

# Oppfølging av fysikkevalueringen 2010

Rapport fra oppnevnt oppfølgingsutvalg

Rapport  
Divisjon for vitenskap



# Oppfølging av fysikkevalueringen 2010

Rapport fra oppnevnt oppfølgingsutvalg

---

Rapport  
Divisjon for vitenskap

---

## Norges forskningsråd 2011

Norges forskningsråd  
Postboks 2700 St. Hanshaugen  
0131 OSLO  
Telefon: 22 03 70 00  
Telefaks: 22 03 70 01  
bibliotek@forskningsradet.no  
www.forskningsradet.no/

Publikasjonen kan bestilles via internett:  
[www.forskningsradet.no/publikasjoner](http://www.forskningsradet.no/publikasjoner)

eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Grafisk design omslag: Jentestreker  
Trykk: 07 Gruppen/Norges forskningsråd  
Opplag: 450

Oslo, februar 2011  
ISBN 978-82-12-02893-7 (trykksak)  
ISBN 978-82-12-02894-4 (pdf)

# Forord

Dette er rapporten fra Oppfølgingsutvalget for fysikkfagene som ble oppnevnt våren 2010 av Norges forskningsråd. Rapporten kommer med råd og anbefalinger om prioritering av tiltak for å øke kvaliteten i forskningen i norsk fysikk. Denne følger opp en internasjonal evaluering av norsk fysikk foretatt i 2009, med rapport levert tidlig i 2010.

Oppfølgingsutvalget bestod av representanter fra alle fysikk-instituttene med fagmiljøer som ble evaluert av den internasjonale komiteen.

Oppfølgingsutvalget baserte sitt arbeid dels på den internasjonale evalueringen, dels på innspill fra alle de evaluerte fagmiljøer, samt på diskusjoner under utvalgets møter. Et utkast til Oppfølgingsutvalgets rapport har vært ute på høring i de evaluerte miljøene, og innspillene er for en stor del blitt inkorporert i rapporten.

De synspunktene som kommer til uttrykk i denne rapporten er konsensusbaserte.

Oslo, 20.10.2010



Asle Sudbø  
(leder)



Geir Helgesen



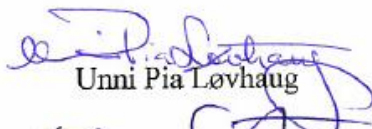
Helge B. Larsen



Per B. Lilje



Anna Lipniacka



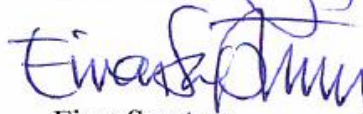
Unni Pia Løvhaug



Stian Løvold



Espen Olsen



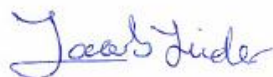
Einar Sagstuen



Fred Sigernes



Bjørn S. Tanem



Jacob Linder  
(sekretær)



# Innhold

<b>1 Sammendrag og anbefalinger</b>	<b>7</b>
1.1 Innledning	7
1.2. Generelle anbefalinger fra Evalueringskomiteen	10
1.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	12
1.4. Sammendrag av disiplin-spesifikke anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	15
<b>2. Status og anbefalinger for de enkelte fagområder</b>	<b>20</b>
2.1 Romfysikk (inkludert atmosfærisk fysikk)	20
2.1.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	20
2.1.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	22
2.1.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	23
2.2 Biofysikk og biologisk fysikk	24
2.2.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	24
2.2.2 Anbefalinger fra Evalueringskomiteen	26
2.2.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	26
2.3. Numerisk fysikk	28
2.3.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	28
2.3.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	30
2.3.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	30
2.4. Materialfysikk og kondenserte mediers fysikk	31
2.4.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	31
2.4.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	32
2.4.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	34
2.5. Astrofysikk	36
2.5.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	36
2.5.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	37
2.5.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	39
2.6. Subatomær- og astropartikkelfysikk	40
2.6.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	40
2.6.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	42
2.6.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	42
2.7. Teoretisk fysikk	43
2.7.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	43
2.7.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	44
2.7.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	44
2.8. Energi- og miljøfysikk	47
2.8.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	47
2.8.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	49
2.8.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	50

2.9. Atom- og molekylfysikk og optikk	53
2.9.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	53
2.9.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	54
2.9.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	55
2.10. Fysikk fagdidaktikk	56
2.10.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	56
2.10.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	56
2.10.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	57
2.11. Elektronikk og måleteknikk	57
2.11.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge	57
2.11.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen	59
2.11.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget	59
<b>3. Følgeforskningsprogrammer</b>	<b>61</b>
3.1. CERN-relatert forskning	61
3.2. Romforskning relatert til ESA, EISCAT og NOT	62
3.3. Synkron- og nøytronrelatert forskning	63
<b>Forkortelser</b>	<b>65</b>

# 1. Sammendrag og anbefalinger

## 1.1. Innledning

En internasjonal evalueringskomite ble oppnevnt av Norges Forskningsråd sommeren 2009 for å kartlegge norsk grunnforskning innen fysikk ved universiteter og forskningsinstitutter, og for å komme med spesifikke anbefalinger til de ulike institusjonene.

Fysikk er den mest basale av naturvitenskapene, og danner fundamentet for en rekke andre vitenskapsdisipliner og teknologi. Grunnforskning innen fysikk har vært, og vil fortsatt være, en helt nødvendig forutsetning for viktige teknologiske gjennombrudd:

- Grunnforskning på teorien for elektromagnetisk stråling er selve hjørnesteinen i all telekommunikasjon.
- Grunnforskning innen materialfysikk på silikater har skapt forutsetningene for de fiberoptiske kommunikasjonsnettverkene som i dag representerer det som allment regnes som verdens viktigste infrastruktur.
- Grunnforskning på kvantemekaniske transportfenomener i metaller ved svært lave temperaturer har avstedkommet en milliard-industri (i dollar) på verdensbasis innen medisinsk diagnostisering.
- Grunnforskning innen lavdimensjonale systemer ved svært lave temperaturer og høye magnetfelt har resultert i en ny internasjonal standard for å måle elektrisk motstand.
- Grunnforskning innen høyenergi partikkelfysikk og det tilhørende behovet for å kunne kommunisere internt i store forskergrupper og analysere store mengder data, har gitt oss Internett.
- Grunnforskning på materialer med spesielle magnetiske og elektriske egenskaper har resultert i harddisker på datamaskiner med mange størrelsesordener forbedret datalagringskapasitet, noe som dagens samfunn er helt avhengig av.

Eksempelene over viser at teknologi med utspring i banebrytende grunnforskning i fysikk i en helt dominerende grad har bidratt til å forme det velferdssamfunnet vi lever i. Med de muligheter som i dag finnes til å bygge opp materialer med helt spesielle funksjonaliteter ved å starte med atomer og molekyler, vil videre satsing på grunnforskning i fysikk være viktig. Land som Japan, Kina, og USA ser dette klart. Fysikk vil også få en økende betydning innen biologi og medisin, for eksempel innen så viktige felt som nevralt nettverk og hjerneforskning.

Ved siden av å være viktig for teknologi, er fysikk også viktig som kulturfaktor. Vårt verdensbilde er i stor grad skapt av forskning innen fysikk og astronomi. Forskning innen subatomær fysikk og astrofysikk vil i løpet av de neste ti-årene lede til ny erkjennelse om universets opphav. Det er få, om noen, naturvitenskapelige disipliner som har et så bredt nedslagsfelt som fysikk. Dette skyldes den særegne karakteren feltet har, med matematikk som hovedspråk og ekstraksjon av prinsipper som hovedmål. Hvis Norge skal kunne bli en nasjon med kunnskapsbasert industri, må et strategisk mål være å styrke grunnforskningen i fysikk. Den internasjonale evalueringskomiteen påpeker at dette også er et moralsk ansvar for Norge.



# Mandat for den internasjonale evalueringskomiteen

I mandatet legges det til grunn at komiteen skal vurdere

- hvilke norske miljøer/disipliner som er sterke i et internasjonalt perspektiv,
- hvorvidt det finnes en rimelig balanse mellom ulike fysikk-disipliner, og hvorvidt noen felt er underrepresentert
- hvorvidt det finnes en rimelig grad av samarbeid eller arbeidsfordeling mellom ulike forskningsaktiviteter
- hvorvidt fysikk-forskningen i Norge i dag er relevant for norsk industri og samfunn

## Institusjonelle aspekter

- hvorvidt instituttene er organisert på en hensiktsmessig måte
- hvorvidt lederskap blir utøvet på en passende måte
- hvorvidt hvert enkelt institutt driver sin forskning med basis i en strategi
- hvorvidt det finnes en tilfredsstillende rekrutterings- og personalpolitikk
- i hvilken grad tidligere evalueringer har blitt brukt, og anbefalinger fulgt opp, ved de ulike institutter

## Forskningsgrupper

- i hvilken grad strategier, organisering og faglig lederskap forefinnes
- kvaliteten på forskningsaktivitetene, de vitenskapelig ansatte, og teknisk-administrative tjenester
- kvaliteten på, og omfanget av, nasjonalt og internasjonalt samarbeid

## Forskningsinfrastruktur

- hva er nå-situasjonen, og hva er framtidige behov?
- finnes det tilstrekkelig nasjonalt og internasjonalt samarbeid vedrørende bruk av kostbart eksperimentelt utstyr?
- finnes det planer for deltagelse i store europeiske forskningsinfrastrukturer?

Evalueringskomiteens rapport er basert på innsendte egevalueringer, analyse av bibliometriske data, og site visits.

For å følge opp arbeidet til den internasjonale evalueringskomiteen, oppnevnte Forskningsrådet et Oppfølgingsutvalg, som fikk i oppgave å utarbeide en rådgivende plan for fysikkfaget i Norge.

Oppfølgingsutvalget har basert sitt arbeid på evalueringskomiteens rapport og på innspill fra alle de evaluerte fagmiljøene. Utvalget har blitt bedt om å komme med forslag til tiltak ved egen institusjon, forslag til tiltak overfor Forskningsrådet, og forslag til tiltak overfor Kunnskapsdepartementet. Disse forslagene har så blitt sortert under fagdisipliner, og for hver fagdisiplin har utvalget kommet med forslag til tiltak overfor institusjonene, Forskningsrådet, og også Kunnskapsdepartementet.

Det understrekes at denne rapporten kun tar for seg forslag og anbefalinger til de miljøene som ble evaluert av den internasjonale komiteen. Disse er (listet i den rekkefølgen de forekommer i evalueringsrapporten):

- Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo
- Institutt for teoretisk astrofysikk, Universitetet i Oslo
- Institutt for fysikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)
- Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Bergen
- Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Tromsø
- Institutt for matematikk og naturvitenskap, Universitetet i Stavanger
- Institutt for matematiske realfag og teknologi, Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB).
- Avdeling for Geofysikk, Universitetssenteret på Svalbard
- Forsvarets Forskningsinstitutt
- Fysikkavdelingen, Institutt for Energiteknikk
- Materialfysikk, SINTEF

## Mandat for Oppfølgingsutvalget

Utvalget er oppnevnt av Norges forskningsråd ved Divisjonsstyret for vitenskap (DSV).

Utvalget skal utarbeide en rådgivende oppfølgingsplan for fysikkfagene med utgangspunkt i fagevalueringen som ble utført i 2009. Planen skal gi råd om tiltak for å utvikle og styrke forskningen innen fysikkfagene i Norge.

Arbeidet skal gjennomføres i nær dialog med Forskningsrådet.

Som ledd i arbeidet skal utvalget innhente uttalelser fra de berørte institusjonene. Utvalget bes om å ferdigstille planen innen 1. november 2010.

Oppfølgingsplanen skal gi konkrete anbefalinger for institusjonenes, fagmiljøenes og Forskningsrådets oppfølging av fagevalueringen. Disse bør omfatte kortsiktige, nødvendige strakstiltak, samt tiltak med en tidshorison på 5 - 10 år, og fremmes i prioritert rekkefølge. Tiltak som kan gjennomføres innenfor en realistisk budsjettssituasjon (\*) skal være en sentral del av anbefalingene.

Planen kan også gi råd til Kunnskapsdepartementet og andre relevante departementer om spesifikke tiltak og finansielle behov.

I tillegg til å gi råd om tiltak for å styrke fysikkforskningen generelt, bør planen adressere muligheter for å styrke fysikkens rolle som basalfag innen nasjonale strategiske forskningsområder, samt ta hensyn til det store potensiale som grunnleggende forskning innen fysikk har for utvikling av ny teknologi og innovasjon.

Planen skal gi råd til **forskningsinstitusjonene** om:

- Tiltak som anbefales gjennomført innenfor institusjonenes egne budsjetter.
- Forskningsledelse, behov for omstilling, andre tiltak for videreutvikling og forbedring av dagens situasjon, herunder metoder for langsiktige prioriteringer og strategiarbeid.

- Tiltak for å fremme rekrutteringen til fysikkfagene, øke mobilitet mellom institusjonene og til utlandet og forbedre kjønnsbalansen både for studenter og faste vitenskapelig ansatte.
- Tiltak for å fremme nasjonalt samarbeid, koordinering og arbeidsdeling, herunder samarbeid om forskningsinfrastruktur av nasjonal karakter. Planen bør også adressere mulige roller som Norsk Fysikkråd og Norsk Fysisk Selskap kan spille og Forskningsrådets rolle som premissgiver i utvikling av strategier.
- Tiltak for å styrke spesifikke områder innen fysikkfagene.
- Tiltak for å fremme internasjonalt forskningssamarbeid og sikre økt bruk av/deltagelse i internasjonal forskningsinfrastruktur.

Planen skal gi råd til **Forskningsrådet** om:

- Bruk av finansielle virkemidler og støtteformer innenfor ulike budsjettscenarier, inkludert nullvekst-scenariet.
- Andre strategiske tiltak som vil bidra til å utvikle og styrke forskningen innen fysikkfagene i Norge og fysikkens rolle innen nasjonale strategiske forskningsområder.

\* Forskningsrådets administrasjon vil, som del av oppfølgingsarbeidet, redegjøre for rammene for en realistisk budsjettindikasjon for Forskningsrådets bidrag til oppfølgings tiltak.

## 1.2. Generelle anbefalinger fra Evalueringskomiteen

Evalueringskomiteen fant, ikke uventet, at det er stor variasjon innen bredden av norsk fysikk. Flere forskningsgrupper er i den internasjonale forskningsfronten, forholdsvis mange ansees faktisk å være verdensledende. Noen grupper vurderes som gode, mens enkelte ansees som svake. I varierende grad er de fleste forskningsgruppene underfinansierte. Spesielt fant evalueringskomiteen at finansieringen av fri og erkjennelsesdrevet grunnforskning er for dårlig.

Allikevel, selv kun med dagens menneskelige og økonomiske ressurser, fant komiteen at det er en del endringer av strukturell art som kan gjøre norsk fysikk sunnere; kombinert med bedre finansiering ville disse endringene kunne styrke resultatene fra norsk fysikkforskning i vesentlig grad. De viktigste av disse var:

- Bedre strategisk planlegging på instituttnivå, med større vilje til prioritering, endring og nyskapning
- bedre nasjonal koordinering i en rekke disipliner
- større nasjonal og internasjonal mobilitet av fysikkforskere
- bedre kjønnsbalanse, spesielt blant faste vitenskapelig ansatte.

Selv om slike tiltak i seg selv vil kunne gi en viss bedring av resultatene, la evalueringskomiteen vekt på at norsk fysikk er betydelig underfinansiert i forhold til de land vi vanligvis sammenligner oss med. Komiteen viste at vitenskapelig produksjon og ”impact” pr. forsker er omtrent den samme i Norge som i Sverige og Danmark, men det er i Norge vesentlig færre fysikkforskere pr. capita enn det er i disse landene. Komiteen fant at en total økning av antall fysikkforskere i Norge med 25 – 30% (90 til 160 personer, inklusive

postdoktorer og stipendiater) ville være naturlig. Grunnforskning i fysikk må sees som en svært viktig langsiktig investering for en nasjon. Evalueringskomiteen mente at Norge i dag har muligheten, og også en moralsk plikt til, en slik økning. Den foreslo derfor at Norge nå må starte en gradvis oppbygging av ressursene som brukes på grunnleggende fysikkforskning. Det er viktig at man ved en slik oppbygging også tar høyde for behovene for forskningsinfrastrukturer, inklusive tungregnerressurser.

På bakgrunn av dette kom evalueringskomiteen med en del mer spesifikke anbefalinger:

- Instituttledelsene må sette i verk effektivt og rullerende strategiarbeid.
- Der den enkelte instituttledelse har liten innflytelse på fordelingen av ressurser, må dette endres.
- Det må utvises fleksibilitet i fordelingen av arbeidstid mellom forskning, undervisning og administrasjon for den enkelte forsker slik at man kan utnytte den enkeltes fortinn optimalt.
- I samarbeidsprosjekter med eksterne aktører må det sørges for at de eksterne aktørene tar sin del av utgiftene, og ikke velter disse over på universitets- og høyskoleinstitutter.
- Mobilitet må i større grad vektlegges ved ansettelse, og ved tildeling av Ph.D.- og postdoktorstipend.
- Instituttene må bruke alle muligheter til aktivt å rekruttere kvinner.
- NFFyR bør få et økt ansvar for koordinering av norsk fysikk.
- Forskningsrådet må ha en hovedrolle i å opprette nasjonale strategier for de enkelte fagdisipliner, men initiativene må for det meste komme fra forskningsgruppene og instituttene. Internasjonale ”advisory boards” er en strategisk rådgivningsfunksjon som bør etableres på flere nivå i organisasjonen.

Evalueringskomiteen framholdt at Forskningsrådet bør ta en enda større rolle i prioritering mellom store nasjonale og internasjonale forskningsinfrastrukturer. Komiteen anbefalte spesielt å etablere en interdisiplinær rådgivningskomité av fremstående internasjonale fysikere som kan gi en sterkere faglig vurdering når det skal prioriteres mellom framtidige satsinger og nasjonale og internasjonale storskala-infrastrukturer.

Evalueringskomiteen fant at bedre finansiering fra Forskningsrådet av norsk fysikk har fundamental viktighet. Helt spesielt bør bevilgninger som kun gis på grunnlag av søknadens og søkerens vitenskapelige kvalitet økes vesentlig. En meget stor del av de for framtiden virkelig viktige nyvinninger (inklusive de som fører til de viktigste produkter) kommer i helt uventede og uforutsigbare forskningsfelt, og hvis fysikkforskningen kun finner sted langs gangbare tema ender man forholdsvis raskt i en faglig bakevje. Evalueringskomiteen anbefalte derfor at bevilgningene til ”fri forskning” måtte styrkes spesielt.

Evalueringskomiteen anbefalte at norsk fysikk generelt ble styrket slik at antall fysikere pr. capita på sikt kommer opp til minst samme antall som i de øvrige nordiske land. For å gjennomføre en slik nasjonal oppbygging, foreslo evalueringskomiteen at det blir opprettet nasjonale disiplinpaneler bestående av norske og utenlandske fysikere som kan gi råd til Forskningsrådet om hvordan oppbyggingen best skal foretas.

### 1.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget

Det er et uttalt politisk mål at Norge skal være en kunnskapsbasert industrinasjon. En forutsetning for å kunne få til det er at forskningen i Norge er av høy internasjonal kvalitet. Dette forutsetter i sin tur forutsigbar og langsiktig finansiering samt forutsigbare rammevilkår for forskning. Dette er spesielt viktig i en grunnleggende naturvitenskap som fysikk, som har dannet og vil fortsette å danne basis for svært viktig kunnskapsbasert teknologiutvikling. Skal Norge kunne realisere denne ambisjonen om å være en kunnskapsbasert industrinasjon, er det nødvendig med et betydelig løft i finansieringen av grunnforskning. Hovedelementer her vil være en langsiktig og betydelig økning av antallet faste ansatte samt finansiering og drifting av avansert vitenskapelig infrastruktur, i tråd med anbefalingen fra den internasjonale evalueringskomiteen.

Oppfølgingsutvalget har diskutert de ulike anbefalinger og råd fra Evalueringskomiteen. Nedenfor følger de generelle anbefalingene til departementene, Forskningsrådet og institusjonene fra Oppfølgingsutvalget, i prioritert rekkefølge. I senere kapitler vil mer detaljerte anbefalinger til institusjonene og fagmiljøene presenteres.

#### Langsiktige anbefalinger til KD

1. Utvalget anbefaler sterkt at det legges færre føringer på forskningsbevilgningene fra Kunnskapsdepartementet til Forskningsrådet, samt at Frie Programmer i Forskningsrådet styrkes betydelig i en retning som er i samsvar med nasjonale strategier om å styrke realfaglig forskning og undervisning.
2. Opprettholde de tematiske satsingsområdene. *Utvalget anbefaler sterkt at en del av midlene (15%) i disse programmene forbeholdes grunnforskning.* Programmer som RENERGI og Climit kanalisere viktige midler til miljøene for anvendt forskning innen energi- og miljøfysikk. Videreføring av NANOMAT på samme nivå som til nå er svært viktig for å videreføre den omfattende påbegynte langsiktige forskningen som er knyttet til storskala infrastruktur av nasjonal karakter.
3. Fullfinansiering av midlertidige stillinger. Dagens Ph.D.- og postdoktor-stipend bevilget fra KD og Forskningsrådet er ikke tilstrekkelige til å dekke de reelle utgiftene forbundet med slike stillinger. Spesielt i forbindelse med eksperimentelle oppgaver utgjør dette et stort problem. I lys av debatten rundt stadig innskrenket handlingsrom er et slikt grep nødvendig.
4. Det er svært viktig at Småforsk-ordningen opprettholdes, helst styrkes. Dette er en ordning for tildeling av støtte til vitenskaplig virksomhet utenfor Forskningsrådets tematiske programmer. Slik den fungerer i dag er den en av få muligheter for å kunne drive fri og erkjennelsesdrevet grunnforskning.
5. Det må sikres (for eksempel via NOTUR) tilstrekkelige midler til å holde maskinvaren for nasjonal tungregning internasjonalt konkurransedyktig.
6. Det foreslås en øremerket bevilgning fra KD til NORDITA (for eksempel via Forskningsrådet) med mulighet for fornyelse hvert 4. år, gjerne basert på nordisk ministerråds evalueringsrapporter.

## Langsiktige anbefalinger til Forskningsrådet

1. Styrke følgeforskningsprogrammer for internasjonale infrastrukturer som Norge deltar i av tilstrekkelig størrelse til å sikre at Norge får et vitenskapelig utbytte av de meget store beløp Norge legger inn i medlemsavgift i disse. Se kapittel 3.
2. Betydelig styrking av Forskningsrådets infrastruktur-program *nasjonalt* i balanse med internasjonale satsinger. Dette er helt avgjørende for at Norge skal kunne hevde seg i den internasjonale forskningsfronten i fysikk.
3. Forskningsrådet bør gi bedre betingelser for å initiere tverrfaglig forskning innen de ulike programmer som utlyses, inklusive de frie programmer. Det tverrfaglige perspektivet faller lett utenfor dersom det ikke spesifikt åpnes for det i tillegg til den disiplinrettede forskningen. Det er i tillegg behov for evalueringsmetoder som ivaretar dimensjonen tverrfaglige forskningsprosjekter gir ut over bidraget fra de enkelte disiplinene.
4. Opprettelse av forskerskoler i utvalgte fagfelt for å styrke internasjonal synlighet av disse, og som et bidrag til å sikre god rekruttering til faste stillinger. Dette vil medvirke betydelig til nasjonal samordning av utdanningen i feltet. Forskningsrådet har allerede på plass et nasjonalt program for forskerskoler, som bør videreføres, evt. styrkes.
5. Det bør initieres en analyse av mobilitetsforholdene for norske Ph.D.-studenter og postdoktorer, både internasjonalt og internt i Norge. Mobiliteten synes å være lavere enn hva som er vanlig i andre vestlige land.

