213, MNFMA219 (se tidligere studieplan) og MNFMA324. Den klassiske Fourieranalysen skjer på enhetssirkelen, de hele tall og den reelle tallinjen. Den rette rammen for Fourieranalyse er klassen av alle lokalkompakte abelske grupper. Fra dette abstrakte utgangspunktet utledes nøkkeltbegrepene i harmonisk analyse: Haarmålet, konvolusjon, den duale gruppen og Fouriertransformen, positiv-definite funksjoner, inversjonsteoremet, Plancherels teorem, Pontryagins dualitetsteorem, og Bohr-kompaktifiseringen.

**MNFMA350\* Ikke-lineære dynamiske systemer, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Kurset tar sikte på å gi en grunnleggende innføring i den moderne teori for dynamiske systemer og gi et grunnlag for videre studier innen feltet. Det vil også være til støtte for andre fag som benytter dynamiske systemer. I kurset vil en behandle en rekke moderne teknikker, både innen kontinuerlige og diskrete systemer (itererte avbildninger). Det vil bli lagt vekt på å forstå samspillet mellom differensiabel og symbolsk dynamikk. Sentrale emner vil være bifurkasjonsteori, kaos og attraktorer. Kurset bygger på kunnskaper tilsvarende SIF5025 Differensiallikninger og dynamiske systemer.

**MNFMA351\* Kohomologiteori, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Kurset tar sikte på å gi en solid bakgrunn for studier i topologi, og gi støtte for studier innen relaterte emner i algebra, geometri og teoretisk fysikk. Emner som vil bli behandlet er vektorbunter, K-teori, karakteristiske klasser, kobordismeteor, spektra og kombinatoriske metoder. Kurset bygger på Differensialtopologi (MNFMA323) og Algebraisk topologi (MNFMA333).

**MNFMA400\* Doktorgradsseminar i algebra I, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle avanserte temaer innenfor presentasjonsteorien for artinske algebraer. Det vil bl.a. omfatte homologisk endelige underkategorier, preprojektive partisjoner, vippeteori for moduler og kategorier og koherente funktorer.

**MNFMA401\* Doktorgradsseminar i algebra II, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle avanserte konstruksjoner og begreper innenfor kategoriteori. Det vil bl.a. omfatte deriverte kategorier, derivert ekvivalens, relativ homologiteori og funktorkategorier.

**MNFMA410\* Doktorgradsseminar i analyse I, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle avanserte temaer innenfor teorien for von Neumann algebraer. Det vil bl.a. omfatte Tomita-Takesaki teori, vektor, modulærgruppen, Connes invarianter, koplingskonstanten, Jones' underfaktorer, samspillet mellom ergodeteori og von Neumann algebraer, og Dyes og Kriegers teoremer.

**MNFMA411\* Doktorgradsseminar i analyse II, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle avanserte temaer innenfor funksjonsteori. Det omfatter momentproblemer, ortogonale polynomer, Gauss- og Szegökvadrater, og interpolasjonsproblemer.

**MNFMA412\* Doktorgradsseminar i analyse III, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr.uke

Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter en faglig fordypning i spesielle avanserte temaer innenfor funksjonsteori. Det vil bl.a. omfatte konforme og kvasikonforme avbildninger, Schwarziske og logaritmiske deriverte, John-områder og kvasidisker.

**MNFMA413\* Doktorgradsseminar i analyse IV, 2 vekttall**

Varighet: 1-2 semester  
Seminar: 2 timer pr. uke  
Eksamen: Muntlig

Emnet omfatter spesielle avanserte emner innenfor topologisk målteori. Det vil bl.a. omfatte ikke-lineær integrasjon, kvasi-mål i generelle topologiske rom og spesielle anvendelser.

**MNFMA431\* Representasjonsteori for algebraer, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA327 og MNFMA330. Innholdet i emnet kan variere, men det vil ha en kjerne som omfatter: algebraer gitt ved quiver, representasjon av quiver, nesten splitteksakte følger, Brauer-Thrall I, klassifisering av hereditære algebraer av endelig representasjonstype, funktorkategorier og vippeteori for artinske algebraer.

**MNFMA432\* Kommutativ algebra, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA321. Innholdet i emnet kan variere, men det vil ha en kjerne som omfatter idealer, moduler, kjedebetingelser, spektret til en ring, Hilberts Nullstellensatz, assosierte primidealer og primærdekomposisjon, valuasjonringer, graderte ringer, dimensjonsteori, regulære følger, Koszulkompleks, regulære-, Cohen-Macaulay og Gorenstein ringer.

**MNFMA435\* Representasjonsteori for endelige grupper, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Kurset bygger på MNFMA321. Det omfatter karakterteori, teorien for vertices og sources, og Brauerkorrespondanse.

**MNFMA438\* Kvasikonforme avbildninger, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet omfatter de klassiske problemstillinger, ekstremal lengde, geometrisk og analytisk definisjon av kvasikonforme avbildninger, Beltramis differensial likning, kvasidisker, Schwarzisk derivert og det universielle Teichmüller-rom.

Blant tema som kan inngå nevnes forbindelsen med Riemannske flater og kvasikonforme avbildninger i høyere dimensjoner.

**MNFMA439\*  $H^p$ -romteori, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet omfatter harmoniske og subharmoniske funksjoner, randegenskaper og Poisson-integralet, maksimalfunksjoner, kanonisk faktorisering, Nevanlinna-klassen, F. & M. Riesz's teorem, Beurlings teorem samt dualitet. Blant tema som kan inngå kan nevnes:  $H^p$ -rom over generelle områder, Feffermans resultat om BMO som det duale til  $H^1$ , koronateoremet samt forbindelsen med operator-teori.

**MNFMA441\* Operatoralgebraer, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Undervisningen bygger på MNFMA325. Emnet vil gi en innføring i den grunnleggende teorien for  $C^*$ -algebraer og von Neumann algebraer. Teorien vil bli illustrert ved konkrete eksempler: Approksimative endelig-dimensjonale (AF-) algebraer, type I, II og III faktorer, samt den hyperendelige III-faktoren.

**MNFMA442\* Lie-grupper og Lie-algebraer, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester.  
Forelesninger: 4 timer pr. uke.  
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Kurset gir en grunnleggende innføring i klassiske Lie-grupper, med hovedvekt på matrisegrupper og spesielle eksempler så som  $SU(2)$ ,  $SO(3)$ , Lorentz-og Poincaré-gruppen, deres struktur, Lie-algebraer og representasjoner. Videre vil anvendelse av Lie-teori bli belyst ved eksempler som kan velges fra områder som geometri, differensiallikninger, klassisk fysikk eller kvantemekanikk.