## Langsiktige anbefalinger til institusjonene

1. Øremerket utstyrsbevilgning ved institusjonene. Da de øremerkede utstyrsbevilgningene gjennom AVIT-programmet falt bort i 2009 ble en av få muligheter til å finansiere vitenskapelig utstyr i området 100 kkr - 2 Mkr borte. Svært mye rutine-laboratoriestyr befinner seg i denne kategorien. Institusjonene må sette av øremerkede midler til dette formålet. Miljøene må også aktivt utnytte Forskningsrådets avskrivningsregler for utstyr for å etablere finansiering av mindre utstyrsenheter ved regulære prosjektsøknader.
2. Miljøene bør generelt øke aktivitetsnivået i EU-forskning, og finansieringsmodellene for norsk deltagelse i EU bør styrkes. Spesifikt bør Forskningsrådet og institusjonene vurdere å stille økonomiske eller ressursmessige insentiver til veie direkte til søkermiljøet ved tilslag på EU-prosjekter.
3. Fagmiljøene må ta konkrete initiativ (se detaljert beskrivelse under fagområdene senere i denne rapporten) for å styrke nasjonal samordning og koordinering av sine forsknings- og undervisningsaktiviteter og med dette de nasjonale nettverkene. Et viktig aspekt av dette er å fremme tverrdisiplinære møtepunkter og legge forholdene til rette for å initiere tverrdisiplinær forskning.
4. På alle ledd av organisasjonene må en aktiv strategi for både å øke andelen fast ansatte kvinner samt å øke den kvinnelige andelen i rekrutteringsstillinger videreføres og styrkes. Tilstrekkelige økonomiske virkemidler må settes bak en slik langsiktig planlegging.

5. Instituttene må aktivt ta i bruk strategiske bemanningsplaner og eventuelle mellomfinansieringsordninger som målrettede virkemidler for utvikling av forskningsgrupper.

### **Program for instituttforankrede strategiske prosjekter i fysikk**

Som oppfølging av den internasjonale fysikkevalueringen anbefaler Oppfølgingsutvalget at Forskningsrådet oppretter et program for instituttforankrede strategiske prosjekter (ISP) som strakstiltak. Totalrammen over 3-4 år bør være på minst 30 millioner kroner. Gjennom dette vil institusjonene måtte møte de utfordringer som både Evalueringskomiteen og Oppfølgingsutvalget har påpekt. Programmet skal omfatte de fagmiljøene som har blitt evaluerte.

Hovedmålet med programmet er å styrke grunnleggende fysikkforskning med sikte på å utvikle sterke fagmiljøer som er konkurransedyktige på den internasjonale forskningsarenaen. Samtidig bør programmet stimulere til samarbeid på tvers av institusjonene for å sikre nasjonale robuste miljøer og bidra til nasjonal arbeidsdeling. Fagmiljøene forventes å kunne finansiere virksomheten på lengre sikt gjennom egne og andre eksterne midler. ISPene det søkes om skal være i tråd med anbefalingene fra Evalueringskomiteen og Oppfølgingsutvalget.

Søknadene skal konkurranseutsettes, og de må være forankret i de enkelte institusjoners strategiske planer. En forutsetning for tildeling av et ISP må være en vesentlig egenandel fra institusjonen. Dette sikrer reell forankring i strategier og en finansiering som er tilstrekkelig, slik at løft i forskningen kan forventes. Øvre grense for et ISP er inntil 2 millioner kroner pr. år i 3 år, eksklusive egenandel.

Det foreslås at følgende kriterier vektlegges (i rekkefølge): Vitenskapelig kvalitet, strategisk forankring og betydning, kompetansebygging og utvikling, nasjonalt og internasjonalt samarbeid og nasjonal arbeidsdeling.

## 1.4. Sammendrag av disiplin-spesifikke anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget

### Romfysikk

Evalueringskomiteen slår fast at Norge er geografisk meget godt plassert for nordlysforskning og studier av sol-jord kobling, og at Norge har en unik kombinasjon av verdensledende forskning innen sol-fysikk, rom- og plasmafysikk og øvre atmosfæres fysikk. Potensialet for eksisterende grupper i Norge til å bidra til økt forståelse på dette området sett i sammenheng, gjennom økt samarbeid med hverandre, og muligens også med klimaforskere, synes betydelige. Det er en omfattende teknisk infrastruktur i Nord-Norge og på Svalbard, med internasjonal deltakelse. Det er konkrete planer om videreutvikling av denne infrastrukturen, i første rekke Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System (SIOS) og The European Incoherent Scatter Scientific Associations (EISCAT\_3D radarene), gjennom The European Strategy Forum on Research Infrastructure (ESFRI). Oppfølgingsutvalget anbefaler, i hovedsak i samsvar med Evalueringskomiteen, i første rekke at

- Forskningsrådet og fagmiljøene i Norge utarbeider overordnede mål og en nasjonal strategiplan for romforskning i Norge. Det opprettes en nasjonal komité for å balansere bakkebasert og rombasert virksomhet, som avveier vitenskapelige utfordringer mot nasjonale strategiske behov. Det opprettes et panel for bakkebaserte fasiliteter for å balansere og koordinere vitenskapelige og nasjonale behov på dette området.
- Kunnskapsdepartementet og Forskningsrådet må sikre at større infrastrukturprogram, som ESA, EISCAT og SIOS, understøttes av forskningsmidler
- Mulighetene for å etablere et samlet program for studier av fundamentale prosesser fra atmosfæren, gjennom ionosfæren og magnetosfæren, til sola og heliosfæren, bør vurderes.
- Det etableres et robust program for teori, simulering og dataanalyse som kan utnytte de investeringer som er gjort og vil gjøres innen romfysikk infrastruktur.
- Infrastrukturen og storskala fasilitetene innen romfysikk i Norge utvikles i sammenheng med en styrking av nasjonalt næringsliv.

### Biofysikk og biologisk fysikk

Evalueringskomiteen uttrykker at kvaliteten og produksjonen innen Biofysikk og Medisinsk Fysikk/Teknologi, spesielt fra de største aktivitetsstedene (NTNU, UiO, UMB), er meget god men at det ved UiO er et behov for en klar strategi for virksomheten framover i lys av at deler av personalet nærmer seg pensjonsalder. Ved alle institusjonene vil det være behov for en viss fokusering av aktivitetene. For å styrke dette fagfeltet har Oppfølgingsutvalget derfor følgende anbefalinger:

- NTNU: Biofysikkgruppa bør med institusjonell støtte og prioritering bygge videre på samarbeid med optikkgruppa, Institutt for bioteknologi og flere institutter ved Det medisinske fakultet, samt i større grad trekke NTNU NanoLab og nettverksgrupper innen tematisk satsingsområde Medisinsk teknologi inn i aktiviteten.
- NTNU, UiO: Bevisst mellomfinansiering av stillinger for utlysning og tilsetning i forkant av avganger samt bruk av midlertidige stillinger for å fremme samarbeide mellom grupper.
- UiO: En langsiktig fagstrategi bør etableres, som bl.a. bør inkludere en aktiv holdning til Life Science-initiativet ved UiO for å trekke gruppa sterkere inn i andre grunnforskningsbaserte universitetsinterne virksomheter.



- UMB: Beregningsorientert biofysikk står sterkt, og videreutvikling av miljøet samt styrking av nasjonale kontakter er viktig. Miljøbiofysikkvirksomheten er underkritisk og må styrkes med både fast(e) og midlertidige stillinger.
- UiB: Dersom biofysikk/biomedisinsk instrumenteringsvirksomhet skal synliggjøres bør det vurderes å gjøre dette gjennom et nytt satsningsområde eller 'cluster' med medlemmer fra de ulike faggruppene.

## Numerisk fysikk

Numerisk fysikk i Norge er ikke eksplisitt evaluert *per se* av den internasjonale komiteen, men blir nevnt flere steder i rapporten som viktig. Numerisk fysikk vil spille en økende rolle som "en tredje vei" i fysikkforskningen. Økende regnekraft og bruk av effektive og nøyaktige numeriske metoder innebærer at en rekke problemstillinger som før var utenfor rekkevidde for numeriske beregninger, nå kan gjøres. Dette inkluderer problemstillinger innenfor nevrobiologi, komplekse og uordnede systemer, sterkt korrelerte systemer, kosmologi og materialvitenskap. Norsk næringsliv vil i økende grad i tiden fremover være avhengig av kompetanse innenfor avanserte numeriske beregninger for å opprettholde og forbedre sin konkurransevne.

- Numerisk fysikk bør integreres på alle nivå i undervisningen ved de universiteter der dette er naturlig.
- Utvalget anbefaler at Fysisk institutt ved UiO legger til rette for en styrket samhandling mellom teoretikere/numeriske fysikere med fokus mot sentrale innsatsområder ved instituttet.

## Materialfysikk og kondenserte mediers fysikk

Forskningen innen kondenserte faser og materialfysikk er typisk tverrfaglig og involverer flere institutter og fakulteter i universitetene og i forskningsinstituttene. Aktivitet foregår i dag ved UiO, NTNU, IFE, SINTEF og nylig ved UiB. I tillegg er det en begrenset aktivitet ved UiS. På et overordnet nivå er det en positiv utvikling innen dette feltet, med en økning i total bemanning, forskningstema og bevilging (i forhold til forrige fysikkevaluering).

Oppfølgingsutvalget anbefalinger er som følger:

- Utvalget anbefaler at det stimuleres til økt samarbeid mellom eksperimentell og teoretisk aktivitet. En større del av forskningsaktivitetene bør tilstrebe tettere interaksjon mellom eksperimentelt og teoretisk arbeid.
- Forskningen på fornybar energi bør styrkes, bl.a. gjennom å initiere tettere samarbeid mellom kjemimiljøer og materialmiljøer. Energirelatert materialforskning er også et naturlig område å videreutvikle og styrke samarbeidet internasjonalt.

## Astrofysikk

Evalueringskomiteen finner at den norske aktiviteten i astronomi og astrofysikk generelt er av meget høy kvalitet. Det meste av aktiviteten er ved Institutt for teoretisk astrofysikk ved Universitetet i Oslo, som har forholdsvis store og internasjonalt meget sterke forskergrupper i solfysikk og kosmologi. Evalueringskomiteen finner allikevel at det totale volumet på forskning i astronomi og astrofysikk i Norge er lite, noe som gjør at den nasjonale bredden i faget er for liten. Evalueringskomiteen finner videre at grunnet den generelle interessen for astronomi og astrofysikk, både blant studenter og i allmennheten, og den dramatiske utvikling dette faget har hatt de siste tiår, er dette et fag der universitetene og Forskningsrådet kan ta spesielle initiativ for å øke volum og bredde nasjonalt. For å styrke dette fagfeltet har Oppfølgingsutvalget følgende anbefalinger, som alle er i tråd med rådene fra den internasjonale evalueringskomiteen:

- Mulighet til langsiktig (varighet 10 – 15 år) satsing på satellittprosjekter som norske forskere får adgang til gjennom ESAs obligatoriske Space Science Programme må sikres gjennom et nasjonalt følgeforskningsprogram av tilstrekkelig størrelse.
- Norsk deltagelse i det framtidige European Solar Telescope (EST) må sikres.
- En større nasjonal satsing på astronomi/astrofysikk, slik evalueringskomiteen anbefaler, må vurderes. Hvis norsk medlemskap i European Southern Observatory (ESO) er aktuelt (og som evalueringskomiteen anbefaler), er en slik satsing en nødvendighet. Antall faste vitenskapelige stillinger i astrofysikk i Norge må i så fall økes med 50%.
- Institutt for teoretisk astrofysikk ved UiO videreutvikler sin, i følge evalueringskomiteen fremragende, satsing på solfysikk og kosmologi, men vurderer også i sitt strategiarbeid evalueringskomiteens foreslåtte muligheter for et tredje satsingsområde.

### **Subatomær fysikk og astropartikkelfysikk**

Subatomær fysikk er helt avhengig av CERN følgeforskningsprogrammer. Det er nå viktig å utnytte ferske data som kommer fra LHC. I sammenheng med LHC databehandling spiller norske grupper en ledende rolle i GRID-teknologi og det er viktig at denne rollen kan fortsettes. I tillegg har det kommet til en ny fysikk brukergruppe innen kjernestruktur på ISOLDE ved CERN som også trenger en langsiktig finansiering gjennom CERN følgeforskningsprogrammet.

- Forberede for norsk deltakelse i ILC/CLIC. UiO bør vurdere et professorat i NORDUCLIC (aksellerator R&D).
- Fagmiljøene anbefales å utarbeide en tverrinstitusjonell strategi for astropartikkelfysikk i Norge. Øremerkede postdoktor stillinger for astropartikkelfysikk kan være et godt tiltak.
- Fornye bemanning. Partikkel- og høyenergikjernefysikk aktivitetene ved UiO og UiB bør styrkes for å sikre videre utnyttelse av medlemskapet i CERN. I eksperimentell høy-energi kjernefysikk bør aktiviteten fokuseres mot CERN.
- I lys av oppgraderingene ved Syklotronlaboratoriet de senere årene, samt den betydelige bemanningsøkningen nylig, anbefales det at virksomheten støttes videre med fokus på tekniske oppgraderinger på detektorsiden.

### **Teoretisk fysikk**

Aktiviteten i Norge innen teoretisk fysikk er generelt kjennetegnet ved at anvendelsesområdene er relevante for mange subdisipliner innen fysikken. I tillegg er forskningsgruppene i teoretisk fysikk blant dem som har den tydeligste grunnforskningsprofil. Skillet mellom forskningen som foregår i de dedikerte forskningsgrupper i teoretisk fysikk og teoriforskning i andre grupper er ikke alltid skarpt definert. Det eksisterer betydelige teorigrupper (i klassisk forstand) først og fremst ved UiO og UiB. Ved NTNU er det også fremragende forskningsgrupper med teoretisk tilsnitt primært inn mot kondenserte fasers fysikk og astropartikkelfysikk.

- Det anbefales en styrking av nasjonale relasjoner mellom teoretikere innen forskjellige forskningsfelt. Styrking av samarbeid mellom teoretikere og eksperimentalister både i kondenserte fasers fysikk (f.eks. MiNa-Lab og NTNU Nanolab) og i partikkel- og kjernefysikk (f.eks. CERN) blir også anbefalt.
- Følg opp og bygg ut samarbeidsprosjekter med forskningsgrupper på nasjonalt og internasjonalt nivå. Innen kosmologi og gravitasjonsteori anbefales en styrking av samarbeidet mellom UiO og UiS.

- Videreutvikle de vellykkete nordiske nettverkssamarbeidene (f.eks. støttet av NORDFORSK), og støtte den videre utvikling av NORDITA i Stockholm som et nordisk senter for teoretisk fysikk.

## **Energi og miljøfysikk**

Oppfølgingsutvalget er av den oppfatning at Energi og miljøfysikk er et så viktig nasjonalt forskningsfelt innen fysikk at vi har valgt å ta dette med som et hovedpunkt i Oppfølgingsutvalgets arbeid, selv om dette ikke er spesifikt nevnt i evalueringsrapporten. Energi- og miljøfysikk er åpenbart overlappende faglig mot materialfysikk, målefysikk og termisk fysikk samt delvis overlappende mot romfysikk og biologisk fysikk. Feltet er preget av det fokus som er rettet mot klimarelaterte problemstillinger internasjonalt. Feltet er i dag også preget av at enkeltgrupper bygger opp kompetanse og infrastruktur for å bli internasjonalt interessante som partnere i internasjonale prosjekter.

- Tverrfagligheten innen Energi- og miljørettede problemstillinger gjør det svært viktig at det er enkelt for miljøene å samarbeide på tvers av institusjonene. Oppfølgingskomiteen mener det er viktig at institusjonene søker å forenkle samarbeide på tvers i større grad enn det som er tilfelle i dag. Dette gjelder spesielt for bruk av tyngre infrastruktur.

## **Atom- og molekylfysikk, samt optikk**

Evalueringskomiteen slår fast at den samlede norske aktiviteten innen dette området, som i første rekke foregår i Oslo (FFI), Trondheim (NTNU) og i Bergen (UiB), er relativt beskjedent, både i internasjonal og skandinavisk målestokk. For å styrke dette fagfeltet har Oppfølgingsutvalget følgende anbefalinger, som alle er i tråd med rådene fra den internasjonale evalueringskomiteen:

- Det foreslås at UiO sammen med FFI utarbeider en strategi for å styrke optikkforskningen og -undervisningen i Oslo og Østlandsområdet. Det foreslås at FFI i større grad engasjerer seg i undervisning og veiledning av studenter innen optikk.
- Det anbefales å opprette flere postdoktor-stillinger innen atom- molekyl- og optisk fysikk ved NTNU og UiB.

## **Fysikk fagdidaktikk**

Fysikdidaktikk er et forholdsvis lite fagfelt i Norge, og evalueringskomiteen anbefaler de didaktiske miljøene å samarbeide mer. Komiteen fremhever at selv om det didaktiske feltet er nokså forskjellig fra annen virksomhet ved instituttene, er det av vital betydning at den didaktiske aktiviteten er plassert på MN-fakultetene, og ikke overført til generelle pedagogiske institutter. I tråd med anbefalinger fra evalueringskomiteen vil Oppfølgingsutvalget gi følgende anbefalinger:

- Det viktigste nasjonale tiltaket for ytterligere å styrke det fysikdidaktiske samarbeidet (inklusive miljøet ved UMB) ville være en videreføring av den nasjonale Rdid-skolen etter at den nåværende perioden løper ut i 2011.
- UiO: Virksomheten bør i første omgang styrkes internt ved at flere krefter koples opp mot gruppa på deltidsbasis finansiert ved i hovedsak eksterne inntekter.
- UiO: Miljøet bør inngå i flere prosjekter internt på Fakultetet; potensialet for forskningssamarbeide med skolelaboratoriene ved Kjemi, Biologi og Matematikk må undersøkes.
- NTNU: Miljøet bør tildeles KD-stipendiater for å styrke forskningsdelen av virksomheten.
- NTNU: Det er et potensiale for direkte forskningssamarbeid med didaktikere ved de andre universitetene som bør realiseres ved sterkere nasjonalt samarbeide.

- UiB: Fysikkdidaktikkgruppas forhold til skolen styrkes ved tettere samarbeid med enkelte skoler og fysikklærerne der gjennom de Partnerskoleavtaler som for tiden etableres ved UiB.
- Forskningsrådet: Det anbefales at det opprettes en nasjonal PhD-skole innenfor hele det realfagdidaktiske feltet, der også matematikk er inkludert. Dette kan gjøres ved en videreføring av den nasjonale Rdid-skolen.
- KD: Fortsatt gode rammebetingelser for forskningsprosjekter rundt utdanningspolitikk og etter- og videreutdanning er en forutsetning for at KD skal kunne følge opp satsinger, evaluere framdrift og målrette sine tiltak innen nasjonal utdanningspolitikk.

## **Elektronikk og måleteknikk**

Bare en liten del av fagfeltet Elektronikk og måleteknikk har vært vurdert i denne evalueringen av fysikkforskning i Norge, siden feltet også hører innunder området teknologi og næringsliv. Evalueringskomiteen slår fast at i en ideell situasjon vil det være en gjensidig stimulering mellom vitenskapelige måletekniske utfordringer og teknologiske løsninger, og som vil kunne bidra til industriell utvikling. Komiteen peker på at dette alltid er en vanskelig balansegang mellom vitenskapelige problemstillinger og industrielle behov. I tråd med evalueringskomiteens vurderinger anbefaler Oppfølgingsutvalget at

- Institusjonene legger større vekt på grunnleggende akademisk ingeniørvitenskap, og hegner om bruk av offentlige midler til dette formål.
- Grappa i mikroelektronikk ved UiB er subkritisk, og bør styrkes med en stilling, alternativt fase inn noen av aktivitetene mot andre fysikkgrupper som er direkte involvert i prosjektene.
- Grappa ved UiT bør øke sitt samarbeid med lokale sluttbrukergrupper, både vitenskapelig og industrielt, der det er mulig og formålstjenlig.
- Fysisk institutt ved UiO bør lage en langsiktig faglig strategi for sin virksomhet innen elektronisk måleteknikk og instrumentering. Denne bør bl.a. klargjøre muligheten for finansiell styrking av virksomhetene via industrielle samarbeid. Videre bør den klargjøre hvorvidt måleteknikkdelen av Elektronikkgruppa skal distribueres til andre grupper i henhold til faktisk aktivitet, eller om en felles faglig plattform skal opprettholdes.

## 2. Status og anbefalinger for de enkelte fagområder

De neste kapitlene vil ta for seg status på de enkelte fagområder og Oppfølgingsutvalgets anbefalinger.

### 2.1 Romfysikk (inkludert atmosfærisk fysikk)

#### 2.1.1 Bakgrunn/virksomhet i Norge

Romfysikk i Norge omfatter her teoretiske og eksperimentelle studier av den midlere og øvre atmosfære, ionosfæren, magnetosfæren, det interplanetare rom og solvinden. Denne aktiviteten foregår ved de evaluerte institusjoner UiO, UiB, UiT, FFI og UNIS. I tillegg har man observasjonsplattformer for romfysikk ved Andøya Rakettskytefelt, forskning i atmosfærefysikk med tilhørende utstrakt bakkebasert instrumentering ved Tromsø Geofysiske Observatorium, samt teknologisk romvirksomhet og utdanning ved Høgskolen i Narvik. Disse institusjonene er ikke blitt evaluert i denne runden.

Evalueringskomiteen har merket seg at Norge er geografisk meget godt plassert for nordlysforskning og studium av sol-jord kobling. Den instrumentelle forskningsinfrastrukturen på Svalbard og i Nord-Norge er verdens største i sitt slag. På grunn av internasjonal deltagelse til investeringer og drift, har norske forskere hatt tilgang til avanserte forskningsinstrument som man ikke har kunnet finansiere på egen hånd. Et eksempel her er EISCAT, som er et internasjonalt prosjekt som driver tre inkoherent spredningsradarsystem for atmosfære- og ionosfæreforskning, ett på Svalbard (ESR) og to i Nord-Skandinavia.

Alle institusjonene deltar i internasjonale observasjonskampanjer som også omfatter in-situ målinger ved hjelp av raketter skutt opp fra Andøya Rakettskytefelt og/eller Svalbard. UiO, UiB og FFI har i tillegg aktiv deltagelse i satellittprosjekter.

To store forskningsprogram, som begge er kommet med i EUs infrastrukturveikart ESFRI, er under utarbeiding. Disse vil begge kunne bli sentrale i den videre romfysikk-aktiviteten i Norge. EISCAT\_3D omfatter en oppgradering av EISCAT-radarene på fastlandet til fasestyrte radaranlegg. SIOS-programmet, som vil være sentrert på Svalbard, skal omfatte studier og kartlegging av hele søylen fra havbunnen til magnetosfæren i nordområdene, med sikte på bedre forståelse av endringer i klima og bedre globale klimamodeller.

#### UiO

Gruppen for Plasma- og romfysikk består av fire professorer, en professor-II og en førsteamanuensis-II. Forskningen bygger på bruk av bakkebaserte instrumenter samt rakettsatellitteksperiment. Noen hovedforskningfelt er rom- og tidsutvikling av solvind-magnetosfære kobling, teoretiske og numeriske studier av plasmafænen, samt ultrafiolett stråling og ozon.

Aktiviteten er definert ved programmet STAR (Space Technology and Research Development Center), hvor Plasma- og romfysikk har utviklet et samarbeid med Institutt for teoretisk astrofysikk (ITA), Elektronikk (FI), nanoteknologi (IFI) og UNIS. STAR kobler teori og numeriske studier, observasjoner og empiri, og høyteknologisk instrumentutvikling. Gruppen deltar i tre av ESAs hjørnesteinsprosjekter, Cluster, Rosetta og BepiColombo, og har nå et eget Cubesat prosjekt (Det Nasjonale Studentsatellittprogrammet). Småskala plasmamålinger

(in-situ) støttes av teori og PIC- modellering (Particle in Cell) i samarbeid med ITA. Grappa vurderes som verdensledende innenfor rominstrumentering for kinetisk plasmafysikk, med spesiell vekt på Langmuirprober.

### **UiB**

Grappa for romfysikk ved Universitetet i Bergen består av to professorer, to førsteamanuenser og en førsteamanuensis-II. Grappa driver forskning innenfor flere områder, spesielt fjernmåling av nordlysfenomen og gammaglimt, samt forskning innenfor magnetosfære og den øvre atmosfære. Dette er en akseptert verdensledende gruppe innenfor rominstrumentering, med spesiell vekt på røntgen- og gammadetektorer, og de har vunnet innpass på internasjonale romfartøy flere ganger etter sterk konkurranse. Grappa har et veletablert fremragende internasjonalt omdømme.

### **UiT**

Grappa for romfysikk består av 8 professorer og en professor-II. Tre professorer vil gå av med pensjon innen de kommende tre år. Aktiviteten er innenfor støvplasma, mesosfære og atmosfærefysikk, ionosfære- og magnetosfærefysikk, nordlysfysikk og solvindstudier. Grappa har det eneste forskningslaboratoriet for eksperimentell plasmafysikk i Norge, og de har også en god aktivitet innenfor teoretisk plasmafysikk, hvor de også samarbeider med UiO. Instrumenteringen er flere typer avanserte radarsystem, både egne og EISCAT, samt optikk, både på fastlandet (nordlyssonen) og på Svalbard, og grappa har en rakettaktivitet i tillegg til radarvirksomhet og teori i støvplasma og mesosfæreforskning. Satellittdata benyttes i noen grad. Grappa har en ledende nasjonal rolle i utviklingen av nye radarsystem for atmosfære-ionosfære og nordlysforskning, og deltar aktivt i utviklingen av et nytt fasestyrt inkoherent spredningsradarsystem (EISCAT\_3D), med midler fra EU.

### **UNIS**

Grappa ved Universitetssenteret i Svalbard består av 3 professorer og 3 professor-II. Virksomheten er eksperimentelt fokusert innen fagfeltene optikk og radar. Instrumentinfrastrukturen på Svalbard er betydelig, med Kjell Henriksen Observatoriet (KHO), SPEAR, SOUSY og EISCAT Svalbard Radar (ESR) som de største installasjonene. Grappa har et stort internasjonalt nettverk. Hovedaktivitetene er innbefattet i et program, SIOS, som skal omfatte forskning på energitilstrømmingen til jordas magnetosfære og atmosfære, og vekselvirkningen mellom disse.

### **FFI**

Inntil 2009 bestod grappa av 4 forskere og 3 ingeniører, hvorav 2 er professor II ved UiO og UiT. Aktiviteten ligger innenfor midlere og øvre atmosfærefysikk, hvor de gjennom mange år har hatt en ledende rolle i flere internasjonale kampanjer ved Andøya Rakettskytefelt, med bruk av sonderaketter, ALOMARs Lidarsystem og EISCAT. FFI har utviklet elektronikk for satellittene CLUSTER, DOUBLESTAR og CASSINI. Grappa deltar fortsatt i analyse av data fra disse. FFI har utviklet en bakkegjennomtrengende radar som skal være med på ExoMars-satellitten. Romfysikk-grappa er nå i ferd med å fases ut. Nåværende rom-aktiviteter ved FFI er fokusert på nøyaktige baneberegninger til satellitter og romlegemer, navigasjon, samt rom-baserte systemer for observasjon av jordoverflaten.

### **2.1.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen**

Generelt anbefales:

- at det opprettes et panel for bakkebaserte fasiliteter for å balansere og koordinere vitenskapelige og nasjonale behov på dette området
- at det bør være en transparent og fagfellevurdert mekanisme for avveining mellom bakkebaserte og rombaserte program, og som veier vitenskapelige utfordringer mot strategiske behov
- at Forskningsrådet etablerer en mekanisme som tar stilling til om sonderakett-forskning skal videreføres som en del av det bakke- og rombaserte programmet.
- at det etableres et robust program for teori, simulering og data-analyse som kan utnytte de investeringer som er gjort og vil gjøres innen romfysikk.
- at infrastrukturen og stor-skala fasilitetene innen romfysikk i Norge utvikles i sammenheng med en styrking av nasjonalt næringsliv.

#### **UiO**

Evalueringskomiteen fremhever instrumenteringsutviklingen for rombasert virksomhet ved UiO med fokus på Langmuir prober som å være av fremragende kvalitet og vil kunne spille en nøkkelrolle i framtidige multi-satellittprosjekter og derigjennom oppnå en betydelig internasjonal posisjon. De påpeker imidlertid at

- gruppa er overbelastet med prosjekt i forhold til bemanningssituasjonen
- UiO bør etablere bedre rutiner for produksjon, kalibrering og distribusjon av data, noe som vil styrke både rakettprogrammene og instrumenteringsprogrammet.
- Kobling mellom teori og instrumenteringsprogrammet åpner muligheter for å studere fundamentale prosesser med anvendelser utover nordlysfysikk.

#### **UiB**

Evalueringskomiteen fremhever den internasjonalt ledende aktiviteten i bygging av rominstrumentering. Fokuset er på røntgen- og gammadetektorer. Grappa er av underkritisk størrelse, og komiteen anbefaler at gruppa styrkes med fokus på kjerneaktivitetene. Man anbefaler også å balansere det rombaserte programmet med bakkebasert program, og at dette sees i nasjonalt perspektiv.

#### **UiT**

Komiteen anbefaler at UiT fortsetter sitt engasjement i utviklingen av EISCAT\_3D og finner økonomiske muligheter for nyansettelser når så mange går av med pensjon. Komiteen nevner også potensialet for betydelig synergi mellom gruppa for jordobservasjon og romfysikk ved IFT. UiT bør utarbeide en strategiplan og se den i lys av et nasjonalt perspektiv.

#### **UNIS**

Komiteen påpeker viktigheten av teoristøtte til observasjonene. De etterlyser også en formell prosedyre for å imøtekomme vitenskapelige prioriteringer fra et større miljø. Dette er ikke et problem i dag, men vil være en fin mulighet i en større sammenheng hvor spesielt optiske observasjoner kan inngå i globale klimamodeller. Flere postdoktorer og PhD studenter vil være ønskelig.

#### **FFI**

I forbindelse med arbeidet med en nasjonal strategiplan for romfysikk, anbefaler evalueringskomiteen at FFIs kompetanse og virksomhet innen midlere – og øvre atmosfærefysikk vurderes overført til universitetssektoren.

### 2.1.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget

#### Anbefalinger til institusjonene

##### UiO

- Bemanningen innen STAR-programmet bør styrkes med minst to fast vitenskapelige ansatte i løpet av de nærmeste årene, dels for å ta høyde for den økende aktiviteten innen de rom- og instrumenteringsbaserte virksomhetene, og dels for å sikre den teoretisk/numeriske plasmafysikkvirksomheten hvor hovedpersonene nærmer seg pensjonsalderen.
- Dersom atmosfæreforskningen ved FFI overføres til UiO og blir integrert i STAR, vil STAR kunne bli en aktuell samarbeidspartner også for geofysikk ved at dette muliggjør kopling av romfysikk og klimafysikk i Norge. Dette er prosesser som bør tuftes på en nasjonal strategi for norsk romfysikk.

##### UiB

- Bemanningen bør økes i henhold til evalueringskomiteens anbefalinger for å styrke kjerneaktivitetene.

##### UiT

- UiT bør sørge for å gjøre nyansettelser innen romfysikk som har interesse av å benytte den bakkebaserte forskningsinfrastrukturen i Nordområdene. Dette blir spesielt viktig for å kunne utnytte EISCAT\_3D.
- Plasmalaboratoriet bør vurderes brukt til probetesting i samarbeidet med Andøya Rakettskytefelt. UiT bør styrke sitt samarbeid med Andøya Rakettskytefelt.
- På grunn av budsjett situasjonen vil UiT være avhengig av drahjelp fra eksterne kanaler (f.eks. Forskningsrådet) i en overgangsfase for å sikre rekrutteringen til romfysikkgruppa.

##### UNIS

I lys av evalueringa, SIOS og gruppas sammensetning anbefales det nyansettelse i en stilling for midlere atmosfære. Postdoktor, Ph.D og teknisk personell vil være ønskelig for å kunne utnytte infrastruktur, som f.eks. KHO, SPEAR og EISCAT, optimalt. Videre anbefales det å knytte SVALSAT til UNIS gjennom å opprette en stilling i fjernmåling ved UNIS.

##### FFI

I forbindelse med arbeidet med en nasjonal strategiplan for romfysikk, anbefaler utvalget at FFIs kompetanse og virksomhet innen midlere – og øvre atmosfærefysikk vurderes overført til universitetssektoren.

#### Anbefalinger til Forskningsrådet

- Romforskningsprogrammet bør videreføres og øke sitt bevilgningsnivå betydelig (jf. kapittel 3).
- For å utnytte eksisterende nasjonal kapasitet og kompetanse bør Forskningsrådet støtte opprettelsen av en forskerskole innen rom- og plasmafysikk.
- Det er viktig at Forskningsrådets rolle i forbindelse med SIOS tydeliggjøres og bidrar til sikring av SIOS' overordnede mål. Forskningsrådet må gjennom forskningsmidler hjelpe til å bygge opp en nødvendig nasjonal forskningskapasitet til å utnytte SIOS.



- Forskningsrådet bør bidra til å sikre Norges deltagelse i EISCAT\_3D.
- Forskningsrådet bør etablere noen overordnede strategiske mål for Romforskningen, som inkluderer ESA-deltagelsen og applikasjoner mot sikkerhet og suverenitet i nordområdene (for eksempel betydning for næringsutvikling, maritim virksomhet og satellittbasert infrastruktur).

### **Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet**

- Sikre at større infrastrukturer understøttes av forskningsmidler (for eksempel ESA, EISCAT og SIOS).
- Opprettholde og styrke Norges medlemskap i ESA (anbefaling til Næringsdepartementet)

## **2.2 Biofysikk og biologisk fysikk**

### **2.2.1 Bakgrunn/virksomhet i Norge**

Fysiske og matematiske begrep, formelle verktøy og instrumentering brukes i en stadig økende grad i å forstå grunnleggende struktur, egenskaper og funksjoner til biologiske system og hvordan ulike eksterne agens påvirker disse. Fysikken er således en brobygger mellom forståelsen av den grunnleggende molekylære oppbygging av all levende materie til moderne biologi og medisin. Distinksjonene mellom biofysikk, biologisk fysikk, medisinsk fysikk og medisinsk teknologi er ofte mere konvensjonell enn reell og avspeiler ikke nødvendigvis store forskjeller i faglig innretning. I dette kapitlet vil for enkelthets skyld termen *Biofysikk* benyttes som et samlende navn på all relatert virksomhet i Norge.

Det er ulike aktiviteter innen biofysikk på flere steder ved de fysikkinstitusjonene som er inkludert i Fysikkevalueringen 2010. De mest omfattende virksomhetene finner en ved UiO, NTNU, UiB, UMB, ofte i samarbeid med universitetssykehusene. I tillegg er det noe aktivitet også andre steder, som f.eks. ved UiT og SINTEF. Det er lite eller intet faglig overlapp mellom forskningsaktivitetene ved de ulike institusjonene.

#### **UiO**

Ved Fysisk institutt er det en egen forskningsgruppe for *Biofysikk og medisinsk fysikk* (3 fast ansatte). I tillegg er det en virksomhet innen medisinsk teknologi og instrumentering (1 fast ansatt) som springer ut fra gruppa for Elektronikk. Biofysikk i Oslo er historisk sentrert rundt strålingsfysikk og strålingsbiologi og har et tett samarbeid med relevante institusjoner i regionen. Virksomheten er fokusert rundt effekter av ioniserende stråling på molekylært, cellulært og organismenivå. De to første områdene drives hovedsakelig i UiO-laboratorier mens det tredje området utgjør det sentrale samarbeidsfeltet med sykehusene. Den lokale virksomheten er sentrert rundt to laboratorier; Cellelaboratoriet og EPR laboratoriet.

- *Cellelaboratoriet* arbeider med effekter av stråling på celler i kultur og har egne fasiliteter for celledyrking, biokjemi og karakteriseringsteknikker. Effekten av lave doser og lave doserater på celledød og celleoverlevelse står sentralt.
- Aktivitetene ved *EPR laboratoriet* fokuserer på effekter av ioniserende stråling på molekylnivå, der forståelsen av prosesser knyttet til avsetningen av strålingsenergi i DNA og proteiner analyseres ved eksperimentelle teknikker og ved teoretisk modellering. Det arbeides også aktivt med metodeutvikling for klinisk strålingsdosimetri.

- Ved elektronikkgruppa er det en *Gruppe for bioimpedans* som i tett samarbeid med Oslo Universitetssykehus/Rikshospitalet utvikler biomedisinsk instrumentering basert på måling av biologiske vevs elektriske egenskaper.

## NTNU

Ved Institutt for Fysikk er det en egen, i hovedsak eksperimentell, seksjon for *Biofysikk og medisinsk teknologi* (8 fast ansatte). Denne omfatter fysikkbaserte studier av biologiske molekyler, celler, organismer og materialer. Videre inngår studier av fysiske effekter, så som f.eks. stråling, på biologiske systemer. Seksjonen er inndelt i forskningsgruppene Medisinsk fysikk, Biooptikk og fotobiofysikk, Biologiske polymerer og Bionanoteknologi.

- *Medisinsk fysikk* omfatter diagnostisering og behandling av sykdommer. Avbildningsteknikker basert på røntgen/computertomografi, ultralyd og magnetisk resonans, samt optiske teknikker er viktig i diagnostikk.
- *Biooptikk og fotobiofysikk* er en gruppe som tilbyr avansert instrumentering og ekspertise innenfor biofysisk-biologisk avbildning. Det drives aktivitet innenfor et bredt område av problemstillinger hvor det tas i bruk konfokalmikroskopi, to-fotonspektroskopi, optisk koherens-spektroskopi, fluorescensspektroskopi samt reaksjonsspektroskopi på forskjellige biomolekyler.
- *Biologiske polymerers* funksjon er avhengig av deres tre-dimensjonale indre organisering eller evne til å danne høyere ordens strukturer.
- Innenfor *bionanoteknologi* fokuseres det på karakterisering av naturlige nanostrukturerte materialer og fabrikasjon av nanostrukturer inspirert av naturen. Denne virksomheten ble påbegynt i 2006 som en del av *Nanolab*-initiativet som har som formål å føre flere grener av nanoteknologi sammen innen ett laboratorium.

## UiB

Ved Institutt for fysikk og teknologi (IFT) ved UiB finner en medisinsk teknologiutvikling som en del av virksomhetene i de fleste faggruppene. Det arbeides i hovedsak med problemstillinger innen medisinsk diagnostikk (PET, akustikk/ultralyd), tungione- og nøytron-detektorfysikk, hypertermi og optiske applikasjoner, alt i tett samarbeid med Haukeland Universitetssykehus og MedFak, UiB. Det er således flere av det fast tilsatte personalet som er involvert i disse aktivitetene, men disse arbeider parallelt også med andre problemstillinger.

## UMB

UMB har kun to fast ansatte biofysikere, men begge de to viktigste aktivitetene er koplet inn i en større institutt-satsning innen Beregningsorientert biologi. Virksomhetene omfatter et beregnings-basert nevrobiologisenter og en miljøbiofysikk-gruppe.

- *Miljøfysikk*: Planter påvirkes av varierende stressfaktorer i miljøet, viser ofte hurtig respons og er derved potensielt gode indikatorer på slike faktorer. Det er utviklet eksperimentelle metoder kombinert med billedanalytiske teknikker og modellering for *in situ* å kunne kvantifisere både temporale og romlige endringer hos planter eksponert for ulike stressfaktorer, som f.eks., troposfæriske ozonvariasjoner.
- *Beregningsbasert nevrofysikk*: Modellering og store numeriske simuleringer gjøres for mekanistiske matematiske modeller for nerveceller og nevralt nettverk. Gruppa jobber også mye med å knytte resultater fra nevralt simuleringer til målbare størrelser som, for eksempel, EEG.

## **Andre**

Som nevnt ovenfor finnes det mindre biofysikkaktiviteter noen andre steder enn de som er nevnt her. Disse er ikke eksplisitt diskutert i Fysikkevalueringen og representerer ofte enkeltprosjekter innen faggrupper som har andre hovedaktiviteter, som for eksempel signalanalyse, elektronisk instrumentering eller optikk. Disse virksomhetene vil ikke bli behandlet ytterligere her.

### **2.2.2 Anbefalinger fra Evalueringskomiteen**

Evalueringskomiteen uttrykker generelt at virksomhetene ved NTNU, UiO og til dels UMB er meget gode, mens de mindre aktivitetene synes vitenskapelig svake og framtvinger spørsmål om relevans. Utvalget fremmer kun få anbefalinger både generelt og til de ulike fagmiljøene.

#### **Generelle kommentarer**

- Aktivitetene innen biologisk fysikk ved UiO, UMB, NTNU, UiB og UiT kunne med fordel fokuseres og koordineres noe. Ved de største universitetene er aktiviteten imidlertid av meget høy kvalitet. Dette representerer et område som ville egne seg for et multidisiplinært forskningssenter hvor fysikkaktivitetene kunne lenkes opp mot relevante grupper i biologi og medisin.
- Biologisk fysikk ved UiT og UiB er eksperimentell og for tiden størrelsesmessig klart underkritisk. Det anbefales å vurdere konsekvensene av å fokusere støtten fra Forskningsrådet til de større aktivitetene (NTNU, UiO, UMB).

#### **Spesifikke kommentarer**

##### **UiO**

- I lys av aldersprofilen til personalet innen fagområdet anbefales det på det sterkeste å gjøre en gjennomgripende strategianalyse for virksomheten framover. Her bør både vekselvirkninger med det øvrige fysikkmiljøet og det sterke medisinske miljøet i Osloregionen tas hensyn til.

##### **NTNU**

- Evalueringskomiteen anbefaler sterk og økende støtte til den faglige virksomheten her.

##### **UMB**

- Evalueringskomiteen anbefaler en videre oppbygging av miljøet innen beregningsbasert biologi til et stabilt nivå på 15-20 personer.
- Gruppen i miljøfysikk anbefales å knytte sterkere kontakter til sterke miljøer innen plantefysiologi og liknende virksomheter i prosessen å utvikle en internasjonal kompetitiv forskningsgruppe.

### **2.2.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

#### **Anbefalinger til institusjonene**

##### **UiO**

- Gruppen har meget god faglig styrke innen strålingsfysikk og -biologi samt medisinsk fysikk og bør arbeide aktivt for å styrke denne kompetansen. Midlertidige stillinger bør benyttes for å trekke de interne miljøene bedre sammen.
- En mere aktiv holdning til Life Science-initiativet bør kunne trekke gruppa sterkere inn i andre grunnforskningsbaserte universitetsinterne virksomheter slik at

sykehussektoren ikke blir den eneste nasjonale samarbeidspartneren. Et SFF-initiativ sammen med MedFak vil styrke en slik profil.

- Bio-impedansgruppa (Elektronikk) er mere teknologisk orientert, men med denne kompetansen kan de representere et verdifullt tilskudd til den mere anvendte delen av strålingsbiologiforskningen, både innen METOXIA og innen andre konstellasjoner.
- En klar faglig strategisk plan (minst 5 år) for den totale virksomheten bør utarbeides.

## **NTNU**

- Det meget høye nivået på forskningen kan opprettholdes og forsterkes ytterligere ved å bygge videre på de tradisjoner som er etablert de siste årene. I tilknytning til satsing på numerisk fysikk er det naturlig for biofysikkgruppa å engasjere seg i modellering av biosystemer. En finansiering av igangsatt SFI initiativ og deltakelse i SFF med aktuelle aktører vil kunne sikre langsiktig finansiering som et viktig grunnlag for videre utvikling av aktiviteten.
- Biofysikkgruppa bør bygge videre på det gode samarbeidet med optikkgruppa, Institutt for bioteknologi, flere institutter ved Det medisinske fakultet, NTNU NanoLab, nasjonale samarbeidspartnere både innenfor og utenfor fysikkmiljøene, og internasjonale partnere. NTNUs tematiske satsingsområde Medisinsk teknologi og NTNU NanoLab er viktige premissgivere i en slik prosess.

## **UiB**

- Virksomhetene er spredt over flere faggrupper, stort sett med personale som i hovedsak er opptatt av andre problemstillinger. Dersom UiB ønsker å øke denne virksomheten bør dette synliggjøres gjennom for eksempel et nytt satsningsområde eller 'cluster' med medlemmer fra de ulike faggruppene. Innen et slikt initiativ kan institusjonen kanalisere egenandeler eller KD-stipendiater/postdocs. Dette vil også lettere muliggjøre en samlet profil mhp. utdanningstilbudet innen medisinsk fysikk og teknologi i Bergen.

## **UMB**

- En bevisst holdning til videreutvikling av miljøet innen beregningsorientert biofysikk og styrking av nasjonale kontakter kan være viktig. Både ved NTNU og UIO er det sterke beregningsbaserte fysikk-miljøer og felles initiativer i form av større søknader til Forskningsrådet vil kunne gi nye frihetsgrader.
- Miljøbiofysikkvirksomheten er underkritisk og må styrkes med både fast(e) stilling(er) og midlertidige stillinger. Et tettere samarbeid med andre nasjonale miljø innen plantefysiologi og innen billedanalyse rettet mot biologiske problemstillinger vil styrke den faglige profilen på gruppas aktiviteter.
- Det er viktig for institusjonen bevisst å se til at personalet gis tilstrekkelig tid og ressurser til å utføre forskning. Institusjonen bør stille med egenandeler til søknadsprosjekter i form av midlertidige stillinger. En faglig strategisk plan for virksomheten bør utarbeides.

De faglige virksomhetene ved disse fire institusjonene er tilstrekkelig ulike til at utstrakt forsknings-samarbeide neppe er realistisk. Men det er viktig å holde kommunikasjonskanalene åpne og faglige nasjonale eller nordiske møter bør videreføres, enten innen dagens ramme av Norsk Fysisk selskap eller eventuelt innen en ny samarbeidsramme. Det er i hovedsak på undervisningssiden det kan være aktuelt å gå i tettere samarbeide for UiO, NTNU og UMB, kanskje også UiB. NTNU har en sterk posisjon når det gjelder grunnutdanning av medisinske fysikere i Norge med i gjennomsnitt 11 årlige

masteroppgaver innen medisinsk fysikk, med hovedvekt på medisinsk avbildning og stråleterapi. Det arbeides ved UiO med å opprette en ny studieretning innen Medisinsk fysikk. Gruppen har de siste årene uteksaminert 10 masterkandidater i Biofysikk og medisinsk fysikk pr. år. Som en del av et studieplanarbeid kan det være aktuelt å opprette nasjonale modul-baserte intensiv-kurs på Master/PhD nivå. NTNU har siden 1992 tilbudt regelmessige forskerkurs innen ioniserende og ikke-ioniserende strålings biologiske effekter, samt strålingsdosimetri. En kan se for seg muligheten for en videreutvikling, med en nasjonal forskerskole på PhD nivå. En kritisk fase for opprettholdelse og videreutvikling av forskning og dermed forskningsbasert undervisning innen medisinsk fysikk kommer snart i forbindelse med avgang for nøkkelpersonell i løpet av de nærmeste årene (1 prof og 3 prof II ved NTNU, 2 prof ved UiO).

## 2.3. Numerisk fysikk

### 2.3.1 Bakgrunn/virksomhet i Norge

Numerisk fysikk vil spille en økende rolle som ”en tredje vei” i fysikkforskningen i Norge, så vel som i resten av verden. Økende regnekraft og bruk av effektive og nøyaktige numeriske metoder innebærer at en rekke problemstillinger som før var utenfor rekkevidde for numeriske beregninger, nå kan gjøres. Dette inkluderer problemstillinger innenfor nevrobiologi, komplekse og uordnede systemer, sterkt korrelerte systemer, kosmologi og materialvitenskap. Tradisjonelle problemstillinger innenfor for eksempel fluidmekanikk er nå også innenfor rekkevidde for en kvantitativ tilnærming ved bruk av avanserte simuleringer; eksempler inkluderer turbulente strømnings, aero- og hydroakustikk og microfluidics. Norsk næringsliv vil i økende grad i tiden fremover være avhengig av kompetanse innenfor avanserte numeriske beregninger for å opprettholde og styrke sin konkurransevne.

Som oftest involverer disse problemstillingene numerisk tungregning, som Norge har betydelige ressurser allokeret til. Tungregnerressursene i Norge har blitt bygget opp gjennom et tett samarbeid mellom Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI, nå met.no) og tungregnemiljøer ved universitetene og har vært begrunnet i behovene for pålitelig værmelding (blant annet for den oljerelaterte virksomheten i Nordsjøen) og behovene innen beregningsorientert fysikk, kjemi og geofysikk. I de senere år har behovene økt sterkt og nye brukergrupper har kommet til. Tungregneinfrastrukturen er i dag nasjonalt koordinert gjennom et prosjekt (NOTUR) som inngår i eVITA-programmet i Norges forskningsråd med betydelig egenfinansiering fra de fire største universitetene. NOTUR tilbyr nødvendig infrastruktur (maskiner, drifting, avansert brukerstøtte) for at norske forskere skal få utført sine beregninger på en god og effektiv måte. I løpet av de siste 10 årene er det gjort investeringer for flere hundre millioner kroner i superdatamaskiner og nødvendig infrastruktur. Dette har gjort Norge til en ledende nasjon innenfor flere områder i vitenskapelige numeriske beregninger. Ved alle de største universitetene finnes det forskergrupper i fysikk som i utstrakt grad benytter seg av tunge beregninger. Disse inkluderer astrofysikk, kondenserte mediers fysikk, biofysikk atomer og subatomær fysikk som bruker og utvikler i stor grad GRID-teknologi. Også forskningsinstituttene benytter seg i dag av tungregning. Betydningen av avanserte simuleringer forventes å øke i framtiden.

## UiO

Ved Institutt for teoretisk astrofysikk utgjør tunge numeriske beregninger en integrert og meget viktig del av forskningen i både solfysikk, kosmologi og plasmafysikk som involverer de fleste studenter og ansatte. Numeriske magnetohydrodynamiske, strålingshydrodynamiske

og PIC-baserte simuleringer, samt utvikling av dataanalysemetoder basert på moderne Monte Carlo-metoder fra beregningsorientert statistikk er tyngdepunkter. Solfysikk- og kosmologigruppene ved ITA er blant de tyngste brukerne av alle NOTUR-installasjonene. I tillegg brukes store lokale regneressurser og beregningsressurser ved bl.a. NASA Advanced Supercomputing Division.

Fysisk institutt har flere grupper som er tungt inne i store og omfattende numeriske beregninger. Instituttet har en egen forskningsgruppering i Computational Physics, som består av forskere fra flere grupper. Forskningen er rettet mot multiskalaprosesser med ulike fysikkanvendelser, fra kvantemekaniske *ab initio* metoder, via DFT til molekylærdynamiske simuleringer og studier av statistiske egenskaper. Grupperingen er en sentral aktør i Computers in Science Education (CSE)-prosjektet, og vil delta aktivt i en framtidig utvikling av CSE med mål å søke om å bli et Senter for Fremragende Undervisning. CSE har fått status som et nasjonalt satsingsfelt.

Partikkelfysikkgruppa har de siste 4 år ledet et stort EU prosjekt i GRID-teknologi (KNOWARC). NOTURs ressurser brukes for å analysere data fra LHC, og produksjon av data ved Monte Carlo simuleringer. En annen gruppe som har meget tung virksomhet i numerisk fysikk er gruppa for avanserte materialer og komplekse systemer (AMKS). Dens numeriske forskning retter seg mot kompleks hydrodynamikk og er basert på nye algoritmiske tilnærmelser til strømningsproblemer, spesielt for granulær strømning. Gruppa har også utviklet hybridbeskrivelser av flerfasestrømning i porøse medier. Innen materialfysikk finnes det en sterk og voksende virksomhet innen elektron- og atomstrukturberegninger basert på DFT. Disse er også nært knyttet til eksperimentell forskning ved UiO.

## **NTNU**

Ved Institutt for fysikk ved NTNU foregår det utstrakt aktivitet i numerisk fysikk innen studier av granulære materialer, superledere og superfluider, lysspredning på ru overflater, to-fase-strømning, og båndstrukturberegninger. Fem av instituttets professorer er involverte i aktivitetene. Tungregneaktiviteten er i hovedsak knyttet til NOTUR-installasjonene. Det foregår et betydelig internasjonalt samarbeid i alle de fem forskningsgruppene.

## **UiB**

Institutt for fysikk og teknologi har flere grupper som er tungt inne i store og omfattende numeriske beregninger. Forskningsgrupper innen høyenergi kjerne- og partikkelfysikk bruker NOTURs tungregningsressurser som en del av de internasjonale GRID ressursene som er tilgjengelige for dataanalyse av LHC på CERN samt analyse av data fra Monte Carlo simuleringer. Forskningsgruppa innen atomfysikk bruker supercomputing for numerisk løsning av tidsavhengig Schrödinger-ligning.

## **UMB**

Ved UMB utgjør store numeriske simuleringer av nevrale nettverk på superdatamaskiner en avgjørende del av forskningen innen beregningsorientert nevrovitenskap (hvor nevrofysikk inngår). Denne forskningsgruppa omfatter per i dag omtrent 15 personer. Forskningsaktiviteten er knyttet til utvikling og bruk av store simulatorer for nevrale nettverk og dataverktøy for å analysere elektriske måledata fra hjernen.

## **FFI**

Gruppa for numerisk hydrodynamikk og turbulens ved FFI er i betydelig utvikling. I 2010 består den av 7 ansatte og 1 postdoktor, og 3 av de ansatte har bistillinger som professor

II. Grappa har et betydelig internasjonalt samarbeid og er siden 2008 en vitenskapelig ”node” i et Senter for Fremragende Forskning (SFF): Center for Biomedical Computing (CBC), ledet av Simula Research Laboratory på Fornebu. I 2009 investerte FFI i en ny 128-kjerners regnemaskin. Arbeidet i grappa vil bli videreført og regnemaskinen gradvis oppgradert.

### **2.3.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen**

Evalueringskomiteen tar ikke for seg numerisk fysikk (computational physics) spesifikt, men peker på den avgjørende betydningen adgang til moderne tungregneanlegg har (s. 25) og at disse ressursene må kontinuerlig oppdateres (s. 26). Videre pekes det på betydningen numerisk fysikk har for mange av forskningsgruppene (astrofysikk, teoretisk og eksperimentell fysikk, i tillegg til beregningsorientert nevrovitenskap og fluid mekanikk). Evalueringskomiteen peker på (s. 42) at det finnes et stort potensiale for samspill mellom teoretisk fysikk og computational physics både på undervisningssiden og innen forskning. Konkret foreslås det en forskerskole i numerisk fysikk.

### **2.3.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

Innen forskning, bør universitetene ta mål av seg, med sin lange tradisjon innen numerisk tungregning, å arrangere nasjonale forskerskoler i numerisk fysikk. Dette kan fortrinnsvis gjøres i forbindelse med arrangement av internasjonale konferanser i computational physics der man allerede har samlet betydelige kapasiteter innen feltet. I alle fall ved UiO og NTNU er det naturlig at slike forskerskoler også vektlegger computational nanoscience, siden fysikere ved disse institusjonene bør være sentrale aktører i storskala-satsingen MINALab og NANOLab.

### **Anbefalinger til institusjonene**

#### **UiO**

Det bør være en strategi for Fysisk institutt å legge til rette for at ressurspersonene skal etablere et felles forum som en ramme for styrket samarbeide innen sentrale fagområder som material- og nanovitenskap, plasma- og romfysikk, kjernefysikk og høyenergi partikkelfysikk. Styrket samarbeid med beregningsmiljøene ved ITA og UMB bør også søkes gjennom dette.

#### **NTNU**

Numerisk fysikk bør integreres i undervisningen på alle nivåer.

#### **UMB**

Satsingen på beregningsorientert biologi på UMB, hvor biofysikkmiljøet står sentralt, bør videreføres. Samarbeid på tvers av institusjonsgrenser anbefales sterkt.

## **FFI**

Det anbefales at FFI søker å etablere et tett samarbeid med universitetene innen numerisk fysikk for å bidra til en styrkning av den nasjonale aktiviteten innen turbulens og strømningsfysikk. Dette kan for eksempel skje via deltidsstillinger ved universitetene og gjennom medveilederskap for Ph.D. og M.Sc. studenter.

### **Anbefalinger til Forskningsrådet**

Finansieringen av NOTUR bør videreføres og styrkes. Adgang til moderne tungregneinfrastruktur er av avgjørende betydning for numerisk fysikk (og mange andre fagområder) og en langsiktig finansiering på nasjonalt nivå er nødvendig for en effektiv ressursutnyttelse. Det er her viktig å dekke behovene både for spiss-ytelse ("capability computing") og volum-ytelse ("capacity computing", data-klynger, GRID-computing). Delfinansiering av nasjonale forskerskoler i regi av de store universitetene i numerisk fysikk anbefales. Delfinansiering av årlige nasjonale konferanser i computational physics kan også være et virkemiddel til å fremme samarbeid på tvers av institusjonsgrenser.

### **Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet**

KD anbefales å vurdere opprettelsen av forskningsprogrammer innen beregningsorientert naturvitenskap (inkludert fysikk, kjemi, biologi) på linje med programmet som finnes innenfor beregningsorientert matematikk. Numerisk fysikk er en relativt ung subdisiplin i fysikk. Det er derfor viktig at i den grad programmer opprettes, gis feltet en viss grad av frihet når det gjelder problemstillinger som kan være aktuelle å ta opp innen programmene.

## **2.4. Materialfysikk og kondenserte mediers fysikk**

### **2.4.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge**

Forskningen innen kondenserte faser og materialfysikk er typisk tverrfaglig og involverer flere institutter og fakulteter i universitetene og i forskningsinstituttene. Det representerer det klart største fagfeltet i fysikk i Norge. Aktivitet foregår i dag ved UiO, NTNU, IFE, SINTEF og UiB. I tillegg er det en begrenset aktivitet ved UiS. På et overordnet nivå er det en positiv utvikling innen dette feltet, med en økning i total bemanning, forskningstema og bevilgning (i forhold til forrige fysikkevaluering).

Bare de gruppene som har blitt evaluert og omtalt i evalueringsrapporten vil bli diskutert i det følgende.

Hovedområder for den eksperimentelle forskningen ved UiO er bred-båndgap halvledere og halvleder teknologi, materialer for solenergi, termoelektriske materialer, struktur og egenskaper på nanonivå, fluksbevegelse i superledere, magnetooptisk avbildning og magnetisk partikkel-manipulasjon, granulære medier og porøse materialer. På teorisiden arbeides det med modellering av kompleks hydrodynamikk for granulær strømning og flerfasestrømning i porøse medier, samt transport i lavdimensjonale og mesoskopiske systemer. Aktivitetene holder gjennomgående et meget høyt internasjonalt nivå.

Ved NTNU er den eksperimentelle forskningen orientert mot studier av materialstrukturer på nanoskala, myke materialer og komplekse systemers fysikk, funksjonelle og strukturelle



materialers fysikk, adsorpsjonsfenomener på metalliske overflater, organisk elektronikk og tredje-generasjons solcellematerialer. Den teoretiske aktiviteten ved NTNU spenner over vekselvirkende mangepartikkelsystemer, komplekse systemer, nanoskala- og mesoskala elektroniske egenskaper til små systemer, kvantemekanisk spinn- og ladningstransport samt spinndynamikk i superledere og halvledere, ferromagnetiske halvledere og kvantekritiske fenomener.

Ved UiB er hovedaktiviteten relatert til framstilling av nanoskala karbonmaterialer og utvikling av et heliumatommikroskop med fokus på ikke-ledende overflater, spesielt biofunksjonaliserte overflater. Dessuten er gruppa i ferd med å etablere en ny elektronstråle litografi-fasilitet.

Ved IFE er aktivitetene relatert til syntese og karakterisering av materialer for hydrogenlagring, struktur og magnetiske egenskaper til komplekse oksider, komplekse systemer og myke materialer, samt nanokarbon materialer. Den evaluerte gruppa er også ansvarlig for bruk av forskningsreaktoren JEEP II for nøytronspredningsundersøkelser av materialstruktur.

Forskningen ved SINTEF omhandler blant annet detaljerte studier av utfellinger og utfellingssekvenser i aluminiumslegeringer og *ab initio* modellering av tynnfilmer og grenseflater i solcellestrukturer og termoelektriske materialer for å få en atomistisk forståelse av geometriske og elektroniske strukturer i materialene.

#### **2.4.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen**

På basis av evalueringen er det behov for følgende overordnede tiltak innen kondenserte faser og materialfysikk:

- En større del av forskningsaktivitetene bør ha en tett interaksjon mellom eksperimentelt og teoretisk arbeid.
- Forskningen på fornybar energi bør styrkes, bl.a. gjennom å initiere tettere samarbeid mellom kjemimiljøer og materialmiljøer. Energirelatert materialforskning er også et naturlig område å videreutvikle og styrke samarbeidet internasjonalt.
- State-of-the-art instrumenter og fasiliteter er kritisk innen dette feltet og virkemiddelapparatet som adresserer dette må videreutvikles og styrkes. Her er særlig NORTEM satsingen ved SINTEF/NTNU/UiO og oppbyggingen av fasiliteter på Kjeller i tilknytning til ESS i Lund viktig å realisere. I tillegg må grunnfinansieringen av den nasjonale storskala infrastrukturen NorFab ved NTNU-NanoLab og UiO/MiNa-lab sikres.
- Miljøene bør øke aktivitetsnivået i EU-forskning, og finansieringsmodellene for norsk deltagelse i EU-prosjekter bør styrkes.
- Etablere nasjonal forskerskole innen materialfysikk og prioritere å arrangere nasjonale faglige møter innen kondenserte mediers fysikk (som de gamle Rondablikkmøtene og NANOMAT-møtene). Slike møter styrker nasjonale nettverk og gjør at forskjellige grupperinger blir mer kjent med den totale aktivitet innen feltet.
- Mulighetene for langsiktig finansiering må være tilstede, hvor de frie programmene står sentralt. Tildeling av midler til FRINAT må derfor økes.

- Det er viktig å ha en stabil og forutsigbar finansiering for fundamental materialforskning i Norge. NANOMAT-programmet, som nå er i en avslutningsfase, må derfor videreføres. Likeledes bør følgeforskningsprogrammet for synkrotron- og nøytronforskning sikres et tilstrekkelig budsjett.

## **UiO**

AMKS gruppa bør søke organisering innen et SFF og slå sammen aktiviteten innen granulære materialer, strømning og frakturering med fysikkdelen av PGP, samt se på mulige koblinger mellom sin nanofysikk virksomhet og den i Elektronikkgruppa.

Det anbefales en sterkere kobling mellom Fysikalsk elektronikk og kondenserte fasers teori med sikte på å styrke teori og modelleringssiden. Instituttet bør vurdere en sammenslåing av Strukturfysikk og Fysikalsk elektronikk for å styrke de eksperimentelle aktivitetene. Fysikkvirksomheten innen PGP bør styrkes ved flere stillinger og kobles til Complex nettverket. Strukturfysikkgruppa bør få mer fokus og klarere prioriteringer. NORTEM initiativet bør støttes av Forskningsrådet, men plassering av ny TEM instrumentering må bestemmes (UiO eller/og NTNU).

## **NTNU**

Gruppa for komplekse materialer kan skape et SFF sammen med tilsvarende grupper ved UiO og IFE. Den bør søke mer industrielt samarbeid og samarbeid med Gruppa for kondenserte mediers fysikk med mål å slå sammen de to gruppene.

Gruppa for kondenserte mediers fysikk må søke å slå sammen aktiviteter for å nå kritisk masse på enkelte utvalgte områder og ikke begrense seg til metodeutvikling og anvendelse. Gruppa bør nyttiggjøre seg av og bidra til utviklingen av Nanolab ved å bidra til aktiviteter på nanostrukturerte materialer, nanomagnetisme og nanofotonikk, samt se på overlapp med aktiviteter ved andre institutter ved NTNU (elektronikk og materialer). Videre utvikling av NORTEM prosjektet er viktig for norsk materialforskning. Mer involvering av industrielle partnere og av andre brukere i finansieringen av analyseverktøyene er nødvendig. Gruppa for kondenserte medier teori bør prøve å bidra til utviklingen av aktivitetene ved Nanolab og bør lede til at spinntronnikk blir en større aktivitet ved Nanolab. Gruppa bør også forbedre samarbeidet med andre eksperimentelle grupper i kondenserte faser/materialvitenskap i Norge.

## **UiB**

Nanovitenskap er ett av seks hovedsatsingsområder ved UiB og Institutt for fysikk og teknologi bør ha en klar strategi for hvordan dette kan oppnås gjennom den videre utviklingen av gruppa for nanofysikk. Gruppa må søke å bli mer uavhengig av sin industrielle samarbeidspartner på nanokarbon og den øvrige nano-aktiviteten bør fokuseres mot utvalgte tema. Bidrag til nanovitenskap fra andre grupper bør oppmuntres, men gruppa trenger en styrkning av staben. Koordinering mot lignende virksomheter ved andre institusjoner er viktig i den videre utviklingen, f.eks. Nanolab ved NTNU.

## **UiS**

Gruppa for diffraksjonsfysikk bør forsøke å integrere sin ekspertise mer mot annen nærliggende kompetanse. Den eksperimentelle aktiviteten må økes og velge problemer innen materialvitenskap av interesse for UiS eller andre institusjoner som for eksempel metallurgi

ved SINTEF, og bør skape muligheter for den teoretiske modelleringsaktiviteten. Samarbeidet om utestasjonen ved ESRF i Grenoble kan utvides til flere andre brukere og muliggjøre samarbeid også ved installasjoner som HASYLAB og MAX IV.

### **IFE**

Samarbeidet med UiO og NTNU om bruk av nøytronfasilitetene på Kjeller og synkrotronstråling ved ESRF bør utvides til å gjelde også andre norske universiteter. Utviklingen av nye materialer, for eksempel innen hydrogenlagring, kan komplementeres ved DFT simuleringer og vil kreve nyrekruttering eller mer samarbeid med eksterne grupper. Kjeller-reaktoren må spille en nøkkelrolle i oppbyggingen av ESS både når det gjelder instrument- og metodeutvikling og kunnskapsoverføring og utdanning. Reaktoren vil være viktig også etter at ESS er ferdigstilt som et sted for forberedelser og utprøving av metoder, materialer og apparatur for ESS. Nøytronspredning har blitt mer relevant på områder som f.eks. overflater og grenseflater, og dette krever nytt og tilpasset utstyr. For å støtte alle aktivitetene vil det være nødvendig å øke både staben og finansieringsnivået.

### **SINTEF**

Aktiviteten på Si solceller i materialfysikkgruppa er i oppstartfasen og trenger en klar strategi som sees i lys av den internasjonale utviklingen på feltet. Dette vil kreve sterkere samarbeid med andre forskningsinstitutter og universiteter i Norge for å skape et ledende team innen feltet, og selvsagt samarbeid med den viktigste industrien. Modellerings- og simuleringsaktiviteten bør økes og fragmenteringen reduseres for å nå kritisk masse på de feltene en arbeider. Teorivirkosomheten innen energirelaterte materialer krever mer koordinering med andre grupper som arbeider med materialvitenskap. Gruppa er avhengig av tilgang til moderne infrastruktur og spesielt innen elektronmikroskopi trengs oppdateringer. Det trengs nasjonal planlegging fra Forskningsrådet ved fornyelser av dyr instrumentering slik som aberrasjonskorrigert TEM, og gruppa spiller en viktig rolle her.

## **2.4.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

### **Anbefalinger til institusjonene**

#### **UiO**

- Bedre koordinering og samarbeid mellom teoretisk og simuleringsbasert virksomhet i gruppene for Teoretisk fysikk, AMKS, Fysikalsk elektronikk og Strukturfysikk.
- Dannelse av et "Centre for complex matter science" med basis i AMKS-gruppa og fysikkaktiviteten under PGP, i samarbeid med "Complex"-miljøene ved NTNU og IFE. Senteret bør søke finansiering under SFF-ordningen eller infrastrukturmidler.
- Samarbeide med NTNU om sommerskole i kondenserte mediers fysikk.
- Kondenserte faser/nanofysikk bør styrkes med en teoretiker, helst koblet opp mot eksisterende eksperimentell aktivitet på fysikkfenomen innen superledere og halvledere.
- Styrking av forskningssamarbeid og undervisning knyttet til SFE på "Solar cell technology" med kobling mot MiNaLab.
- Sammen med NTNU og SINTEF sikre grunnfinansiering av den nasjonale storskala infrastrukturen *NorFab*.
- Sammen med NTNU og SINTEF styrke den nasjonale TEM-aktiviteten, bidra til et tettere faglig samarbeid nasjonalt og internasjonalt og søke finansiering av

instrumentoppgraderinger innen elektronmikroskopi (NORTEM). Herunder anbefales det å fortsatt bygge opp kompetanse innen avanserte elektronmikroskopiske metoder for avbildning, diffraksjon og spektroskopi.

- Sammen med IFE og NTNU sørge for at det bygges opp kompetanse innen avanserte nøytronforskningsmetoder, slik at Norge fullt ut kan utnytte den europeiske spallasjonskilden ESS når denne kommer i drift etter 2020, samt opprettholde den nødvendige kompetanse innen synkrotronbasert røntgenspredning.
- Den eksperimentelle virksomheten på superledning bør styrkes til minst to permanente stillinger for å komme over kritisk masse.
- Senter for Materialvitenskap og Nanoteknologi (SMN) bør få en struktur og organisering som omfatter all relevant eksperimentell og teoretisk virksomhet ved Fysisk og Kjemisk institutt, men med et fokus på, og stor frihet for, de faglige grunnaktivitetene.

## **NTNU**

- Institutt for fysikk bør ansette flere forskere og postdoktorer for å styrke strategiske områder. Internt samarbeid bør styrkes.
- Bør søke å arrangere sommerskole hvert andre år i kondenserte medier fysikk i samarbeid med UiO med ansatte og eksterne toppforskere som forelesere.
- NANOLAB bør utnyttes bedre av IFT fysikere, ved for eksempel at brukeravgifter dekkes sentralt.
- Sterkere kobling mellom NANOLABs virksomhet og teoriaktiviteter, ved for eksempel støtte fra NANOLAB til teoriprojekter og utlysning av teoristilling knyttet opp mot NANOLAB-aktiviteter.
- Mellomfinansiering fra NTNU sentralt for å sikre kontinuitet i prioriterte fagområder.
- Bidra til styrking av det nasjonale Complex-nettverket (UiO-NTNU-IFE) gjennom søknader på SFF og storskala infrastruktur
- NTNU Nanolab oppfordres til å opprette et samarbeid med det nye Nano-laboratoriet i Bergen.

## **UiB**

- Styrke koblingen mellom basal fysikk og anvendt forskning rettet mot material- og nanoteknologi.
- Organisere og integrerer aktivitetene innen nanovitenskap med større fokus på grunnleggende forskning og mindre mot teknologisk støtte til industrien. Bør søke samarbeid med tilsvarende miljø ved andre institusjoner, f.eks. NTNU og UiO.

## **UiS**

- Samordne virksomhetene innen diffraksjonsfysikk og deler av teoretisk fysikk med mål å skape et livskraftig miljø innen teori og modellering.
- Den eksperimentelle aktivitet innen synkrotron diffraksjon som har hovedvekt mot ESRF, bør søke å knytte seg sterkere til og samarbeide med lignende aktiviteter ved UiO, NTNU og IFE.
- Undervisningsbelastningen på fysikkmiljøet ved UiS bør reduseres, for eksempel ved tilsetting av mer personell.

## **IFE**

- Bør søke finansiering for et nøytronforskningscenter ("Randers-Riste Center") i tilknytning til JEEP II reaktoren på Kjeller. Dette blir norsk node mot European Spallation Source (ESS) i Lund.

- Bør styrke båndene til de større universitetene i Norge ved å inngå samarbeidsavtaler om nøytronbruk og opplæring ved IFE, tilrettelegge for studenter og gjesteforskere og videreføre støtte til professor-II stillinger innen material/nøytronforskning ved universitetene.
- Bidra til styrking av det nasjonale Complex-nettverket og lignende nettverk på andre fagområder gjennom søknader på SFF eller storskala infrastruktur.

## **SINTEF**

- Lage klare mål og strategi for Si solcellevirksomheten
- Koordinere og styrke virksomheten innen materialmodellering, og koble denne sterkere mot karakteriseringsvirksomheten. En bør søke tettere samarbeid med lignende aktiviteter ved NTNU og UiO.
- Styrke kompetansen innen synkrotron røtgenspredning gjennom samarbeid med tilsvarende miljøer ved NTNU, UiO (SMN) og IFE. En bør søke samarbeid med IFE på områder der nøytronspredning er relevant med sikte på å bygge opp kompetanse mot en framtidig utnyttelse av ESS.
- Være en pådriver for å realisere en fornyelse av TEM instrumentparken i Norge
- Være en aktiv partner i Forskningscenter for Miljøvennlig Energi (FME) innen solcelleteknologi (FME-SOL) og lignende nasjonale initiativ.
- Styrke samarbeidet med de store universitetene gjennom støtte til professor-II stillinger innen relevante områder av material karakterisering og modellering.

### **Anbefalinger til Forskningsrådet**

NANOMAT-programmet, eller et tilsvarende program, må opprettholdes for å holde materialforskning i Norge på et internasjonalt konkurransedyktig nivå. I tillegg må FRINAT styrkes betraktelig.

### **Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet**

Mindre føringer på forskningsmidlene, styrking av de frie programmene i Forskningsrådet for å få hevet kvaliteten på de forskningsprosjektene som støttes.

## **2.5. Astrofysikk**

### **2.5.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge**

Bare de gruppene som har blitt evaluert og omtalt i evalueringsrapporten vil bli diskutert i det følgende.

Faget astronomi og astrofysikk har, på tross av et i følge evalueringsrapporten faglig meget høyt nivå, et svært lite volum i Norge i forhold til de land man gjerne sammenligner seg med. I forhold til folketallet har Norge ca. halvparten av det antall universitetsansatte astronomer/astrofysikere på postdoktor- eller høyere nivå (medlemmer av den internasjonale astronomiske union IAU), som Sverige, Danmark og Finland har. Helt spesielt i Norge i forhold til disse, og nær sagt alle europeiske land, er at den alt vesentlige aktiviteten er konsentrert til ett institutt (Institutt for teoretisk astrofysikk, Universitetet i Oslo). De andre nordiske land har fra 2 til 5 institutter av størrelse som Institutt for teoretisk astrofysikk. Det lille volumet, og spesielt at aktiviteten hovedsakelig kun er ved ett institutt, er årsaken til den

relativt lille bredden i faget, en mangel på bredde som evalueringsrapporten påpeker. Norge mangler en eller to astronomi-forskningsgrupper av størrelse omtrent halve ITA (ca. 5 faste vitenskapelige stillinger) ved andre universiteter. Hadde Norge hatt det, ville vi ha organisert oss mer likt det de har i de land vi gjerne sammenligner oss med. Dette ville ha muliggjort en større nasjonal bredde.

## **UiO**

Institutt for teoretisk astrofysikk (heretter ITA), med en historie tilbake til 1834 (opprettelsen av Universitetets astronomiske observatorium) er det eneste institutt eller forskningsgruppe av vesentlig størrelse i astronomi og astrofysikk i Norge. Instituttet har i dag totalt 49 ansatte, hvorav 12 faste vitenskapelige, dedikert til astronomi og astrofysikk. Dette er en typisk størrelse for et astronomi-institutt eller en astrofysikk-forskningsgruppe ved sammenlignbare universiteter internasjonalt. ITA har, grunnet sin relativt beskjedne størrelse, valgt å konsentrere virksomheten om 2 – 3 områder, for å kunne holde høy kvalitet på disse. Forskingen foregår i dag innen to hovedområder, solfysikk og kosmologi. I tillegg er det en meget liten plasmafysikk-gruppe (hjelpedisiplin til romfysikk og astrofysikk, virksomheten har imidlertid vært lite knyttet til astrofysikk) som er integrert med gruppa for rom- og plasmafysikk ved Fysisk institutt. Solfysikk-gruppa er av MN-fakultetet ved UiO utpekt som et av 13 toppforskningsmiljøer, mens kosmologigruppa er utpekt som et av 17 utviklingsmiljøer, begge med spesiell prioritet på ressurser.

## **NTNU**

Institutt for fysikk ved NTNU har en mindre gruppe i astropartikkelfysikk (2 aktive faste vitenskapelige), dvs. fysikk i grenselandet mellom subatomær fysikk og astrofysikk. En del av forskningen på ultrahøyenergetisk gammastråling kan klassifiseres som astrofysikk, men gruppa er her nærmere omtalt under subatomær- og astropartikkelfysikk.

## **UiB**

Ved Institutt for fysikk og teknologi ved UiB er det i gruppa for subatomær fysikk en forskningsvirksomhet i astropartikkelfysikk i startfasen, ledet av en nyansatt forsker. Dette er nærmere omtalt under subatomær- og astropartikkelfysikk.

## **UiS**

En liten gruppe ved Institutt for matematikk og naturvitenskap ved UiS forsker innen teoretisk kosmologi, til dels i samarbeid med forskere ved ITA ved UiO.

### **2.5.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen**

#### **Faget astronomi og astrofysikk nasjonalt**

Evalueringskomiteen har med bakgrunn i fagets offentlige interesse og nåværende raske utvikling identifisert astronomi/astrofysikk (inklusive kosmologi) som et fag der Forskningsrådet og universitetene bør ta et spesielt nasjonalt initiativ.

Større bredde på astronomi og astrofysikk enn det som i dag er representert ved Institutt for teoretisk astrofysikk i Oslo bør finnes nasjonalt (med bl.a. å etablere forskningsaktivitet på fenomener på størrelsesskalaer mellom solen og universet som helhet). Sannsynligvis er det en nasjonal nødvendighet med slik øket bredde.

Denne økede bredden må ikke nødvendigvis bygges opp i Oslo, den kan godt bygges ved en ny satsing i for eksempel Trondheim, Bergen eller Stavanger, men den må koordineres nasjonalt med Oslo i en ledende rolle. Ved oppbygging av nye astronomi/astrofysikkgrupper må det utarbeides en nasjonal strategi for faget. Etter dette kan en mekanisme for nasjonal koordinering etableres.

Et moment i en nasjonal strategi er forholdet mellom astrofysikk og andre områder i fysikk, for eksempel plasmafysikk, romfysikk, geofysikk, beregningsorientert fysikk og elementærpartikkelfysikk.

Et norsk medlemskap i ESO må vurderes alvorlig av Forskningsrådet og andre nasjonale myndigheter.

### **UiO/Institutt for teoretisk astrofysikk**

Instituttet er et sterkt, internasjonalt ledende senter. Det bør bli, eller bli del av, et senter for fremragende forskning i Oslo.

Komiteen oppmuntrer instituttet til å ta en mer aktiv nasjonal rolle.

Den høye kvaliteten skyldes bl.a. at instituttet har konsentrert sin virksomhet om to forskningsområder (grupper).

Disse to hovedgruppene representerer ytterpunkter i den kosmiske avstandsskalaen, men det er likevel fellestrekk mellom gruppene. Begge er storbrukere av regnekraft, både lokalt og gjennom NOTUR, og det er helt avgjørende å opprettholde disse ressursene. Det pekes videre på mulighet for vekselvirkning kosmologi-solfysikk innen strålingshydrodynamikk (tidlige univers, galaksedannelse etc., i tillegg til sol- og stjerneatmosfærer).

Komiteen støtter instituttets utredning av muligheten for å åpne et tredje forskningsområde.

Instituttet har lagt vekt på å bevare sin identitet og fokuserte administrasjon, og dette har så langt vært medvirkende for instituttets suksess.

Instituttet har potensial til å øke bredden mot for eksempel sol-jord sammenheng, men det vil kreve ekstra ressurser.

Evalueringskomiteen støtter at gruppa for celest mekanikk ikke er videreført etter gruppeleders avgang.

Evalueringskomiteen stiller spørsmål ved om det er fornuftig å la plasmafysikk-gruppa opphøre etter at gruppeleder blir pensjonert, da det burde finnes behov for ekspertisen i kinetisk plasmateori både i romfysikk (Fysisk institutt) og i solfysikk.

### **Institutt for teoretisk astrofysikk: Kosmologigruppa**

Den trenger finansiering av QUIET-deltagelsen etter 2011.

Den må finne den rette balanse mellom arbeid med nåværende romprosjekter (Planck) og forberedende arbeid for framtidige (Euclid); den ser ut til å ha denne balansen nå.

Grappa bør øke nasjonalt samarbeid, både med Fysisk institutt ved UiO og med små grupper ellers i Norge (astropartikkelfysikk-gruppa i Trondheim, den framtidige astropartikkelfysikk-gruppa i Bergen og kosmologi-gruppa i Stavanger).

På lang sikt kan det være negativt for gruppa at instituttet ikke har større bredde i astrofysikk (hvis forskningsfronten i kosmologi beveger seg i retninger som for eksempel krever mer detaljert kompetanse på galakser/galaksedannelse).

### **Institutt for teoretisk astrofysikk: Solfysikkgruppa**

Grappa er blitt så sterk som den er i stor grad ved å fokusere virksomheten.

Evalueringskomiteen mener at gruppa nå er tilstrekkelig sterk til å vurdere en noe bredere virksomhet. Mulige utvidelsesretninger er mot sol-heliosfære og sol-jord. (I et annet kapittel sies også stellar astrofysikk).

En nasjonal strategisk beslutning om deltagelse i EST (European Solar Telescope) er nødvendig, dette må sees i sammenheng med et eventuelt norsk medlemskap i ESO (European Southern Observatory).

### **2.5.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

#### **Anbefalinger til UiO/Institutt for teoretisk astrofysikk**

- Instituttet deltar i neste SFF-søknadsrunde, enten alene eller i samarbeid med andre.
- Instituttet er med på arrangement av nasjonalt møte for kosmologi og astropartikkelfysikk for å vurdere mulighetene for større nasjonalt samarbeid.
- Instituttet arbeider aktivt for å sikre finansiering av nasjonal (NOTUR) og lokal regnekraft.
- Instituttet overveier i sin strategiutvikling de mange forskjellige forslag fra evalueringskomiteen om mulige utvidelser av forskningsvirksomheten.
- Instituttet arbeider for å sikre norsk deltagelse i internasjonale forskningsinfrastrukturer, både bakkebaserte som QUIET og EST og rombaserte gjennom ESA-medlemskapet. I denne sammenheng er bl.a. opprettholdelse av følgeforskningsprogrammer i Norges forskningsråd en viktig faktor.
- Plasmafysikks stilling i Norge må tas opp nasjonalt.

#### **Anbefalinger til Forskningsrådet og Kunnskapsdepartementet**

En større nasjonal satsing på astronomi/astrofysikk nasjonalt, kanskje ved et eller flere andre læresteder utenfor UiO, slik evalueringskomiteen anbefaler, bør vurderes. Et stort nasjonalt romforskningsprogram som foreslått i Forskningsrådets rapport "Rom for forskning" vil kunne bidra til dette. Dette må sees i sammenheng med politiske og industrielle interesser for et eventuelt norsk medlemskap i ESO.



Astronomi/astrofysikk er, etter elementærpartikkelfysikk, den mest ressurskrevende disiplin i de fysiske fag, og er helt avhengig av adgang til store forskningsinfrastrukturer. For et lite land som Norge må alle slike være internasjonale, men foruten deltagerkontingent må det sikres ressurser til forskningsmessig utnyttelse (både personellmessig, instrumentbygging, driftsutgifter for forskere og når det gjelder tungregnekapasitet).

De aller viktigste infrastrukturer, både i dag og i overskuelig framtid, er de norske forskere får adgang til gjennom det norske medlemskapet i den europeiske romorganisasjonen ESA. Utnyttelse av dette medlemskapet for forskning i astronomi/astrofysikk må ha første prioritet. På grunn av nødvendig langsiktighet i denne type forskning krever dette (på linje med utnyttelsen av CERN-medlemskapet) et langsiktig følgeforskningsprogram i Forskningsrådet.

Nasjonale tungregnerressurser gjennom NOTUR er avgjørende for både den teoretiske forskning i astrofysikk og for analyse av data fra observatorier og eksperimenter.

For at faget astronomi/astrofysikk skal være levende kreves det også adgang til internasjonale bakkebaserte infrastrukturer. I dag er QUIET og SST (Swedish 1m Solar Telescope), og til en viss grad NOT (Nordisk Optisk Teleskop), de viktigste som norsk astronomi/astrofysikk deltar i. I forholdsvis nær framtid vil SST erstattes av EST (European Solar Telescope). Norsk deltagelse i dette vil være avgjørende for solforskningen. Deltagelse i bakkebaserte infrastrukturer utover de som er nevnt må utredes nøye, ut fra forskningsmessig interesse og tilgjengelige ressurser (inklusive de menneskelige ressurser som skal utnytte dem).

Et norsk medlemskap i ESO (European Southern Observatory) og dets framtidige E-ELT (European Extremely Large Telescope) vil måtte forutsette en i størrelsesorden 50% økning i faste vitenskapelige stillinger i astronomi/astrofysikk i Norge. Uten dette vil det ikke være tilstrekkelige menneskelige ressurser til både å utnytte godt mulighetene vi får gjennom ESA-medlemskapet og til å gjøre god forskning med ESO/E-ELT. En beslutning om norsk medlemskap i ESO må fattes på overordnet nasjonalt nivå (Departement, Forskningsråd) og må fattes parallelt med en avklaring av framtidig volum på de nasjonale ressurser i faget astronomi/astrofysikk.

## **2.6. Subatomær- og astropartikkelfysikk**

### **2.6.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge**

Bare de gruppene som har blitt evaluert og omtalt i evalueringsrapporten vil bli diskutert i det følgende.

Subatomær fysikk er et av de sterkeste felt i norsk fysikk med sterke grupper i Oslo (UiO), Bergen (UiB) og Trondheim (NTNU). Aktiviteter omfatter partikkel og kjernefysikk og er i stor grad finansiert fra CERN-følgeforskning. Partikkelfysikk har sterke vitenskapelige bånd til astropartikkelfysikk; kjernefysikk omfatter høyenergi tungione-fysikk og lavenergi kjernestruktur. En ny æra er i ferd med å starte for eksperimentell høyenergi partikkel og kjernefysikk med data fra Large Hadron Collider på CERN.

Aktiviteter i høyenergi partikkelfysikk og tungione-fysikk (høyenergi kjernefysikk) er finansiert over Forskningsrådets program for CERN-relatert fysikk. Per i dag er det eksperimentelle programmet fokusert hovedsakelig om ATLAS og ALICE eksperimentene ved LHC på CERN. Denne aktiviteten bygger på tidligere deltagelse av norske grupper i

fasiliteter som LEP (CERN), BaBar og RHIC (USA). UiB og UiO hadde tett samarbeid i ATLAS-instrumentering ved konstruksjon av silisium detektorer. De norske ALICE gruppene har for en stor del ansvaret for PHOS detektoren og «high level trigger». Det er nå viktig å utnytte ferske data som kommer fra LHC. I forbindelse med LHC databehandling spiller norske grupper en ledende rolle i GRID-teknologi. Et stort EU prosjekt i GRID middleware ble ledet fra UiO. Det finnes også lavenergi eksperimentell aktivitet knyttet til ISOLDE på CERN og syklotronen i Oslo. Gruppen ved UiB har planlagt også å bidra til et eksperiment i astropartikkelfysikk. Noen av tungione-fysikerne i UiB og UiO har interesse i FAIR. Instrumenteringsaktiviteten i tungione- og partikkelfysikkgruppene har ledet til interessante spin-off aktiviteter i medisinsk fysikk (PET og tungione-terapi) ved UiB og UiO.

## **UiO**

Subatomær fysikk omfatter høyenergi eksperimentell partikkelfysikk (3 professorer), høyenergi eksperimentell kjernefysikk (1 professor), høyenergi teoretisk kjernefysikk (1 professor), og kjernestrukturgruppa (3 professorer, to førsteamanuensis). Gruppestrukturen er slik at tungionefysikere og kjernestrukturfysikere er gruppert sammen med en liten gruppe innen anvendt soltermisk forskning. Aktivitetene er for en stor del koordinert av prosjekt-ledere, ikke av gruppeledere. Eksperimentell partikkelfysikk har høykvalitets aktiviteter i LHC data analyse, detektorutvikling for ATLAS eksperimentet og GRID-utvikling. Vitenskapelig ledelse er eksellent og det finnes tett nasjonalt (UiB), internasjonalt og lokalt samarbeid (teori).

Tungioneaktiviteter innen eksperiment, instrumentering og teori er meget gode. Det fins veldig godt nasjonalt, internasjonalt samarbeid og gode kontakter med industri (SINTEF). Kjernestrukturgruppa består av en numerisk/teoretisk- og 4 lav-energi kjernefysikk fast vitenskapelig personale, hvorav den ene i hovedsak arbeider med anvendt soltermisk forskning. Den beregningsteoretiske kvantefysikken er rettet inn mot mange-legeme kjernefysikk og er av høy kvalitet. Den eksperimentelle kjernestrukturfysikkvirksomheten er sentrert rundt syklotronlaboratoriet som nå er en del av senteret SAFE sammen med radiokjemigruppa ved Kjemisk institutt. Gruppa er medlem av ISOLDE-eksperimentet ved CERN. Virksomheten har sterkt nasjonalt, nordisk og internasjonalt samarbeid.

## **NTNU**

En professor er aktiv i termisk QCD og en i astropartikkel-fenomenologi. Gruppa er attraktiv for studenter og har god vitenskapelig produksjon, men er underkritisk i størrelse. Det er 4 Ph.D.-studenter i gruppa.

## **UiB**

Gruppa har 6 professorer, 3 postdoktorer og 14 stipendiater. Det finnes tre undergrupper: eksperimentell partikkelfysikk (3 professorer), eksperimentell tung-ione fysikk (2 professorer) og partikkelteori (1 professor). Aktivitetene i eksperimentell partikkelfysikk er hovedsakelig innen ATLAS eksperimentet. Tung-ione fysikken er hovedsakelig i ALICE. Det finnes også detektor R&D i samarbeid med mikroelektronikk-gruppa. ATLAS-aktivitetene bygger på tidligere arbeid i eksperimenter ved Large Electron Positron collider (LEP) ved CERN, samt eksperimenter ved FERMILAB og SLAC (BaBar). ALICE bygger på tidligere samarbeid i Brookhaven-eksperimenter. Det er en ny tenure track-stilling fra Bergen Forsknings Stiftelse for aktiviteter i eksperimentell astropartikkelfysikk og ATLAS. Alle i gruppa har sterkt nasjonalt (UiO), nordisk og internasjonalt samarbeid.

Tungione gruppa har meget god aktivitet i ALICE detektor komponent bygging (PHOS og high level trigger), med sterke bånd til Høgskolen i Bergen også innenfor IT utvikling. Vitenskapelig ledelse er meget god. Eksperimentell partikkelfysikk har høykvalitets aktiviteter i BaBar data analyse og i ATLAS detektor og dataanalyse forberedelse. Partikkelteori gruppa har meget gode aktiviteter i fenomenologi tilknyttet LHC-programmet med eksellent kvalitet og produktivitet kun begrenset av gruppas størrelse.

## **2.6.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen**

### **UiO**

Det anbefales at en stilling i streng eller faststoff teori kan bli en «rådgiver» til gruppa. En realistisk strategi for å bidra til akselerator R&D trengs, kanskje en stilling for NORDUCLIC samarbeide. I høy-energi kjernefysikk er det fare for at FAIR aktiviteter kan defokusere ressurser for mye. Det er et strategisk spørsmål som gruppe og institutt bør svare på hvorvidt støtten til syklotronlaboratoriet skal videreføres.

### **NTNU**

Gruppa bør styrkes med nye (fornye) stillinger i astropartikkelfysikk, eller flytte til andre universiteter eller aktiviteter. Tett samarbeid med andre norske grupper (for eksempel ny astropartikkelfysikk aktivitet i Bergen og CERN-relaterte QCD-aktiviteter ved UiO og UiB) er anbefalt. Gruppa trenger flere MSc og PhD studenter.

### **UiB**

Fokusere på ATLAS og ALICE aktiviteter, integrere ny astropartikkelfysikk aktivitet uten å svekke ATLAS. Forberede en plan for langsiktig kontinuasjon av partikkelfysikk teori-aktiviteter. Tungione-aktiviteten bør forsterke samarbeidet mellom teori og eksperiment. I kjernefysikk er det fare for at FAIR aktiviteter kan oppta uforholdsmessig store ressurser, noe som bør unngås.

## **2.6.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

### **Anbefalinger til institusjonene**

#### **UiO**

Fysisk institutt bør vurdere å knytte partikkelfysikkgruppa og tungione kjernefysikkgruppa tettere sammen i en felles satsing som også inkluderer teoretisk og numerisk kompetanse. I samsvar med anbefalingene fra evalueringskomiteen, bør aktivitetene styrkes med tilførsel av en eksperimentell partikkelfysiker og en eksperimentell tungionefysiker (høyenergi kjernefysikk). Instituttet bør være tilbakeholdende med hensyn på en sterkere involvering i FAIR og fokusere mot ALICE data-analyse og oppgaver i forbindelse med planlagte oppgraderinger. I lys av oppgraderingene ved Syklotronlaboratoriet de senere årene, samt den betydelige bemanningsøkningen nylig, anbefales det at virksomheten støttes videre med fokus på tekniske oppgraderinger på detektorsiden. Kjerne-energivirksomheten innen SAFE-samarbeidet bør videreføres og styrkes i tett samarbeide med spesielt IFE. Mer om virksomheten ved SAFE kommer under kapittel 2.8 Energi og miljøfysikk.

Det anbefales at miljøene ved UiO inntar en mer aktiv rolle i samarbeid med astropartikkelfysikk-grupper ved UiB og NTNU og med kosmologi ved UiS. Felles ressurser for utvikling av massiv datanalyse kan være en basis for et slikt samarbeide.

Dersom den soltermiske virksomheten skal tas videre bør dette skje under paraplyorganisasjonen Senter for materialvitenskap og nanoteknologi (SMN) ved MN-Fakultetet, UiO.

## **NTNU**

NTNU bør vurdere om det er mulig å opprette minst en ny stilling i teoretisk astropartikkelfysikk i sin langtids bemanningsplan, som erstatning for at tre senior teoretikere går av innen få år.

## **UiB**

Det anbefales å styrke grunnleggende eksperimentelle fysikkaktiviteter. Instituttet skulle spille en aktiv rolle for å støtte samarbeide mellom forskjellige grunnfysikkgrupper og mellom grunnfysikk og teknologi. Instituttet bør vurdere å knytte en del av mikroelektronikkgruppa til subatomærfysikkgruppa. IFT bør forberede en plan for langsiktig kontinuasjon av partikkelfysikk teori-aktiviteter. Hvis KD vurderer å satse på astronomi og astrofysikk på samme nivå som det satses i andre nordiske land burde instituttet bruke muligheten til å bli det andre norske astronomi og astrofysikksenter med tett samarbeide mellom astrofysikk, astropartikkelfysikk og subatomær fysikk.

## **Anbefalinger til Forskningsrådet**

Teoretisk subatomær/partikkelfysikk er noe som ikke naturlig faller inn under de store programsatsingene i Forskningsrådet. Relevante prosjekter bør derfor ha en vel definert tilgang på prosjektmidler i CERN følgeforskningsprogrammet, som ellers bør økes for å gi rom for en bedre utnyttelse av medlemskapet i CERN. For å gi grunnforskningsaktivitetene innen sektoren videre muligheter for styrking, står de frie programmene i Forskningsrådet sentralt. For dette spesielle fagfeltet er en styrking av FRINAT, FRITEK og FRIENERGI av vesentlig betydning.

## **Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet (KD)**

Videreføre CERN medlemskap og styrke CERN følgeforskning.

## **2.7. Teoretisk fysikk**

### **2.7.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge**

Bare de gruppene som har blitt evaluert og omtalt i evalueringsrapporten vil bli diskutert i det følgende.

Aktiviteten innen teoretisk fysikk er generelt kjennetegnet ved at anvendelsesområdene er relevante for mange subdisipliner innen fysikken. I tillegg er forskningsgruppene i teoretisk fysikk blant dem som har den tydeligste grunnforskningsprofil. Skillet mellom forskningen som foregår i de dedikerte forskningsgrupper i teoretisk fysikk og teoriforskning i andre grupper er ikke alltid skarpt definert, men følger evalueringskomiteens rapport, samt organisasjonskartene fra institusjonene, eksisterer betydelige teorigrupper (i klassisk forstand) først og fremst ved UiO og UiB. Ved NTNU er det også fremragende forskningsgrupper med teoretisk tilsnitt primært inn mot kondenserte fasers fysikk og astropartikkelfysikk. Ved UiT (med fokus primært på komplekse system) og UiS finnes det mindre grupper.

Generelt har miljøene innen teoretisk fysikk gjennom en årrekke også vært tilknyttet ”Nordic Institute for Theoretical Physics”, NORDITA. Etter 50 år i København ble instituttet flyttet til Stockholm i 2007 og har gjennomgått en spennende og vellykket fornyelse.

### 2.7.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen

Evalueringsutvalget sier at en fortsatt spredning i forskningsaktivitetene vil være holdbar så lenge samarbeidet med fysikkgrupper lokalt og internasjonalt blir videreutviklet. Det foregår i dag samarbeid med ledende forskningsgrupper i utlandet, og i tillegg er det godt samarbeid med store forskningssenter som CERN og NORDITA. Sistnevnte institusjon har i mange år vært et samlingspunkt for teoretikere i Norge og Norden, og etter at NORDITA har fått en ny og vellykket start i Stockholm er norske fysikere aktivt med også der. Evalueringskomiteen anbefaler at NORDITA fortsatt skal spille en sentral rolle for nordisk nettverksbygging. Dette vil på en naturlig måte følge opp de nordiske nettverksprogrammene som i senere tid har vært finansiert av NordForsk og som tildels har vært organisert fra Oslo.

Av konkrete anbefalinger kan man finne:

- Teorigruppa ved fysisk institutt, UiO, bør intensivere kontakten med teoretikere andre steder i Norge, og i Skandinavia. Økt kontakt med kosmologimiljøet ved institutt for teoretisk astrofysikk (ITA) blir også nevnt som fordelaktig.
- Ved UiB anbefaler komiteen økt grad av samarbeid internt i teorigruppene her.
- Astropartikkelgruppa ved NTNU anbefales å vurdere økt samarbeid med relativistisk tungionegruppene ved UiO og UiB (for QCD-aktiviteten), og den eksperimentelle astropartikkelgruppa ved UiB (for kosmisk strålingsfysikk-aktiviteten).
- For den teoretiske kosmologiaktiviteten ved UiS blir det anbefalt å initiere samarbeid med kosmologigruppa ved ITA ved UiO.

Til sist peker komiteen på at miljøene innen teoretisk fysikk vil kunne være en utmerket basis for å organisere en nasjonal forskerskole innen for eksempel anvendt numerisk fysikk.

### 2.7.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget

Generelt vil anbefalingene innen teoretisk fysikk fra Oppfølgingsutvalget samsvare med den internasjonale evalueringskomiteen.

#### **Anbefalinger til institusjonene**

Som et gjennomgående trekk i anbefalingene til institusjonene vil, foruten samarbeidsaspektet, momenter knyttet til innretning på mellomfinansiering (brofinansiering) av stillinger ledige som følge av naturlig avgang være klart signalisert. Innen flere av teorigruppene er enten et generasjonsskifte i ferd med å finne sted, eller vil måtte finne sted i løpet av de neste 3-5 årene.

#### **UiO**

Fysisk institutt har en veldefinert teorigruppe der hovedvirksomheten drives med fokus på grunnleggende problemer innen teoretisk fysikk, særlig kvantefysikk i høyenergi- og

lavenergiområdet. Grappa vil få mange avganger for aldersgrensen framover og instituttet må etablere en strategi for gruppas framtidige aktiviteter.

Oppfølgingsutvalgets anbefalinger er:

- Innen høyenergifysikk bør aktiviteten fortsatt være nært knyttet til den eksperimentelle delen, spesielt LHC, men kan også få et sterkere fokus på gravitasjonsteori og kosmologisk fysikk. Et tettere samarbeid mot ITA bør kunne etableres.
- Innen lavenergifysikk bør aktiviteten følge opp nye problemstillinger innenfor områder som kvanteoptikk, moderne atomfysikk, kondenserte fasers fysikk og innen grunnleggende kvantefysikk og kvanteinformasjonsteori. Samarbeidet mellom teorigrappa samt teoretikere og eksperimentalister innen materialfysikk bør styrkes.
- For begge disse virksomhetene anbefales det videre å styrke samarbeidet med NORDITA i Stockholm og Niels Bohr Internasjonale Akademi i København.

Ved institutt for teoretisk astrofysikk vil deler av virksomheten innen kosmologi kunne omfattes av subdisiplinen ”teoretisk fysikk”.

Oppfølgingsutvalget anbefaler her å

- Øke samarbeidet med teorigrappa ved fysisk institutt (UiO).
- Etablere et tettere nasjonalt samarbeid med relevante miljø, særlig ved UiB, NTNU og UiS.

## **NTNU**

Teoriaktivitetene er inndelt i to hovedområder: teoretisk faststoff-fysikk og astropartikkelfysikk. I tillegg finnes det teoretiske fysikere som arbeider med komplekse systemer.

Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget:

- Aktiviteten innen teoretisk faststoff-fysikk knyttes opp mot den eksperimentelle aktiviteten innen NTNU Nanolab, i større grad enn det som er tilfellet nå.
- Grappa som arbeider inn teoretisk astropartikkelfysikk, og som i liten grad har mulighet for å vinne frem med søknader innen de store programmene i Forskningsrådet, gis mulighet til å konkurrere om frie postdoktor-stillinger internt ved NTNU. I tillegg anbefales at man på lengre sikt tilsetter en fast vitenskapelig ansatt som erstatning for tre avganger innen grappa de neste fem år.

## **UiB**

Teoriaktivitetene er spredt utover flere grupper med fokus på subatomær-fysikk og kvark-gluon plasma. Oppfølgingsutvalget anbefaler å:

- Benytte mellomfinansiering som et virkemiddel for målrettet samarbeid/omstrukturering av gruppene i forbindelse med avgang, samt sikre god rekruttering til faste stillinger ved å vurdere mulighetene for oppstartspakker til nyansatte.
- Øke samarbeidet mellom teorigruppene og mer eksperimentelt pregede aktiviteter ved instituttet.

## UiT

I sin egenevaluering rubriserer Universitetet i Tromsø aktiviteten innen komplekse systemer som ”teoretisk fysikk”. Etter lederskifte ved IFT i april 2010 er det besluttet at aktiviteten i komplekse systemer integreres i en ny forskningsgruppe innen energi- og klimafysikk. Anbefalingene i fysikkevalueringen vil bli tatt til følge innenfor rammen av denne forskningsgruppa, som er beskrevet i kapittel 2.8 Energi- og miljøfysikk.

## UiS

Universitetet i Stavanger har en liten, men betydelig aktivitet inn mot kosmologi, samt mer anvendte prosjekter f.eks. i tilknytning til petroleumsteknologi.

Oppfølgingskomiteen anbefaler å

- Fortsette arbeidet med samordning av realfagstilbudet ved instituttet. Omstrukturering til et felles master- og bachelorprogram i matematikk og fysikk, samt opprettelse av et PhD-program, med vekt på matematisk-fysisk modellering, med dertil øremerking av stipendiat/postdoktor-stillinger i en oppstartsfase.
- Sikre at nødvendige personalressurser allokeres på kort (2-5 år) og mellomlang (5-10 år) sikt. Instituttet må utarbeide en strategisk bemanningsplan - i det minste for å erstatte naturlig avgang innen fagområdet.
- Opprette et programområde innen matematisk-fysisk modellering ved institusjonen.
- Inititere og videreutvikle samarbeid med ITA innen kosmologi - gjerne også gjennom et nasjonalt møte for kosmologi og astropartikkelfysikk; samt styrke og øke fakultetsinternt samarbeid med relevante institutt.

## Anbefalinger til Forskningsrådet

To generelle anbefalinger til Forskningsrådet er entydig utkrystallisert i prosessen:

- Endre/utvide innretningen på programområder, slik at også teori-aktiviteter blir relevante og konkurransedyktige. Dette innebærer en signifikant utvidelse av budsjettet for FRINAT-programmet, slik at flere (kvalitetsmessig på topp) teori-baserte prosjekter kan støttes. Likeledes er det viktig for flere teori-miljø at ”SMÅFORSK-ordningen” videreføres.
- Videre bør også Forskningsrådet tilrettelegge for mekanismer for nasjonal nettverksbygging innen teoretisk fysikk. Dette kan konkretiseres som for eksempel reisestøtte og/eller arrangementsstøtte for nasjonale møter innen teoretisk fysikk. I denne sammenhengen bør støtten til NORDITA økes (se også neste punkt).

## Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet

Betydningen NORDITA har, og har hatt, for nær sagt alle fagdisipliner innen nordisk teoretisk fysikk, kan knapt overvurderes, og fortsatt styrking av instituttet fra Norges side anses som meget viktig. Et miljø preget av verdensledende forskning og syvende konferanseaktivitet, og varig internasjonal nettverksbygging av høyeste kvalitet, har vært (og er) av stor betydning for mange yngre norske teoretikere som senere er rekruttert til faste akademiske stillinger i Norge.

I forbindelse med flyttingen av NORDITA fra København til Stockholm, ble Nordisk Ministerråds (NMR) bidrag til budsjettet halvert, mens resten *p.t.* dekkes delvis av vertsuniversitetene, samt midlertidige bidrag fra det svenske forskningsrådet. Det er av avgjørende betydning å sikre en nordisk forankret finansieringsløsning som gir *kontinuitet og forutsigbarhet*, med minst samme tidsperspektiv som NMRs fireårs syklus (der kontrakten fornyes basert på periodiske evalueringer).

For Norges del foreslås derfor en øremerket bevilgning fra KD (for eksempel via Forskningsrådet), med mulighet for fornyelse hvert 4. år, gjerne basert på NMRs evalueringsrapporter

## **2.8. Energi- og miljøfysikk**

### **2.8.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge**

Energi- og miljøfysikk er et forskningstema ved en rekke av de evaluerte fysikkgruppene. Energi- og miljøfysikk er åpenbart overlappende faglig mot materialfysikk, målefysikk og termisk fysikk samt delvis overlappende mot romfysikk og biologisk fysikk. Det vil således være virksomheter ved institusjonene som naturlig kan omtales i flere alternative seksjoner. En rekke av institusjonene har virksomhet innen slike felt. Virksomhet beskrevet i dette avsnittet må dermed kompletteres med emner beskrevet under andre overskrifter for å få et komplett bilde av energi- og miljøfysikk ved norske institusjoner. De senere år er flere av programmene i Forskningsrådet med relevans for Energi- og miljøfysikk blitt styrket, bl.a. som følge av klimaforliket. Energi og miljøfysikk som fagfelt har stor relevans i viktige klimarelaterte problemstillinger som står høyt på den internasjonale dagsorden.

Med unntak av den nyopprettete gruppa i energi- og klimafysikk ved Universitetet i Tromsø vil bare de gruppene som har blitt evaluert og omtalt i evalueringsrapporten bli diskutert i det følgende.

#### **UiO**

Lavenergi kjernefysikkvirksomheten er sentrert rundt Syklotronlaboratoriet (2 professor, to l. amanuensis). Dette er nå en del av senteret SAFE, et samarbeid mellom Fysisk institutt og kjernefysikkvirksomheten ved Kjemisk institutt. Den faglige virksomheten rundt Syklotronen karakteriseres av høy aktivitet, god internasjonal synlighet og god kvalitet. Gruppa som del av SAFE har aktivitet innen utnyttelse av kjerne-energi konkretisert gjennom en SFI søknad sammen med bl.a. IFE. Personalmessig assosiert til gruppa er det også en anvendt forskningsaktivitet innen soltermisk energi med forankring både i EU-program, nasjonal og internasjonal industriell virksomhet.

Det er stor aktivitet i energifysikk innen materialfysikk-miljøene rettet mot solceller, relevant halvleder og nanoteknologiforskning, brensels-celler og termoelektrisitet, samt innen petroleumsrelatert forskning. Denne virksomheten er omtalt under Kapittel 2.4 – Materialfysikk og kondenserte mediers fysikk.

#### **NTNU**

Gruppe for energi- og miljøfysikk ved NTNU består av fire faste vitenskaplige ansatte samt en rekke PhD og postdoktorer. Virksomheten drives innen et vidt felt; atmosfærefysikk, klimaprosesser, avansert solcelleteknologi og reservoar fysikk. Forskningen innen atmosfærefysikk og klimaprosesser har primært dreid seg om instrumentering for strålingsovervåking. Ny aktivitet omhandler effekten av solstråling på prosesser i den midlere atmosfæren. Reservoar fysikk er primært rettet mot instrumentering for økt utvinning av olje og gass. Solcelleaktiviteten omhandler fremstilling, karakterisering og modellering av



3.generasjons solcellematerialer. I Grappa for Komplekse materialers fysikk foregår det også forskning som er petroleums- og miljø-relatert, og som er omtalt i kapitlet om materialfysikk.

### **UiB**

Aktiviteter relatert til energi- og miljøfysikk omfatter grunnleggende høyenergi teoretisk fysikk (kvark gluon plasma, nukleær halo) samt simulering og modelleringsaktiviteter anvendt på gass- og olje prosess teknologi. Videre kan nevnes transport i multifasesystemer og gass/støvekspløsjoner med tilhørende eksperimentelle aktiviteter. NMR benyttes for å studere fluidstrømmer i porøse media i samarbeide med Center for Integrated Petroleum Research, CIPR. Et prosjekt om makro-skala energiproduksjon basert på en videreføring av brenselcelleaktiviteter er nylig igangsatt.

### **UiT**

Universitetet i Tromsø er i ferd med å oppgradere sitt mastergradsprogram “Energi og miljø i nord” med nye forskningsbaserte spesialiseringer innen energi- og klimafysikk. Dette er en del av en ny strategi for å øke kandidatproduksjonen ved Institutt for fysikk og teknologi, sikre instituttets økonomi og å styrke det interne forskningssamarbeidet, samt å utvikle samarbeid med det nye FRAM-sentret for klima og miljø i Tromsø. I forlengelsen av dette har instituttet besluttet å opprette en ny forskningsgruppe i energi- klimafysikk som i stor grad baserer seg på eksisterende kompetanse innen disse fagområdene.

Det utføres dessuten forskning på høyt internasjonalt nivå innen teoretisk fusjonsfysikk ved UiT. Denne forskningen utføres i samarbeid med nasjonale og internasjonale toppforskere. Det er uheldig for nasjonal fusjonsforskning at Norge ikke er medlem av eller har faglige samarbeidsavtaler i dette feltet med EURATOM. Fusjonsforskning vil inngå i IFT sin nye strategi og vil der falle inn under den nye satsingen på Energi, klima og miljø.

### **UMB**

Ved Institutt for Matematiske realfag og teknologi, UMB er energifysikk et prioritert felt. Tradisjonelt har virksomheten vært rettet mot termisk fysikk og utnyttelse av biomasse til energiformål som biovarme, biogass og bioolje. Denne virksomheten er omfattende og går på tvers av fagdisipliner og institutter innenfor UMB. Den senere tid har det også vært en dedikert satsing på utvalgte nisjer innen solcelleteknologi basert på silisium (fotoluminescens- og levetidsspektroskopi) og fargesensiterte solceller basert på uorganiske halvledermaterialer. Denne aktiviteten er ikke fanget opp av evalueringskomiteen. UMB besitter en unik ubrutt langtidsserie med meteorologiske data fra så langt tilbake som 1870. Et dedikert forsøksfelt til dette formålet er etablert og driftes i samarbeid med Meteorologisk institutt.

### **IFE**

I Fysikkavdelingen på IFE foregår det forskning på materialer for hydrogenlagring. Denne er omtalt i kapittel 2.4 – Materialfysikk og kondenserte mediers fysikk. Ved IFEs avdeling for Solenergi er det bygget opp infrastruktur og kompetanse innen materialfysikk og optikk rettet mot solcelleteknologi. Denne aktiviteten har ikke vært evaluert av komiteen.

### **SINTEF**

SINTEF sine aktiviteter rettet mot energi- og miljøfysikk er primært innen feltet materialer for energikonvertering og -lagring. Dette er nærmere beskrevet under kapitlet omhandlende materialfysikk.

## 2.8.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen

Energi- og miljøfysikk er ikke tatt med som eget punkt i evalueringskomiteens oversikt over totalbildet for fysikkforskning i Norge. Oppfølgingsutvalget er imidlertid av den oppfatning at dette er et så viktig nasjonalt forskningsfelt innen fysikk at vi har valgt å ta dette med som et nytt hovedpunkt. Omfattende aktivitet innen energi- og miljørettet fysikk dokumenteres senere i rapporten som underpunkter i evalueringen av fysikkgruppene ved en rekke av institusjonene. En kortfattet oppsummering av evalueringskomiteens anbefalinger for energi- og miljøfysikkrelatert virksomhet ved de enkelte institusjonene følger:

### UiO

Kjerne- og energifysikkgruppa omfatter i dag tre aktiviteter: Tung-ionefysikk sentrert rundt ALICE-eksperimentet ved CERN, lav-energi kjernefysikk sentrert rundt Oslo Syklotronlaboratorium og SAFE og teoretisk kjernefysikk/computational physics med applikasjoner i hovedsak mot lavenergi kjernefysikk. Det er i tillegg noe soltermisk forskning koplet til gruppa. Evalueringsrapporten inneholder få, om noen, konkrete anbefalinger for de virksomhetene som inngår i denne gruppa, men stiller spørsmål om framtiden til Syklotronlaboratoriet. Senteret SAFE mellom Fysisk og Kjemisk institutt (der Syklotronlaboratoriet er en sentral fasilitet) er faktisk ikke kommentert av Evalueringskomiteen.

### NTNU

For NTNU sin dedikerte gruppe for energi- og miljøfysikk påpekes det høy vitenskapelig og teknologisk relevans samt god publikasjonskvalitet. Evalueringskomiteen påpeker videre at gruppa er svært spredt faglig (atmosfærefysikk, solcellematerialer, reservoar fysikk for olje og gass) og det foreslås at energi- og miljøfysikk reorganiseres og at disse aktivitetene hver for seg slås sammen med andre, mer spissede grupper. Solcellematerialer foreslås eksempelvis overført til kondenserte mediers fysikk.

### UiB

Teoretisk fysikk, energi- og prosess teknologi har virksomhet innen teoretisk høyenergi kjernefysikk samt olje- og gassrelatert energifysikk. Spesielt teoretisk høyenergifysikk blir fremholdt med høy forskningskvalitet. Gruppa for energi og prosess teknologi sin eksperimentelle virksomhet bidrar til nasjonal forskning med god relevans for norsk industri. Den strategiske planleggingen anbefales styrket. Evalueringskomiteen anbefaler at det grunnleggende fysikkaspektet styrkes.

### UMB

Energifysikkgruppa ved UMB har ambisjoner om å dekke et bredt felt innen nye fornybare energikilder. Gruppa får kritikk for å mangle vitenskapelig dybde og agenda. Evalueringskomiteen anbefaler at det gjøres et strategisk grep der gruppa styrer i retning mot grunnforskning i stedet for mer kommersielt orientert virksomhet. Videre anbefales det sterkt å spisse den faglige fokus og øke vitenskapeligheten i virksomheten. Gruppa for landbruksrettet meteorologi er underkritisk (en person) og foreslås slått sammen med gruppa for teoretiske strømningsberegninger av samme størrelse.

### IFE

IFE sin grunnforskning i energi- og miljøfysikk er primært relatert til JEEP II-reaktoren samt energimaterialer for hydrogenlagring- og solcelleformål. Dette står nærmere beskrevet i

kapitlet omhandlende kondenserte mediers fysikk. Komiteen for evaluering av fysikkfagene har ikke evaluert IFEs avdeling for solenergi. Generelt anbefaler evalueringskomiteen overfor IFE at arbeidet med styrking av samarbeidet med nasjonale universiteter og forskningsinstitutter bør fortsette. Fysikkavdelingens store engasjement i forbindelse med ESS bør sikres både finansielt og personellmessig.

### **2.8.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

#### **Anbefalinger til institusjonene**

##### **UiO**

Helhetlig framstår hele dagens Kjerne og energifysikkgruppe som produktiv både med hensyn på publikasjoner og med hensyn på kandidatproduksjon når en dømmer etter den bibliografiske analysen som er en del av Fysikkevalueringssrapporten. Gruppen står imidlertid foran bemanningssmessige og organisatoriske utfordringer som Instituttet må løse i løpet av inneværende år som en del av sitt strategiske arbeide.

Lavenergi kjernefysikkvirksomheten som er en del av SAFE har bred støtte fra MN-fakultetet, og er blitt tilført betydelige ressurser for opparbeiding av infrastruktur og sikring av bemanningssituasjonen. Bl.a. inkluderer dette teknisk støtte til Syklotronen og en betydelig oppgradering av instrumentering og bygningsmasse. Virksomheten bør støttes videre og i lys av oppgraderingene vil Syklotronen være et aktivt forsknings- og utviklingsinstrument i minst 10 år framover.

De beskrevne virksomhetene er viktige ved Fysisk institutt og anbefales videreført innen gitte organisatoriske og faglig strategiske rammer. Dersom den soltermiske energiforskningen skal videreføres bør det skje innenfor rammene av Senter for Materialforskning og nanoteknologi (SMN).

UiO-MiNaLab er en sentral ressurs for energi- og miljøfysikk, som kan utnyttes bedre av fysikere/kjemikere og samtidig katalysere samarbeid mellom eksperimentalister og teoretikere. En grunnfinansiering av UiO-MiNaLab må sikres for å minimere finansielle barrierer for optimal utnyttelse av laboratoriet.

##### **NTNU**

Institutt for Fysikk har vært og er i en periode med mange avganger og utskiftninger av staben. Komiteen foreslår å bruke midler på mellomfinansiering, dvs. tilsetting i nye (strategisk ønskede) faste vitenskapelige stillinger før det blir avganger som gir rom for ordinær finansiering.

Det bør ansettes flere forskere / postdoktorer. Disse kan brukes strategisk til å utvikle et fagområde og fremme samarbeid. En kan se for seg ansettelse av postdoktorer som kan være bindeledd mellom etablerte fagfelt på instituttet, for å øke samarbeidet mellom grupper som i dag ikke arbeider sammen.

NTNU Nanolab er et viktig verktøy i energi- og miljøfysikksammenheng, både som en mulighet som må utnyttes bedre av fysikere, og som et bindeledd for å fremme samarbeid mellom eksperimentalister og teoretikere. Innføring av brukeravgifter ved Nanolab kan lage sperrer mellom forskningsgrupper og hemme fri forskning og faglig forankrede samarbeid.

Framtiden til Energi- og miljøfysikkgruppa bør settes i en strategisk sammenheng sett i lys av evalueringskomiteens anbefalinger om å overføre enkeltaktivitetene i gruppa til andre fagfelt der de naturlig hører hjemme. Dette synliggjør konkret den faglige overlappingen mellom energi- og miljøfysikk og andre felt nevnt under punkt 1.

### **UiB**

Institutt for fysikk og teknologi i Bergen blir i evalueringsrapporten utfordret på bedre samarbeid mellom forskningsgruppene i grunnleggende fysikk, og mellom disse og de mer anvendte gruppene ved instituttet som kan relateres til energi og miljøfysikk. Dette kan best oppnås gjennom tettere samarbeid og omstrukturering av eksisterende grupper, spesielt ved oppfølging av ekstra stillinger over en periode. Dette kan enten være postdoktor-stillinger eller ren brofinansiering av noen av stillingene som vil bli ledige ved avgang den nærmeste treårsperioden. Disse bør i så fall ha en endret faglig innretning som stimulerer til å oppnå ønskede effekter med hensyn på omstrukturering. Instituttet vil da langt raskere kunne gjennomføre en omstrukturering og oppnå viktige deler av det evalueringskomiteen etterlyser.

### **UiT**

Strategiarbeidet ved UiT har resultert i en reorganisering av IFT for å tilpasse seg endrede økonomiske og faglige vilkår. For å håndtere en sterk tilstrømning av studenter som ønsker en utdanning innen Energi-, klima-, og miljøfysikk har IFT i samråd med fakultetet og universitetsledelsen vedtatt å opprette en ny forskningsgruppe. Denne gruppa skal arbeide med energi- og klimafysikk, og den opprettes ved å hente personell fra dagens romfysikkgruppe, dagens gruppe innen dataanalyse og sensorteknologi, og dagens gruppe i komplekse systemer.

Den nye gruppa i energi- og klimafysikk ved UiT er en satsing med vekt på dataanalyse, teori og tverrfaglige tilnærminger, og med sterke koblinger til aktivitetene i romfysikk og jordobservasjon, og til forskningen ved Tromsø geofysiske observatorium. Gruppa bygger på kompetanse/publikasjonsvirksomhet innen plasmafysikk og fusjonsforskning, klimadynamikk, komplekse systemer, rom-klima og sol-jord vekselvirkning, øvre og midlere atmosfæres fysikk, dataanalyse og matematisk modellering. Det planlegges en utvidelse av aktiviteten i bærekraftig energi i retning av geotermisk energi, og at denne aktiviteten innlemmes i det nasjonale nettverket kalt Senter for geotermisk energiforskning. Oppfølgingsutvalget anbefaler denne satsingen, som naturlig fyller en tom nisje i energi- og miljøforskningen i Norge. Når professoren i molekylær kvantemekanikk går av med pensjon, bør denne stillingen utlyses innen energi- og klimafysikk.

### **UMB**

Energifysikk er definert som et satsningsområde for UMB. De senere år er et større studentlaboratorium bygget og oppbygging av forskningsinfrastruktur innen bioenergi og solenergimaterialer er påbegynt. Disse arbeidene bør slutføres. Ansettelse av fast vitenskapelig personale i fysikkfaggruppa bør skje innen de to satsingsfeltene energifysikk og biofysikk. Disse to feltene bør dermed også prioriteres ved tildeling av stipendiater og postdoktorer.

Manglende infrastruktur i form av avansert vitenskapelig utstyr trekkes konkret fram som en negativ faktor – spesielt for fornybar energiteknologi. Laboratoriefasilitetene bør utvides og forbedres.

Antallet som årlig tas opp til studieretningen Miljøfysikk – fornybar energi krever ytterligere vitenskapelige ansatte for forskningsbasert veiledning av et tilsvarende antall masteroppgaver.

Gjeninnføring av en årlig allokering av midler for faste vitenskapelige ansatte. Dette vil igjen kunne utløse ytterligere midler ved bruk som egenandeler i ordninger som Småforsk.

Dagens rutiner for internfakturering av verkstedtjenester og liknende gjør det vanskelig å tilby eksperimentelle masteroppgaver innen energifysikk. UMB bør endre rutiner slik at internfakturering unngås for studentarbeider og nysgjerrighetsdrevet grunnforskning uten egne prosjektmidler. Det er svært viktig for eksperimentell forskning og masterutdanning innen energifysikk at lokal tilgang til et instrument-/finmekanikerverksted opprettholdes.

## **IFE**

Grunnforskningen i fysikk ved IFE anbefales styrket gjennom opprettelsen av et såkalt "Randers-Riste Center" (RRC) i tilknytning til JEEP II reaktoren, og virksomheten bør knyttes sterkere mot European Spallation Source (ESS) i Lund. Fysikkforskningen ved IFE er for en stor del knyttet opp mot bruken av forskningsreaktoren JEEP II på Kjeller. IFE anbefales å videreutvikle og ytterligere internasjonalisere forskningen i tilknytning til reaktoren og bør utarbeide en detaljert plan for et RRC i tilknytning til JEEP II, med en mulig målsetting om å få finansiering gjennom storskala infrastrukturmidler.

Den faglige aktiviteten i Fysikkavdelingen anbefales videreført i perioden fram mot 2020, med et hovedfokus på materialer for energilagring (hydrogenlagring, batterier etc.) samt nanostrukturerte, komplekse materialer som nanokarbon, biopolymerer og komposittmaterialer hvor instituttet har bygget opp kompetanse over lengre tid.

Instituttet anbefales å styrke kontakten til materialforskningsmiljøene på alle de norske universitetene ved å legge bedre til rette for at flere studenter og postdoktorer kan komme til IFE for å gjøre nøytronmålinger. I tillegg til sin nøytron-ekspertise, har IFE også Norges største fagmiljø innen bruk av synkrotronstråling, noe som bør komme besøkende PhD-studenter til gode.

## **Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet (KD)**

Evalueringskomiteen nevner spesifikt Energi og Miljøfysikk som et fagfelt med viktighet på et nasjonalt nivå for et bærekraftig samfunn. Oppfølgingsutvalget for fysikkforskning deler et slikt syn og anbefaler at KD tar hensyn til dette i sine langsiktige prioriteringer.

- **Økte rammebevilgninger til instituttsektoren.** Materialfysikkmiljøet i et institutt som SINTEF har i dag 97,5 % av sine midler fra eksterne oppdragsgivere. Dette fører til høy turnover og liten langsiktighet i forskningen.

## 2.9. Atom- og molekylfysikk og optikk

### 2.9.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge

Fagfeltet omfatter egenskapene til atomer og molekyler og hvorledes de vekselvirker med hverandre og med andre fundamentale partikler inklusive fotoner. Historisk ble kvantemekanikken utviklet på grunnlag av atomfysikken, og fysikere i Skandinavia har spilt en viktig rolle i denne forbindelse. Fagområdet er sentralt for å forstå oppbyggingen av- og prosesser i naturen. I løpet av de siste ti-årene har utvikling av- og utnyttelse av lasere vært revolusjonerende for utviklingen av feltet. Laserens egenskaper har gjort det mulig å studere strukturer og prosesser med høy romlig, temporær og spektral oppløsning. Av denne grunn omtales derfor atom-, molekyl- og optisk fysikk gjerne sammen. Av de mange spennende internasjonale forskningsfeltene på området kan nevnes femtosekunds-tidsoppløste reaksjoner, optisk innfangning og kjøling av atomer og molekyler, Bose Einstein kondensasjon, kvanteoptikk, ulineære prosesser, generering av koherent røntgenstråling, nanooptikk, ultranøyaktige tid- og lengde målinger, fjernmåling, med mer. Det er sterke koblinger mellom fysikk, kjemi, biologi og teknologiske anvendelser innenfor dette området.

Forskningsaktiviteten i Norge innen atom- & molekylfysikk og optikk foregår i første rekke i Oslo (FFI), i Trondheim (NTNU), i Bergen (UiB). I Tromsø (UiT) er det noe optikk-aktivitet innenfor ”Electrical Engineering” ved UiT, mens forskningsaktiviteten innen molekylær kvantemekanikk er i ferd med å fases ut. Det er en ny og nokså liten aktivitet innen kvanteoptikk ved UiO. SINTEF har hatt en egen aktivitet innen optikk, som nå er integrert i andre grupper.

Bare de gruppene som har blitt evaluert og omtalt i evalueringsrapporten vil bli diskutert i det følgende.

#### **NTNU**

Gruppen for optikk og laserfysikk består av tre relativt nylig ansatte -, men erfarne, professorer, én førsteamanuensis, fem PhD studenter og én postdoktor. Aktiviteten dekker et vidt område innen eksperimentelle og teoretiske temaer innen optisk spektroskopi, laser metrologi, fundamental laserfysikk, avbildning etc.

Mye har blitt gjort med å bygge opp eksperimentell infrastruktur, og ”state of the art” laboratorier. Dette inkluderer femtosekunds lasere for tidsoppløst spektroskopi av nanomaterialer og biomolekylære systemer, polarimetrisk spektrometre for studier av halvlederoverflater, og endog et tårn for trekking av optiske fibre. På teorisiden arbeides med modellering av elektromagnetiske fenomener i komplekse strukturer. Mange av aktivitetene gjennomføres som internasjonalt samarbeid, spesielt med Sverige og Frankrike. Mange prosjekter involverer andre fagmiljøer på NTNU og SINTEF.

#### **UiB**

Gruppen for atomfysikk og optikk består av 3 professorer, én førsteamanuensis, 3 postdoktorer og 7 PhD-studenter. Aktiviteten omfatter eksperimentelle studier av optiske egenskaper til marine- og ferskvannsmiljøer, medisinsk fysikk, og teoretiske arbeider innen atom- & molekylfysikk og optikk. Den nye gruppen er et resultat av en sammenkobling av to tidligere separate grupper, på bakgrunn av anbefalinger fra den forrige fysikkevalueringen, og anses som vellykket.

Aktivitetene inkluderer fotodissosiasjon av molekyler i sterke magnetfelt og fysikken til kvante-prikker. Et femtosekunds-laser laboratorium er under oppbygging. Aktivitetene

omfatter også opplæring av vitenskapelig personell fra utviklingsland, som sammen med ”Marine Science” er uttrykte satsingsområder for UiB. Grappa har et betydelig samarbeid med andre fagmiljøer ved UiB inkludert Biologi-miljøet, som bl. a har resultert i en bedriftsetablering innen medisinsk fysikk, og grappa har et betydelig internasjonalt samarbeid, som blant annet har resultert i en rekke publikasjoner i prestisjetunge internasjonale tidsskrift, inklusive fem nylig i Phys. Rev. Lett. Grappa har en betydelig ekstern finansiering av sine aktiviteter.

### **UiT**

Forskningsaktiviteten i molekylær kvantemekanikk ved Institutt for Fysikk og Teknologi (IFT) er overført til Senter for fremragende forskning i kjemi ved Institutt for Kjemi.

Aktiviteten vil ikke bli opprettholdt ved IFT, og stillingen vil ikke bli erstattet når vedkommende professor snart går av med pensjon.

Ved UiT er det også en aktivitet innen optikk. Denne er vurdert og omtalt av evalueringskomiteen under kapitlet om elektronikk og måleteknikk.

### **FFI**

FFI har Norges største fagmiljø innen optikk, med over 30 forskere med optikk som hovedkompetanseområde, hvorav ca. halvparten med doktorgrad. 9 forskere arbeider med laserfysikk og laserteknologi. Arbeidene er både av grunnleggende art med publikasjoner i internasjonale tidsskrifter, og anvendelsesorienterte. (De anvendte arbeidene er ikke omfattet av denne evalueringen.)

Grappa tar hvert år inn sommerstudenter, og i noe varierende grad mastergradsstudenter og PhD studenter. I de senere årene har det vært en negativ utvikling på dette området. Grappa har tradisjonelt hatt god interaksjon med industrien, som i mange tilfeller har laget produkter basert på forsknings- og utviklingsarbeider på FFI på dette området.

## **2.9.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen**

Evalueringskomiteen sier at aktiviteten i Norge innen AMO er relativt beskjeden, både i internasjonal og skandinavisk målestokk, samtidig som feltet er av betydelig interesse på mange områder av samfunnsmessig betydning, inklusive industri. Komiteen er av den oppfatning at alle de evaluerte gruppene gjør arbeid av god til meget god kvalitet i forhold til deres størrelse, og at de har en fornuftig geografisk fordeling.

Komiteen anbefaler at FFI skulle bli mer involvert i undervisningsaktiviteter innen optikk i samarbeid med relevante fagmiljøer ved UiO, inklusive fysikk, biologi og kjemi, til fordel for alle parter. Komiteen er av den oppfatning at gruppene ved NTNU og UiB har betydelige utfordringer mhp. mangel på adekvat teknisk infrastruktur og problemer med finansiering av nytt ”medium size” eksperimentelt utstyr, og at dette bør adresseres både på lokalt og nasjonalt nivå. Komiteen anbefaler eksplisitt å øke antall postdoktor stillinger ved NTNU på dette området, en gradvis økning av bemanningen ved UiB, og at Forskningsrådet bidrar til ekstern finansiering av laboratorieinfrastruktur ved UiB. Dersom ytterligere ressurser ikke skulle bli tilgjengelig bør gruppene vurdere en ytterligere fokusering av deres eksperimentelle arbeider.

Evalueringskomiteen peker til slutt på at det er mange ”hot topics” innen AMO som ikke adresseres overhodet i Norge. Den nevner spesielt det raskt ekspanderende og fascinerende feltet som omfatter innfangning og kjøling av ioner og atomer, som muliggjør studier av både fundamentale og nye fysiske fenomener som Bose-Einstein kondensasjon, og som vil kunne

resultere i mange nye anvendelser som f eks innen mikroelektronikk eller ”quantum computing”.

### **2.9.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

#### **Anbefalinger til institusjonene**

Generelt anbefales det å styrke hele det nasjonale nettverket på området. Elektrooptikk-møtene bør fortsatt arrangeres ca. annethvert år, med deltakelse også fra industri og utenlandske forskningsinstitusjoner (i regi av Norsk Fysisk Selskap).

#### **UiO**

I tråd med evalueringskomiteens anbefaling foreslås at UiO går sammen med FFI om å utarbeide en strategi for å styrke optikkforskningen og -undervisningen i Oslo og Østlandsområdet. Det bør vurderes å opprette en Professor II stilling innen eksperimentell optikk, og et kurs for eksperimentelle arbeider innen optikk og laserfysikk, ved UiO. Et slikt kurs vil kunne gi studenter både ved institutt for fysikk, kjemi og biologi en grunnleggende undervisning i optikk med hovedvekt på laserfysikk, og anledning til å gjennomføre masteroppgaver (og PhD-prosjekter) på laboratorier både ved FFI og UiO. Spesifikt bør dette initiativet, både på undervisningssiden og forskningssiden, koordineres med den nye gruppa innen kvanteoptikk ved UiO.

#### **NTNU**

I henhold til evalueringskomiteens anbefaling foreslås det å opprette flere postdoktorstillinger innen anvendt optikk og laserfysikk.

#### **UiB**

I henhold til evalueringskomiteens anbefaling foreslås det å satse på oppbyggingen av en god eksperimentell basis for virksomheten til gruppa for Optikk og atomfysikk. Det foreslås å opprette flere postdoktor-stillinger innen fagområdet, og å styrke kompetansen til det tekniske støtteapparatet for den nye eksperimentelle virksomheten.

#### **FFI**

I tråd med evalueringskomiteens anbefaling foreslås at FFI i større grad engasjerer seg i undervisning og veiledning av studenter innen optikk, både ved å engasjere seg i undervisning ved UiO, og ved å tilby eksperimentelle oppgaver innen optikk ved FFI til hovedfags- og doktorgradsstudenter.

#### **Anbefalinger til Forskningsrådet**

Det anbefales at Forskningsrådet bidrar med finansiering av infrastruktur rundt det nye femtosekunds-lasersystemet ved UiB. Det anbefales også at Forskningsrådet finansierer de nevnte nye postdoktor stillingene ved NTNU og UiB i en oppstartfase.



## **2.10. Fysikk fagdidaktikk**

### **2.10.1. Bakgrunn/virksomhet i Norge**

Fagdidaktikk dreier seg om fagets egenart og om undervisning og formidling av faget. Fysikkdidaktikk dreier seg altså om hva som bør være med i en fysikkutdanning og hvorfor, og om hvordan undervisningen bør organiseres og lærestoffet presenteres.

Bare de gruppene som har blitt evaluert og omtalt i evalueringsrapporten vil bli diskutert i det følgende.

Det er særlig på instituttene for fysikk i Bergen, Oslo og Trondheim at det drives forsknings- og utviklingsarbeid innen fysikkdidaktikk. Det er samarbeid mellom alle disse virksomhetene selv om dette ikke er formelt i den forstand at det finnes noen felles administrasjon eller lignende. I tillegg har ILS ved UiO noen fysikkdidaktiske aktiviteter, og Nasjonalt senter for naturfag i opplæringen, som har UiO som vertsinstitusjon, driver også med fagdidaktisk utviklingsarbeid i samarbeid med fysikkdidaktikkmiljøene.

Utenom dette er det ved UiA en fysiker som også har vært engasjert i didaktikk. Ved UMB er det et ganske betydelig naturfagdidaktisk miljø som UiB har samarbeidsprosjekt med. Her er det i ferd med å vokse fram et fysikkdidaktikkmiljø.

Fysikkdidaktikkgruppene utgjør en viktig grenseflate mellom fysikk-fagmiljøene på den ene siden og flere ulike arenaer på den andre som f.eks. NAROM, RENATE, samfunnsvitenskapelige fagmiljøer og utdanningsmyndigheter.

Norske fysikkdidaktikere deltar aktivt i et internasjonalt didaktisk miljø. For eksempel arrangerer European Science Education Research Association (ESERA) konferanser annethvert år der det har vært mange norske presentasjoner gjennom mange år. ESERA arrangerer også sommerskole for PhD-studenter annethvert år. Her har mange norske studenter deltatt. Andre internasjonale arenaer fagmiljøet deltar i er bl.a. National Association of Research in Science Teaching (NARST), Det nordiske forskersymposiet om naturfag i skolen, International Research Group on Physics Teaching (GIREP) og European Physical Society - Physics Education division (EPS). Miljøene har nasjonalt og internasjonalt (EU) samarbeid knyttet til en rekke prosjekter.

### **2.10.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen**

Fysikkdidaktikk er bare kort og svært summarisk behandlet i evalueringskomiteens rapport. På bakgrunn av at gruppene er små anbefaler komiteen det didaktiske miljøet å samarbeide mer, og spesielt blir det pekt på at et mer formelt samarbeid innen fakultetene på de ulike universitetene ville kunne styrke virksomheten. Også på det nasjonale plan blir det påpekt at et tettere samarbeid mellom de fysikkdidaktiske miljøene ville styrke forskningen innen dette feltet. Komiteen fremhever at selv om det didaktiske feltet er nokså forskjellig fra annen virksomhet ved instituttene, er det av vital betydning at den didaktiske aktiviteten er plassert på MN-fakultetene, og ikke overført til generelle pedagogiske institutter. Videre anbefaler komiteen at det opprettes en nasjonal forskerskole innenfor hele det naturfagdidaktiske feltet, der også matematikk er inkludert.

### **2.10.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

Det viktigste nasjonale tiltaket for ytterligere å styrke samarbeidet innen fysikk fagdidaktikk vil være en videreføring av den nasjonale Rdid-skolen etter at den nåværende perioden løper ut i 2011. En mulig videreutvikling av fysikkdidaktikkgruppens forhold til skolen ville være å formalisere tettere samarbeid med enkelte skoler og fysikklærerne der.

#### **UiO**

Virksomheten bør styrkes internt ved at flere krefter koples opp mot gruppa på deltidsbasis finansiert ved i hovedsak eksterne inntekter (f.eks. etter- og videreutdanning). Instituttet bør opprettholde fysikkdidaktikk som et eget forskningsmiljø.

#### **NTNU**

Fagmiljøene anbefales å styrke nasjonalt og nordisk samarbeid.

#### **UiB**

Oppfølgingsutvalget anbefaler en videreutvikling av fysikkdidaktikkgruppas forhold til skolen ved et tettere samarbeid med enkelte skoler og fysikklærerne der gjennom de Partnerskoleavtaler som for tiden etableres ved UiB. Fysikkdidaktikkmiljøet oppfordres til å inngå i flere prosjekter internt på Fakultetet; herunder også samarbeid med de andre skolelaboratoriene på Fakultetet.

#### **Anbefalinger til Forskningsrådet**

Det anbefales at en nasjonal forskerskole innenfor hele det realfagdidaktiske feltet videreføres, der også matematikk er inkludert. Dette vil være et betydelig bidrag til utviklingen av det realfagdidaktiske forskningsfeltet i Norge.

#### **Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet**

De fagdidaktiske forskningsmiljøene er en viktig premissleverandør for utdanningspolitikk knyttet til skolereformer og etter- og videreutdanning av lærere. Denne type forskning krever utstrakt samarbeid nasjonalt og internasjonalt, og ressurser og infrastruktur som muliggjør dette. Oppfølgingsutvalget anbefaler at KD etablerer gode rammebetingelser for denne og lignende forskning.

## **2.11. Elektronikk og måleteknikk**

### **2.11.1 Bakgrunn/virksomhet i Norge**

Elektronikk og måleteknikk dekker et vidt område fra akademisk grunnforskning til brukerstyrte prosjekter, og fagfeltet er ulikt organisert ved de forskjellige institusjonene i Norge. Evalueringsrapporten har konsentrert seg om virksomheten ved UiB, UiT og UiO. Det er også en betydelig virksomhet innen Elektronikk og måleteknikk (som selvstendige fagområder) andre steder, i første rekke ved NTNU, Høgskolen i Vestfold, SINTEF og FFI.

## **UiO**

Elektronikkgruppa ved UiO består (pr. juni 2010) av 5 professorer, 3 førsteamanuenser, 2 professor-II og 3 førsteamanuensis-II. Gruppa kan grovt deles inn i to hovedaktiviteter, *Fysikalsk elektronikk* med 4 professorer og *Instrumentering/Måleteknikk* med de øvrige ansatte (3 av II-personalet er innen Instrumentering/Måleteknikk). Fysikalsk elektronikk har sin hovedinnretning mot material- og energifysikk og blir derfor diskutert i kapitlet om Materialfysikk. Instrumenteringsgruppa er rettet mot instrumenterings- og måletekniske problemstillinger innenfor et vidt spektrum av fysikken.

En professor-II er tilsatt ved UNIK og arbeider med optoelektronikk, både sammen med Instrumenteringsaktiviteten og på MiNalab (fysikalsk elektronikk). Gruppa har en professor innen Bioimpedans som har en forholdsvis stor og meget aktiv forsknings- og instrumenteringsgruppe sammen med Oslo Universitetssykehus (OUS). En førsteamanuensis jobber med mikroelektronikk (MEMS, MOEMS) sammen med SINTEF og OUS, også dette mot medisinsk instrumentering. Videre er en førsteamanuensis internasjonalt sterkt engasjert i hydroakustikk-instrumentering i samarbeid med SIMRAD og Institutt for informatikk, samt Biologisk institutt. En førsteamanuensis arbeider mot STAR-satsingen som omfatter rakett- og satellittinstrumentering innenfor en rekke eksternt finansierte prosjekter (bl.a. Forskningsrådet og ESA). Det finnes også aktivitet knyttet til CERN (detektorteknologi, data-akvisisjon og dataflyt), i hovedsak ALICE-prosjektet. Utenom personalet i Elektronikkgruppa er det i tillegg en person i Partikkelfysikkgruppa som arbeider med detektorteknologi i forbindelse med ATLAS og PET-instrumentering. Den siste aktiviteten er lokalisert i Genève.

## **UiB**

Gruppa består av to professorer, tre førsteamanuenser og en førsteamanuensis-II. Hovedaktivitetene er mikroelektronikk og måleteknikk. Innenfor mikroelektronikk arbeider man med systemer og kontrollelektronikk for detektorer relatert til subatomærfysikk og romvirksomhet. Gruppa har internasjonalt samarbeid med for eksempel CERN, ESA og NASA. Innenfor måleteknikk gjør man bruk av kjemiske og fysiske egenskaper av prosesser (elektrisk impedans, tidsvarierende magnetiske felt, absorpsjon og spredning av lys, gammastråling, tomografi) for å kartlegge deres sammensetning. Gruppa har vært sentral i etableringen av "Michelson Centre for Industrial Measurement Science with Technology", og er involvert i mange industrielle prosjekter.

## **UiT**

Gruppa ved Institutt for Fysikk og Teknologi ved Universitetet i Tromsø består av fire professorer, fire førsteamanuenser og en førsteamanuensis-II. Gruppa kan deles inn i to hovedgrupper, hvorav den ene er innenfor sensorteknologi og den andre innenfor signalbehandling. Innenfor sensorteknologi jobber man med optikk, mikrobølger for medisinsk behandling og diagnostisering, samt ultralyd, hvor man arbeider med både transducerutvikling og medisinske og industrielle anvendelser. Gruppa har nylig fått betydelige midler for prosjektet "Sensors for Oil and Gas". Innenfor signalbehandling arbeider man med en rekke metoder for signalprosessering og mønstergjenkjenning, og anvendelsene er blant annet innenfor marin seismikk, jordobservasjon (SAR til audio), ultralyd og medisin.

### **2.11.2. Anbefalinger fra evalueringskomiteen**

Evalueringskomiteen vurderer koblingen mellom grunnleggende arbeider og anvendte arbeider med tilknytning til industrien som positivt og som en viktig og naturlig del av dette fagområdet. Komiteen peker imidlertid på det uheldige ved at den industrielle finansieringen er betydelig mindre enn den offentlige, og at også størstedelen av finansieringen av de anvendte arbeidene kommer fra det offentlige. Komiteen anbefaler en endring av balansen mellom grunnleggende vitenskapelige arbeider og anvendte arbeider på området.

#### **UiO**

Komiteen påpeker at Måleteknikk og instrumenteringsaktiviteten trenger bedre fokus og påpeker grunnleggende problemstillinger med hensyn på instituttets organisering og valg av faglige prioriteringer. Bl.a. reises det spørsmål om virksomheten rundt ALICE burde inngå i Partikkelfysikkgruppene, om bioinstrumentering/Bioimpedans skulle inngå i Gruppen for biofysikk og medisinsk fysikk og om rominstrumentering skulle inngå i Plasma- og romfysikkgruppa. Det etterspørres en sterkere grad av finansiering fra industrielle partnere.

#### **UiB**

Gruppa i mikroelektronikk er liten, tatt i betraktning den store spennvidden i aktiviteter. Komiteen anbefaler at en styrker gruppa med en ny stilling. Komiteen anbefaler at framtidige prosjekter blir mer fysikkorientert, og hevder at gruppa har en god anledning til å planlegge og fokusere deler av aktiviteten mot mer grunnforskning eller anvendt forskning innenfor fysikk, siden de nå har nestledervervet i konsortiet ”The Michelsen Centre for Industrial Measurement Science and Technology”.

#### **UiT**

Komiteen ser positivt på at gruppa er involvert i mange selskap, både i oppstartsfasen og senere. De ser også at gruppa har et potensial for høy relevans for den lokale industrien. Komiteen anbefaler for sensorgruppa en større ”end-user input and drive”. De foreslår videre at man konsentrerer seg om færre prosjekter. Komiteen er fornøyd med profilen til begge gruppene, og anbefaler en konsolidering av disse innenfor IFT.

### **2.11.3. Anbefalinger fra Oppfølgingsutvalget**

#### **Anbefalinger til institusjonene**

#### **UiB**

- Gruppa i mikroelektronikk er subkritisk, og bør styrkes med en stilling, alternativt fase inn noen av aktivitetene mot andre fysikkgrupper som er direkte involvert i prosjektene.
- Gruppa i måleteknikk bør finne en ordning som medfører reduksjon i rutinearbeid i forbindelse med kontrakter med industrien.
- Gruppa i måleteknikk bør vurdere å søke samarbeid med den nye aktiviteten i nanofysikk og Nanolab.

#### **UiT**

- Gruppa bør aktivt rekruttere flere PhD studenter.
- Gruppa bør øke sitt samarbeid med lokale sluttbrukergrupper, både vitenskapelig og industrielt, der det er mulig og formålstjenlig.

- Gruppa bør samordne sin forskningsaktivitet og fokusere på færre vitenskapelige områder.

## **UiO**

Fysisk institutt må lage en langsiktig faglig strategi for sin virksomhet innen elektronisk måleteknikk og instrumentering. Denne bør bl.a.klargjøre

- muligheten for finansiell styrking av virksomhetene via industrielle samarbeid  
Herunder må en sikre at Universitetets IPR regler etterfølges.
- om måleteknikkdelen av Elektronikkgruppa skal distribueres til andre grupper i henhold til faktisk aktivitet, eller om en felles plattform skal opprettholdes.

Dersom en felles plattform skal opprettholdes bør det gjøres tiltak for bedre samordning og synliggjøring av forskningsaktiviteten. Også av nasjonale forskningspolitiske grunner bør ledigheten i et professorat knyttet til detektorutvikling i ALICE-prosjektet fylles snarest. Den biomedisinske aktiviteten i miljøet bør uansett knyttes tettere opp til øvrig biomedisinsk forskning og utdanning ved instituttet. Fysikalsk elektronikkdelen av Elektronikkgruppa bør skilles ut og samordnes med annen relevant materialforskning ved instituttet.

## **Anbefalinger til Forskningsrådet**

Elektronisk måleteknikk og instrumentering er en sentral og integrert del av forsknings- og utviklingsprosjekter innen de fleste eksperimentelle deler av fysikken. Forskningsrådet må derfor sikre at mandat og rammer for de ulike relevante R&D-programmer er slik at også relevante elektronikk-prosjekter faller innenfor målområdet. Spesielt må FRITEK styrkes i denne retningen. Man ønsker også flere programmer i Forskningsrådet som støtter flerfaglige prosjekter.

## **Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet**

Ingen spesielle anbefalinger på nåværende tidspunkt.

### 3. Følgeforskningsprogrammer

Partikkel- og høyenergi-kjernefysikk relatert til aktiviteter ved CERN og romforskning relatert til aktiviteter ved ESA, samt EISCAT og NOT (både astrofysikk og romfysikk), får svært gode evalueringer av panelet. For eksempel er gruppa for eksperimentell partikkelfysikk ved Fysisk institutt ved UiO, solfysikkgruppa ved ITA, UiO og gruppa for romfysikk ved UiB alle gitt karakter 5, mens gruppa for rom- og plasmafysikk ved Fysisk Institutt ved UiO og kosmologigruppa ved ITA, UiO er gitt karakter 4–5. Flere andre grupper som er avhengig av disse infrastrukturene får 4. Det er flere grunner til dette. For det første har medlemskap i disse organisasjonene gjort det mulig å delta i internasjonale prosjekt med tilgang til infrastruktur av den høyeste kvalitet. Dessuten har det vært et godt nasjonalt samarbeid med sterk konsentrering og prioritering.

I tillegg til CERN, ESA og de andre internasjonale infrastrukturene innen romforskning som Norge er medlem av (EISCAT og NOT), har Norge en noe mindre deltagelse i ESRF som er viktig for deler av materialfysikkforskningen, og Norge blir også medlem av ESS. Gjennom medlemskapet i disse internasjonale organisasjonene har Norge akseptert at eksperimentutvikling og bruk av internasjonale fasiliteter skal finansieres nasjonalt. Dette ansvaret ligger hos Forskningsrådet. For disse aktivitetene er prosjektlengden som regel fra 5 til 20 år. Det er derfor avgjørende å ha en langsiktig finansiering av den nasjonale innsatsen. Det er viktig å fortsatt støtte opp om disse miljøene som har markert seg internasjonalt ved sin kvalitet, og dermed også å sørge for at Norge får vitenskapelig utbytte av de store summene nasjonen betaler i medlemsavgiften i disse organisasjonene.

Oppfølgingsutvalget anbefaler at følgeforskningsprogrammene blir videreført på et noe høyere nivå enn tidligere, og at det opprettes et nytt følgeforskningsprogram for både ESS og ESRF. Man kan få mer igjen for medlemskapene i CERN og ESA ved en betydelig økning av den nasjonale satsingen, og dette er noe som må vurderes.

#### 3.1. CERN-relatert forskning

Det årlige norske kontingentbidraget til CERN er på om lag 165 millioner kroner. CERN-aktiviteten i Norge er i dag organisert under KJERNPAR-programmet. Dette programmet finansierer norsk deltagelse i ATLAS og ALICE, og 70 – 80 personer fra miljøer ved UiB, UiO, NTNU og en rekke høyskoler utfører sin forskning ved CERN. Dette inkluderer teknologistudenter, masterstudenter, stipendiater og forskere.

KJERNPAR består av tre prosjekter som alle er relatert til den forskning som foregår på CERN. I perioden 2006-2011 er disse prosjektene høyenergi partikkelfysikk (inkl. ATLAS og GRID-aktiviteter), høyenergi kjernefysikk (inkl. ALICE og GRID-aktiviteter) og avansert instrumentering (inkl. International Liaison Office og teknologistudenter).

For å sikre best mulig vitenskapelig utnyttelse av Norges medlemskap i CERN, og gjøre det mulig for norske forskere å delta i store eksperimentelle konsortier, er følgeforskningen organisert som et langsiktig program. I 2006 startet bevilgningene på 18 millioner kroner og økte deretter med beløp tilsvarende prisstigningen ut 2011. Dette inkluderer støtte til ferdigstilling, drift og vedlikehold av de store eksperimentene ATLAS og ALICE.

Hovedvekten av aktivitetene finansiert av programmet har vært ferdigstilling og testing av eksperimentene ATLAS og ALICE ved CERN, samt rekruttering av studenter og forskere til analysearbeidet når hele LHC blir operativ og produserer fysikkdata. Dette har skjedd i løpet av 2010, og nå er det viktig å ha nødvendig ekspertise og mange rekrutter til å høste av de

forventede nye og fundamentalt viktige data som kommer fra den nye akseleratoren. CERN-forskningen foregår i det vesentlige ved de to universitetene UiB og UiO. Gjennom det målrettede arbeidet til Industry Liaison Officer har Norges industrielle retur for leveranser til CERN gradvis økt til 22% av medlemskontingenten i 2009. Totalt budsjett disponibelt for CERN-følgforskning har økt betydelig fra bunnivået i 1994-97, men er fortsatt på et relativt lavt nivå med ca. 20% av medlemskontingenten til CERN (12% fra KJERNPAR). Tilsvarende tall for de fleste europeiske land er omkring 50%.

**Anbefaling:** Oppfølgingsutvalget anbefaler at bevilgningene til følgforskning relatert til CERN-medlemskapet blir fulgt opp i en ny periode av minst 6 års varighet gjennom et nytt følgforskningsprogram. Størrelsen av Forskningsrådets følgforskningsbidrag må bli på minst 30 millioner kroner hvis man skal kunne fortsette fysikkprosjektene på nåværende nivå. Organisering av CERN-virksomheten i årene 2012-2018 bør bli basert på forslag fra forskerne og på anbefalinger fra et internasjonalt ekspertpanel. Det er sterkt ønskelig å øke antallet Ph.D-stipender på disse prosjektene, spesielt stipend som allokeres fra fakultetene til instituttene ved UiO og UiB.

### 3.2. Romforskning relatert til ESA, EISCAT og NOT

Det norske medlemskapet i ESA består av to hovedelementer. Det første elementet er den obligatoriske delen beregnet fra medlemslandenes økonomi som dels går til felles administrasjon og infrastrukturer og dels til det obligatoriske vitenskapsprogrammet (Space Science Programme). Det andre elementet er den frivillige delen som går til en rekke programmer som i flere tilfeller (for eksempel jordobservasjon) også har et sterkt vitenskapelig element, hvor fysikk og astronomi inngår i noen. Oppfølgingsutvalgets anbefalinger gjelder kun det obligatoriske vitenskapsprogrammet. I det obligatoriske vitenskapsprogrammet inngår utforskning av det nære verdensrom (ionosfæren og magnetosfæren), resten av solsystemet inklusive sola, og universet utenfor solsystemet, dvs. astronomi og astrofysikk.

Den direkte norske medlemskontingenten i ESAs obligatoriske vitenskapsprogram er på om lag 84 millioner kroner. I tillegg kommer om lag 21 millioner kroner til EASP, et samarbeid mellom ESA og fem medlemsland om sonderakett- og ballong-infrastrukturene i Kiruna og på Andøya. Det obligatoriske vitenskapsprogrammet til ESA inkluderer ikke bygging av instrumentene i satellittene eller driften av disse, og heller ikke vitenskapelig utnyttelse av data. Finansiering av slike aktiviteter er et nasjonalt ansvar. I følge ESAs egen vurdering bør det nasjonale bidraget til prosjekter innenfor ESAs obligatoriske vitenskapsprogram være på om lag 30% av kontingenten. Fra 1991 til 2010 har Forskningsrådets finansiering av prosjekter direkte relatert til ESAs obligatoriske vitenskapsprogram blitt redusert fra 46% til under 10% av årskontingenten. I tillegg til ESA er Norge medlem av EISCAT i Nord-Skandinavia og på Svalbard og NOT på Kanariøyene. Norge har dessuten en vesentlig nasjonal infrastruktur i form av bl.a. Andøya Rocket Range, ALOMAR, Kjell Henriksen Observatoriet (Svalbard) og Tromsø Geofysiske Observatorium. UiO bidrar til driften av det svenske solteleskopet SST på Kanariøyene og det internasjonale CMB-instrumentet QUIET i Atacama-ørkenen med omlag 1 million kroner pr. år. Medlemskontingenten til EISCAT og NOT er for tiden omlag 5 og 3 millioner kroner, henholdsvis. På lengre sikt vil størrelsen på medlemskontingenten i EISCAT avhenge av oppgradering til EISCAT\_3D og hvilke partnere som vil bidra til realisering av prosjektet. Den norske bruken av NOT har sunket vesentlig, og den framtidige norske medlemsandelen er under vurdering i lys av dette. Et eventuelt framtidig norsk medlemskap i ESO vil gi en kontingent på omkring 30 millioner kroner.

Romforskningsprogrammet for perioden 2003 – 2010, på 15 millioner kroner per år, finansierer forskning som utnytter ESAs ”Space Science Programme”, NOT, EISCAT og ”øvrige ESA-relevant vitenskapelig infrastruktur i Nord-Norge og på Svalbard”.

En gjennomgående studie av hva som er behovet for nasjonal ekstern finansiering innen norsk romforskning ble utført i samarbeid mellom Forskningsrådet og Norsk Romsenter og i 2005 utgitt av Vitenskapsdivisjonen i Forskningsrådet som rapporten ”Visjon 2015 – Rom for forskning”. Rapporten fant tre mulige nivåer, 1) et minimumsnivå som ville medføre at ”den nåværende nedbyggingen av aktiviteten bremses, men minimal satsing utover de pågående og allerede startede aktivitetene”, 2) et akseptabelt nivå som ”innebærer at nedbyggingen stoppes, utnyttelsene av pågående aktiviteter på et rimelig nivå og det blir noen muligheter i å investere i framtidige prosjekt. Engangsinvesteringen til ny EISCAT radar kommer i tillegg.” og 3) et godt nivå som ”innebærer at norske forskere får en finansiering som er på nivå med det som er tilgjengelig for forskerne i de gode romforskningslandene i Europa. Innmeldingskostnaden til ESO kommer i tillegg.” For de forskningsområdene som i dag faller innenfor Romforskningsprogrammet, med unntak av jordobservasjon, fant rapporten (i 2005-kroner) at minimumsnivået var 33 millioner kroner, det akseptable nivået 46 millioner kroner og det gode nivået 79 millioner kroner (i 2010-kroner henholdsvis 37, 51 og 88 millioner kroner). Dette er total ekstern finansiering, dvs. fra Romforskningsprogrammet og fra andre kilder, som idag utgjør ca. 12 millioner kroner.

Det er klart at den nåværende finansieringen er for lav til å opprettholde den høye kvaliteten forskningen som utnytter disse infrastrukturene har. Det har vært et stort problem at et nytt Romforskningsprogram ikke har blitt vedtatt i god tid før utløpet av programmet 2003 – 2010, dette har gitt diskontinuitet og stor usikkerhet i miljøene. Det er meget viktig at en langsiktig finansiering kommer i gang snarest. ESAs frivillige programmer har også gode muligheter for grunnforskning, både innen jordobservasjon, mikrogravitasjon og Exploration-programmet (ExoMars). Støtten til denne forskningen må komme i tillegg til finansieringen av forskning innen ESAs obligatoriske vitenskapsprogram.

**Anbefaling:** Et langsiktig følgeforskningsprogram for romforskning som utnytter ESAs obligatoriske vitenskapsprogram, NOT, EISCAT og øvrige ESA-relevant vitenskapelig infrastruktur i Nord-Norge og på Svalbard må starte umiddelbart. Dette bør ha en varighet på minst 8 år. Den nasjonale eksterne finansieringen bør heves til det nivået som ”Visjon 2015 – Rom for forskning” fant var et akseptabelt nivå. For å oppnå dette må Romforskningsprogrammet styrkes betydelig utover dagens nivå. Hvis Norge skal bli medlem av ESO må nivået komme opp på det ”gode” nivået.

### 3.3. Synkrotron- og nøytronrelatert forskning

Norge har siden oppstarten av European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) vært medlem gjennom konsortiet NORDSYNC, som nå har en andel på 4%. Støtten til ESRF-forskning fra følgemidler har vært på til sammen 5.5 millioner kroner i 2009.

I tillegg til selve medlemskapet til ESRF har Norge en 50% andel i den sveitsisk-norske strålelinjen SNBL. Kontingenter dekkes med ca. 8 millioner kroner i 2010 fra KD, Forskningsrådet og samarbeidende institusjoner.

SNBL er den eneste synkrotronstrålelinjen Norge har vært med på å bygge opp, og den har vært svært viktig for at norske brukermiljøer har tatt i bruk synkrotronstråling i forskningen. SNBL framstår i dag som et ”hjemmelaboratorium” for norske forskere, der brukerstyring og medvirkning er viktige stikkord. Reisemidlene har vært essensielle for den norske utnyttelsen. Den norske satsingen på ESRF omfatter forskjellige fagfelt (først og fremst



fysikk, kjemi, biologi og medisin). Det er viktig å peke på at tildelingen av midler slik den nå blir praktisert, er svært viktig for all synkrotronstråleforskning i Norge. Det norske engasjementet er i volum lite, både i nordisk og internasjonal målestokk.

Norge har videre forpliktet seg til å ta sin andel av kostnadene knyttet til den forestående oppgraderingsprosessen ved ESRF ("ESRF-Upgrade"—som også er på ESFRIs veikart). I Europa er også flere andre fotonbaserte anlegg under oppbygning. Av størst interesse for norske brukermiljøer er MAX-IV synkrotronanlegget i Lund (samlokalisert med ESS) og frielektronlaseren EUROPEAN X-FEL i Hamburg. Disse vil også kunne være viktige elementer i utviklingen av de norske fagmiljøene.

Samlet sett er tilgang til fotonbasert storskala eksperimentell infrastruktur med tilhørende *state-of-the-art* instrumentering avgjørende for en positiv utvikling av relevante norske fagmiljø (både innen fysikk og kjemi, men også innen andre disipliner). En videreføring og utvidelse av det eksisterende følgeforskningsprogrammet er dermed en forutsetning for at dette skal lykkes.

For den nøytronbaserte forskningen er situasjonen i Norge noe annerledes: I dag foregår det en rekke eksperimenter innen materialforskning, bl.a. innen energilagringmaterialer og myke materialer, med nøytronspredning ved JEEP II reaktoren ved IFE. Denne forskningen vil få en ny giv når ESS settes i drift omkring 2018-19. Det norske bidraget til konstruksjonskostnadene av ESS vil være på 2.5%, svarende til om lag 325 millioner kroner, og det forventes at det årlige norske bidraget til driften vil være på omtrent 20 millioner kroner. For å utnytte denne nasjonale investeringen, vil det kreves at midler øremerkes til forskning som anvender ESS gjennom et følgeforskningsprogram. Det vil i stor grad være de samme brukergrupper som anvender ESRF og ESS, og et felles følgemiddelprogram er derfor naturlig.

**Anbefaling:** Oppfølgingsutvalget anbefaler at Forskningsrådet opprettholder følgeforskningsprogrammet knyttet til ESRF og annen fotonbasert forskning, og utvider dette til også å gjelde ESS-relatert forskning. For å ivareta og utnytte de nasjonale investeringene i denne type forskning anbefales det en budsjetttramme for et følgeforskningsprogram på minst 15 millioner kroner.


## Forkortelser

ALICE	A Large Ion Collider Experiment
ALOMAR	Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research
AMO	Atom- molekyl- og optisk fysikk
BMF	Biofysikk og Medisinsk Fysikk
CERN	European Organization for Nuclear Research
CIPR	Center for Integrated Petroleum Research
CLIC	Compact linear collider
CMB	Cosmic Microwave Background radiation
DFT	Density Functional Theory
DNA	DeoxyRibonucleic Acid.
EASP	Esrangle-Andøya Special Project
ESRANGE	Raketttskytefelt i Kiruna
EEG	ElectroEncephaloGram.
E-ELT	European Extremely Large Telescope
EISCAT	European Incoherent Scatter Scientific Association
EPR	Electron Paramagnetic Resonance
ERC	European Research Council
ESA	European Space Agency
ESO	European Southern Observatory
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
ESS	European Spallation Source
EST	European Solar Telescope
EU	Europeiske Union
EURATOM	European Atomic Energy Community
FAIR	Facility for antiproton and ion research
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
FME	Forskningssenter for Miljøvennlig Energi
IAU	International Astronomical Union
IFE	Institutt for energiteknikk
IFT	Institutt for fysikk og teknologi (ved UiT og UiB)
ILC	International linear collider
IRIS	Interface Region Imaging Spectrograph
ITA	Institutt for teoretisk astrofysikk
KHO	Kjell Henriksen Observatory
LHC	Large Hadron Collider
MedFak	Medisinsk Fakultet
METOXIA	EU-prosjekt på effekten av lavt oksygentrykk (hypoxi) på metastatiske celler (en type kreftceller).
NAROM	Nasjonalt senter for romrelatert opplæring
NFyR	Norsk Fysikkråd
NORDITA	Nordisk institutt for teoretisk fysikk
NORUCLIC	Nordisk bidrag til CLIC
NOT	Nordic Optical Telescope
NOTUR	Norwegian metacentre for computatinal science
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
PET	Positron Electron Tomografi.
PhD	Betegnelsen på doktorgraden under det nasjonale Doktor-opplæringsprogrammet.

RENATE	Nasjonalt senter for realfagsrekruttering
RCN	Research Council of Norway, Norges forskningsråd
PRODEX	PROgramme de Développement d'EXpériences scientifiques
QUIET	Q/U Imaging Experiment
SAFE	Senter for akseleratorbasert forskning og energiteknikk
SFI	Senter for Fremragende Innovasjon
SFF	Senter for Fremragende Forskning
SINTEF	Stiftelsen for industriell og teknisk forskning
SIOS	Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System
SNBL	Swiss-Norwegian Beam Lines
SST	Swedish 1 m Solar Telescope
STAR	Space Technology and Research Development Center
TGO	Tromsø Geofysiske Observatorium
UiB	Universitet i Bergen
UiO	Universitetet i Oslo
UiS	Universitet i Stavanger
UiT	Universitetet i Tromsø
UMB	Universitetet for miljø- og biovitenskap
UNIS	Universitetscenteret på Svalbard

#### **Om publikasjonen**

Oppfølgingsutvalget for fysikkfagene ble oppnevnt våren 2010 av Norges forskningsråd. Oppfølgingsplanen gir anbefalinger om tiltak for å øke kvaliteten i forskningen i norsk fysikk. Planen følger opp en internasjonal evaluering av norsk fysikk foretatt i 2009, med rapport levert tidlig i 2010.



Publikasjonen kan bestilles  
på [www.forskningsradet.no/publikasjoner](http://www.forskningsradet.no/publikasjoner)

#### **Norges forskningsråd**

Stensberggata 26  
Postboks 2700 St.Hanshaugen  
NO-0131 Oslo

Telefon +47 22 03 70 00  
Telefaks +47 22 03 70 01  
[post@forskningsradet.no](mailto:post@forskningsradet.no)  
[www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no)

Grafisk design omslag: Jentestreker AS  
Trykk: 07 Gruppen/Norges forskningsråd  
Opplag: 450

Oslo, februar 2011

ISBN 978-82-12-02893-7 (trykk)  
ISBN 978-82-12-02894-4 (pdf)